

Miljøkonsekvens- rapport

Miljøvurdering
Kalvebod Brygge Skybrudstunnel

HOFOR A/S & FREDERIKSBERG FORSYNING

DOKUMENT NR. KAL-DD-MYN-GEN-RAP-001

15. AUGUST 2019

Indhold

Projekt nr.: 229404

Dokument nr.: KAL-DD-MYN-
GEN-RAP-001

Version 1.0

Revision 1

Udarbejdet af LKR, JBN, TBJ,
AKO, JWL, AKO, DGP, CAA, ALM
Kontrolleret af ALM
Godkendt af BOTV

1	Indledning	11
2	Ikke-teknisk resumé	12
2.1	Projektbeskrivelse	12
2.2	Anlægsbeskrivelse	14
2.3	Alternativer	17
2.3.1	Anlæg	17
2.3.2	Drift	17
2.3.3	Fravalgte alternativer	19
2.4	Lov- og planmæssige rammer	19
2.5	Trafik	20
2.5.1	Trafik i anlægsfasen	20
2.5.2	Trafikoplægninger	20
2.6	Støj	21
2.7	Vibrationer	22
2.8	Luft	23
2.9	Friluftsliv og rekreative interesser	23
2.10	Landskab og visuelle forhold	24
2.11	Mennesker og sundhed	25
2.12	Overfladevand og vandkvalitet	26
2.13	Grundvand og drikkevand	27
2.14	Kulturarv	28
2.15	Materielle goder	29
2.16	Jord	29
2.16.1	Jord- og grundvandsforurening	29
2.16.2	Jordhåndtering	30
2.16.3	Øvrig forurening	31
2.17	Materialer og affald	31
2.18	Materialer	31
2.19	Affald	31
2.20	Kumulative effekter	32
2.21	Opsamling	32
3	Miljøvurderingsprocessen	34
3.1.1	Afgrænsning af indhold i miljøkonsekvensrapporten	34

3.2	Metode	36
3.2.1	Kortlægning	36
3.2.2	Metode ved miljøvurdering	37
4	Projektbeskrivelse	40
4.1	Linjeføring og udformning	40
4.2	Drift af skybrudstunnel	42
4.2.1	Drift ved skybrud	42
4.2.2	Renholdelse af tunnelen	42
4.2.3	Pumpe-test	43
4.3	Samfundsøkonomiske effekter af anlægget.	43
5	Anlægsbeskrivelse	51
5.1	Byggepladser	51
5.1.1	Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø	51
5.1.2	Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej	53
5.1.3	Byggeplads ved Kalvebod Brygge	55
5.2	Anlægsmetoder og -aktiviteter	56
5.2.1	Tilslutningsbygværker	56
5.2.2	Midlertidig opfyldning i Københavns Havn	57
5.2.3	Skakte	58
5.2.4	Tunnelering	59
5.2.5	Øvrige arbejder ved byggepladserne	65
5.2.6	Pumpestation	65
5.2.7	Afsluttende arbejder	66
5.2.8	Bygherres krav til anlægsmateriel	69
5.3	Tidsplan	70
6	Alternativer	71
6.1	Anlæg	71
6.2	Drift	71
6.2.1	Driftsalternativ A	71
6.2.2	Driftsalternativ B	72
6.3	Referencescenariet	73
6.4	Fravalgte alternativer	74
6.4.1	Udnyttelse af eksisterende spildevandssystem på Vesterbro	75
6.4.2	Alternative tracéer	75
6.4.3	Alternativ placering af pumpestationen ved Kalvebod Brygge	78
6.4.4	Alternative placeringer af skakt ved Halmtorvet/Gasværksvej	78
7	Lov- og planmæssige rammer	79

7.1	Metode	79
7.2	International lovgivning	79
7.2.1	Miljøvurderingsloven	79
7.2.2	Miljømålsloven	80
7.2.3	Habitatbekendtgørelsen	80
7.2.4	Vandplanlægningsloven	80
7.3	National lovgivning	81
7.3.1	Planloven	81
7.3.2	Naturbeskyttelsesloven	81
7.3.3	Museumsloven	82
7.3.4	Bygningsfredningsloven	83
7.3.5	Miljøbeskyttelsesloven	83
7.3.6	Vandforsyningsloven	83
7.3.7	Jordforureningsloven	84
7.4	Kommuneplan	84
7.5	Lokalplaner	85
7.5.1	Skt. Jørgens Sø	85
7.5.2	Halmtorvet/Gasværksvej	86
7.5.3	Kalvebod Brygge	87
7.5.4	Sammenfatning vedrørende eksisterende lokalplaner	88
7.5.5	Ny lokalplan for pumpehuset ved Kalvebod Brygge	88
7.6	Spildevandsplaner for Københavns og Frederiksberg Kommuner	89
7.7	Klimatilpasningsplan og skybrudsplan	89
8	Trafik	91
8.1	Metode	91
8.2	Eksisterende forhold	91
8.2.1	Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø	91
8.2.2	Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej	92
8.2.3	Byggeplads ved Kalvebod Brygge	93
8.3	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	94
8.3.1	Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø	94
8.3.2	Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej	97
8.3.3	Byggeplads ved Kalvebod Brygge	101
8.3.4	Samlet vurdering	103
8.4	Kumulative effekter	104
8.5	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	104
8.6	Afværgeforanstaltninger	104
9	Støj	106

9.1	Metode	106
9.2	Eksisterende forhold	107
9.2.1	Omkringliggende boliger og andre støjfølsomme funktioner	107
9.3	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	108
9.3.1	Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø	108
9.3.2	Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej	113
9.3.3	Byggeplads ved Kalvebod Brygge	116
9.3.4	Sammenfatning af støj dæmpende foranstaltninger (BAT)	123
9.3.5	Sammenfatning af støj i anlægsfasen	123
9.4	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	125
9.5	Kumulative effekter	126
9.6	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	126
9.7	Afværgeforanstaltninger	126
10	Vibrationer	127
10.1	Metode	127
10.1.1	Grænseværdier	128
10.2	Eksisterende forhold	130
10.2.1	Omkringliggende bygninger	130
10.2.2	Eksisterende vibrationspåvirkninger	131
10.3	Vibrationer i anlægsfasen	131
10.3.1	Nedbringning og optrækning af spuns	131
10.3.2	Boring af huller til sekantpæle og silent piling	134
10.3.3	Opbrydning af kalk	139
10.3.4	Kørsel med lastbiler og tungt entreprenørmateriel	142
10.3.5	Sammenfatning af vibrationer i anlægsfasen	143
10.4	Kumulative effekter	143
10.5	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	144
10.6	Afværgeforanstaltninger og BAT	144
11	Luft	145
11.1	Metode	145
11.2	Eksisterende forhold	145
11.3	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	145
11.3.1	Ventilationsafkast fra tunnel	145
11.3.2	Ventilationsafkast fra separationsanlæg	147
11.3.3	Oplag af tunnelmuck	148
11.4	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	149
11.5	Kumulative effekter	149
11.6	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	149

11.7	Afværgeforanstaltninger	149
12	Friluftsliv og rekreative interesser	150
12.1	Eksisterende forhold	150
12.2	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	153
12.3	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	154
12.3.1	Referencescenariet	155
12.4	Kumulative effekter	155
12.5	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	155
12.6	Afværgeforanstaltninger	155
13	Landskab og visuelle forhold	156
13.1	Metode	156
13.2	Eksisterende forhold	156
13.3	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	157
13.4	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	157
13.4.1	Pumpestationen ved Kalvebod Brygge	157
13.5	Kumulative effekter	161
13.6	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	161
13.7	Afværgeforanstaltninger	161
14	Mennesker og sundhed	162
14.1	Eksisterende forhold	162
14.2	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	162
14.2.1	Ændring af stier og veje	162
14.2.2	Støj og vibrationer	163
14.2.3	Luft	164
14.2.4	Anlægsarbejde i havnen	164
14.2.5	Samlet vurdering	164
14.3	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	164
14.4	Kumulative effekter	164
14.5	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	164
14.6	Afværgeforanstaltninger	165
15	Overfladevand og vandkvalitet	166
15.1	Metode	166
15.2	Eksisterende forhold	167
15.2.1	Vandområdeplaner	167
15.2.2	Natura 2000-områder	170
15.2.3	Vandgennemstrømning gennem havnen	170
15.2.4	Iltforhold	170

15.2.5	Næringsstoffer	170
15.2.6	Miljøfarlige stoffer i sedimentet	171
15.2.7	Eksisterende udløb	171
15.3	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	172
15.3.1	Sedimentspredning i forbindelse med anlægsarbejder	173
15.3.2	Økologisk tilstand	174
15.3.3	Kemisk tilstand	174
15.3.4	Iltforhold (støtteparameter)	175
15.3.5	Natura 2000-områder	175
15.3.6	Samlet vurdering af miljøpåvirkninger i anlægsfasen	175
15.4	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	175
15.4.1	Alternativ A	176
15.4.2	Alternativ B	181
15.4.3	Natura 2000-områder	183
15.4.4	Samlet vurdering af miljøpåvirkninger i driftsfasen	183
15.4.5	BAT betragtninger	184
15.4.6	Referencescenariet	185
15.5	Kumulative effekter	185
15.6	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	185
15.7	Afværgeforanstaltninger	186
16	Grundvand og drikkevand	187
16.1	Metode	187
16.2	Eksisterende forhold	187
16.2.1	Geologi	190
16.2.2	Grundvandsmagasiner	191
16.2.3	Potentialeforhold	192
16.2.4	Transmissivitetsforhold	192
16.2.5	Grundvandsforurening	192
16.3	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	192
16.3.1	Strategi for grundvandskontrol	192
16.3.2	Modelleret grundvandssænkning uden afværgetiltag	193
16.4	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	195
16.5	Kumulative effekter	196
16.6	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	196
16.7	Afværgeforanstaltninger	196
17	Kulturarv (fredede og bevaringsværdige bygninger)	197
17.1	Metode	197
17.1.1	Fredede bygninger	197

17.1.2	Bevaringsværdige bygninger	197
17.1.3	Miljøforhold - fredede og bevaringsværdige bygninger	197
17.2	Eksisterende forhold	198
17.2.1	Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø	198
17.2.2	Byggepladsen Halmtorvet/Gasværksvej	203
17.2.3	Byggepladsen ved Kalvebod Brygge	206
17.3	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	206
17.4	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	207
17.5	Kumulative effekter	207
17.6	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	207
17.7	Afværgeforanstaltninger	207
18	Materielle goder	208
18.1	Eksisterende forhold	208
18.1.1	Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø	208
18.1.2	Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej	209
18.1.3	Byggeplads ved Kalvebod Brygge	210
18.2	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	211
18.2.1	Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø	211
18.2.2	Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej	212
18.2.3	Byggeplads ved Kalvebod Brygge	213
18.2.4	Metro Cityring og baneterrænet	213
18.2.5	Ammoniakkøleanlæg i Kødbyen	213
18.2.6	Konklusion	213
18.3	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	214
18.4	Kumulative effekter	214
18.5	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	214
18.6	Afværgeforanstaltninger	214
19	Jord	216
19.1	Metode	216
19.1.1	Overskudsjord ved anlægsarbejderne	216
19.1.2	Forurennet jord	216
19.2	Eksisterende forhold	217
19.2.1	Skakt ved Skt. Jørgens Sø	220
19.2.2	Tunnel mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej	220
19.2.3	Skakt ved Halmtorvet/Gasværksvej	220
19.2.4	Tunnel mellem Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge	221
19.2.5	Skakt ved Kalvebod Brygge	221
19.2.6	Sammenfatning	222

19.3	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	223
19.3.1	Jordmængder	224
19.3.2	Jordhåndtering og generelle krav	224
19.3.3	Etablering af skakte	225
19.3.4	Boring af tunnel	225
19.3.5	Etablering af arbejdsplads i havnen	226
19.3.6	Anvendelse af kemiske produkter	226
19.3.7	Øvrig forurening ved anlægsarbejder	227
19.3.1	Samlet vurdering	227
19.4	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	228
19.5	Kumulative effekter	228
19.6	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	228
19.7	Afværgeforanstaltninger	228
20	Materialer og affald	229
20.1	Metode	229
20.1.1	Regler på affaldsområdet	229
20.2	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	230
20.2.1	Materialer og ressourcer	230
20.2.2	Affald	232
20.3	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	233
20.3.1	Materialer	233
20.3.2	Affald	233
20.3.3	Eventuelle mangler ved miljøvurderingen	234
20.4	Afværgeforanstaltninger	234
20.4.1	Materialer	234
20.4.2	Affald	234
21	Overvågning	235
22	Referencer	236

Bilag 1

Bilag 2

Bilag 3

Bilag 4

Bilag 5

Bilag 6

Bilag 7

1 Indledning

Hovedstadsområdet er gennem de senere år blevet ramt af skybrud, bl.a. skybruddet d. 2. juli 2011 og andre, mindre kraftige skybrud, der har haft alvorlige konsekvenser. Alt tyder på, at der vil komme flere og kraftigere skybrudshændelser i fremtiden. Som en del af klimatilpasningsarbejdet i København og Frederiksberg er der udarbejdet en klimatilpasningsplan for Københavns og Frederiksberg Kommuner [1]. Med klimatilpasningsplanen arbejder København og Frederiksberg for at gøre byerne mere robuste over for ekstreme regnhændelser, oversvømmelser og varmere vejr med en beskrivelse af retningslinjer for, hvordan klimatilpasningen skal gennemføres i kommunerne.

På baggrund af klimatilpasningsplanen har Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune sammen med deres respektive forsyningsselskaber HOFOR og Frederiksberg Forsyning i 2012 udarbejdet en skybrudsplan [2].

Skybrudssikringen af København og Frederiksberg vil bidrage mest til kommunernes ambition om at fremme byens blå og grønne struktur, hvis løsninger opmagasinerer eller leder vand bort på terræn. Vandmængderne, der skal håndteres, er dog så store, at det ikke er muligt at transportere al skybrudsvand på overfladen i den tætteste del af Den indre bydel. Derfor skal vandet her udledes direkte til havnen via tunnelløsninger. Skybrudsplanen peger derfor på en løsning ved afledning på terræn, og med tunnelløsninger i de dele af byen, hvor det ikke er muligt med overfladeløsninger.

Som konkretisering af skybrudsplanerne har Københavns og Frederiksberg kommuner belyst skybrudsinitiativer, der kan medvirke til at reducere skaderne i forbindelse med skybrudshændelser fremover. Som en del af skybrudskonkretiseringen for de to kommuner skal HOFOR og Frederiksberg Forsyning etablere Kalvebod Brygge Skybrudstunnel - en skybrudsledning fra Skt. Jørgens Sø til Kalvebod Brygge med udløb i Københavns Havn ved Kalvebod Brygge [3].

Anlægget af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel understøtter og udgør ryggraden i skybrudssikringen af Vesterbro og Frederiksberg jf. Skybrudsplanen fra 2011. Tunnelen skal efter anlæg bortlede vand fra skybrudsoplandet Ladegårds Å, Frederiksberg Øst og Vesterbro i et omfang, så det overordnede servicemål om maksimalt 10 cm vand på terræn i skel mellem privat og offentligt areal ved en 100-års regn om 100 år kan overholdes. Tunnelen er en forudsætning for en række terrænnære skybrudsprojekter, som er planlagt at afvande til skybrudstunnelen.

Skybrudstunnelens anlæg er omfattet af bilag 2, nr. 10b, anlægsarbejder i byzoner i Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter [4].

Skybrudstunnelen er desuden omfattet af Bekendtgørelse om vurdering af virkninger på miljøet (VVM) af projekter vedrørende erhvervshavne og Københavns Havn samt om administration af internationale naturbeskyttelsesområder og beskyttelse af visse arter for så vidt angår anlæg og udvidelse af havne (BEK nr. 450 af 08/05/2017) [5], bilag 2, pkt. 10 k) Kystanlæg til modvirkning af erosion og maritime vandbygningskonstruktioner, der kan ændre kystlinjerne, som fx diger, dæmninger, moler, bølgebrydere og andre konstruktioner til beskyttelse mod havet, bortset fra vedligeholdelse og genopførelse af sådanne anlæg.

Projekter omfattet af bilag 2 er som udgangspunkt screeningspligtige med henblik på at træffe afgørelse om eventuel VVM-pligt.

VVM-myndighederne bestående af Københavns og Frederiksberg Kommuner samt Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen har i en screeningsafgørelse afgjort, at der skal gennemføres en miljøvurdering af projektet iht. miljøvurderingsloven, og at bygherre skal udarbejde en miljøkonsekvensrapport, der beskriver, om projektet kan få væsentlig indvirkning på miljøet.

2 Ikke-teknisk resumé

Som en del af klimatilpasningstiltagene i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune og bl.a. grundet de alvorlige konsekvenser som skybruddet d. 2. juli 2011 – og andre, mindre kraftige skybrud – har haft for Hovedstadsområdet, anlægges Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, der skal bortlede vand fra skybrudsoplandet Ladegårds Å, Frederiksberg Øst og Vesterbro.

Formålet med denne miljøvurdering af projektet er, at der, under inddragelse af offentligheden, tages hensyn til projektets sandsynlige, væsentlige indvirkning på miljøet, herunder den biologiske mangfoldighed, befolkning, menneskers sundhed, flora, fauna, jordbund, jordarealer, vand, luft, klimatiske faktorer, materielle goder, ressourceeffektivitet og det indbyrdes forhold mellem disse faktorer.

Miljøkonsekvensrapporten belyser de væsentlige miljøkonsekvenser, og gør det muligt på den baggrund at miljøoptimere projektet, så væsentlige negative miljøkonsekvenser så vidt muligt undgås eller mindskes. Det er således muligt at få overvejelser om miljø ind i den politiske beslutningsproces og få reduceret miljøpåvirkningen.

Miljøkonsekvensrapporten vil blive fremlagt i offentlig høring i otte uger, så der kan sikres en offentlig debat om projektet. Efter den offentlige høring vil VVM-myndighederne behandle de indkomne høringssvar og offentliggøre dem i et høringsnotat/hvidbog sammen med myndighedernes bemærkninger til disse. Hvidbogen indgår som baggrund for myndighedernes beslutning om § 25- tilladelse til projektet efter miljøvurderingsloven.

Kalvebod Brygge Skybrudstunnel anlægges på land i Københavns og Frederiksberg Kommuner og der etableres en midlertidig opfyldning i Københavns Havn. Der er derfor tre VVM-myndigheder for projektet hhv. Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune jf. Miljøvurderingsloven [4] og Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen jf. lovgivning om VVM vedrørende Københavns Havn [5].

2.1 Projektbeskrivelse

Skybrudsledningen etableres fra Skt. Jørgens Sø til Kalvebod Brygge med udløb i Københavns Havn ved Kalvebod Brygge. Tunnelen forventes at blive ca. 1265 m lang og forløber fra nær det sydvestlige hjørne af Skt. Jørgens Sø og derefter under Det ny Teater, Vesterbro Torv og Gasværksvej, Kødbyen og banearealet, for at ende ved Kalvebod Brygge 45 (se Figur 2.1).



Figur 2.1: Oversigt over placering af skybrudstunnel og bygværkerne ved Skt. Jørgens Sø, Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge.

Det eksisterende kloaknet tilsluttes skybrudstunnelen via konstruktioner under terræn, de såkaldte tilslutningsbygværker. Der etableres et tilslutningsbygværk nær det sydvestlige hjørne af Skt. Jørgens Sø og ved krydset Halmtorvet/Gasværksvej. Ved Kalvebod Brygge etableres en pumpestation, der skal tømme skybrudsledningen for vand ud i Københavns Havn. Pumpestationen består af et underjordisk teknikanlæg med en overbygning over terræn (pumpehuset).

Tunnelen bores som to separate tunneler ca. 15 - 20 m under terrænoverfladen i kalken. Tunnelerne bores hhv. fra byggepladsen ved Kalvebod Brygge og byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø, og begge tunneler ender ved byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej.

Skybrudstunnelen fungerer ved, at der ved høj vandstand i spildevandssystemet som følge af ekstremnedbørshændelser åbnes særligt indbyggede skybrudsklapper i spildevandssystemet, så vandet i kloakken ledes direkte til tunnelen. Når tunnelen er fyldt med vand, starter skybrudspumperne i pumpestationen og pumper vandet ud i havnebassinet gennem åbninger under vandoverfladen i kajfronten. Det vand, der står tilbage i tunnelen (magasinkapaciteten),

pumpes efter regnhændelsen i muligt omfang tilbage til kloakken. Ved manglende kapacitet eller lignende i spildevandssystemet kan vandet pumpes ud i havnebassinet.

Når skybrudstunnelen har været i brug og er tømt, gennemskylls og renses tunnelen med en rest af skybrudsvandet. Skyll vandet opsamles i skakten ved Kalvebod Brygge og pumpes sammen med det bundfældede materiale herfra via kloak til renseanlæg.

Skybrudspumperne skal testkøres 3-4 gange årligt med en varighed af 6-10 timer pr. testgang. Testkørsel af skybrudspumperne udføres ved at fylde tunnelen med havnevand.

2.2 Anlægsbeskrivelse

Anlægsarbejdet forventes at igangsættes i foråret 2021 og afsluttet i 2025, hvor skybrudstunnelen tages i brug. Forinden vil der foregå forberedende arbejder, herunder evt. arkæologiske forundersøgelser og ledningsomlægninger.

Tunneleringen af begge tunneler bliver udført med tunnelboremaskiner. Der etableres byggepladser på tre lokaliteter: ved Skt. Jørgens Sø, på hjørnet af Halmtorvet/Gasværksvej og ved Kalvebod Brygge 45. Først etableres tilslutningsbygværkerne ved Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej, hvorefter der etableres skakte på alle tre lokaliteter. Skaktenes funktion er at afsende/modtage tunnelboremaskinerne. En del af byggepladsen ved Kalvebod Brygge etableres på en midlertidig opfyldning i Københavns Havn. Efter afslutning af anlægsarbejdet fjernes opfyldningen. Arbejdspladserne på de tre lokaliteter for de forskellige anlægsfaser kan ses af figur 2.2 – 2.6.

Skaktene har følgende ydre diameter: Skt. Jørgens Sø 13 m, Halmtorvet/Gasværksvej 11 m, Kalvebod Brygge 21 m. Skaktindfatningen udføres som sekantpælevægge, som bores fra terræn med efterfølgende støbning, således skaktvæggen består af tætstående pæle udført i armeret beton. Skaktene anlægges i åbne byggegruber, der med gravemaskiner graves fra terræn inde i skaktene.

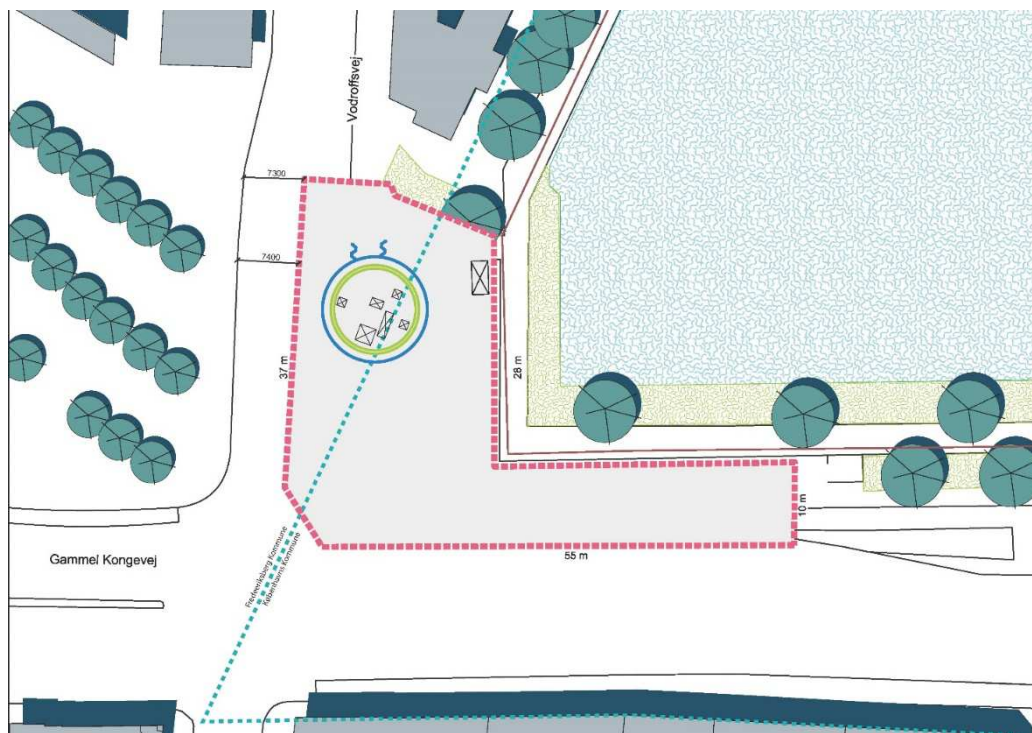
Skaktene ved Skt. Jørgens Sø og ved Kalvebod Brygge skal i anlægsfasen bruges som startskakte for tunnelboremaskiner. Pladserne skal således fungere som tunnelarbejdsplads, hvorfra boring af tunnel, optagning af udboret materiale (også kaldet tunnelmuck) og nedsænkning af tunnelelementer skal ske. Tunnelarbejdspladserne vil være i drift i den periode, hvor der bores. Skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej skal bruges til at modtage tunnelboremaskinerne.

Tunneleringen af de to strækninger foregår samtidig, hvorved den samlede anlægsperiode forkortes. Ved tunnelering under Det Ny Teater på strækningen mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej, og ved krydsning af bane, metro, Kødbyen og pælefunderede bygninger på strækningen mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej er det nødvendigt at tunnelere 24/7 (24 timer i døgnet alle ugens 7 dage) for at minimere sætningsskader og undgå at boremaskinen sætter sig fast. Grundet disse driftsmæssige risici er der desuden et ønske om at tunnelere begge strækninger i deres fulde længde i døgndrift.

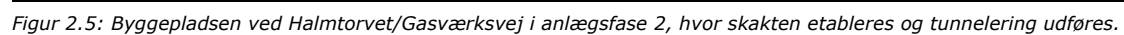
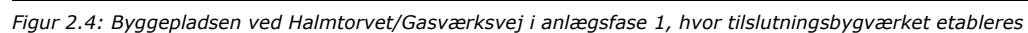
Til driftsfasen ombygges skaktene ved Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej til bygværker, som fører vandet ned i tunnelen, og skakten ved Kalvebod Brygge ombygges til pumpestation.

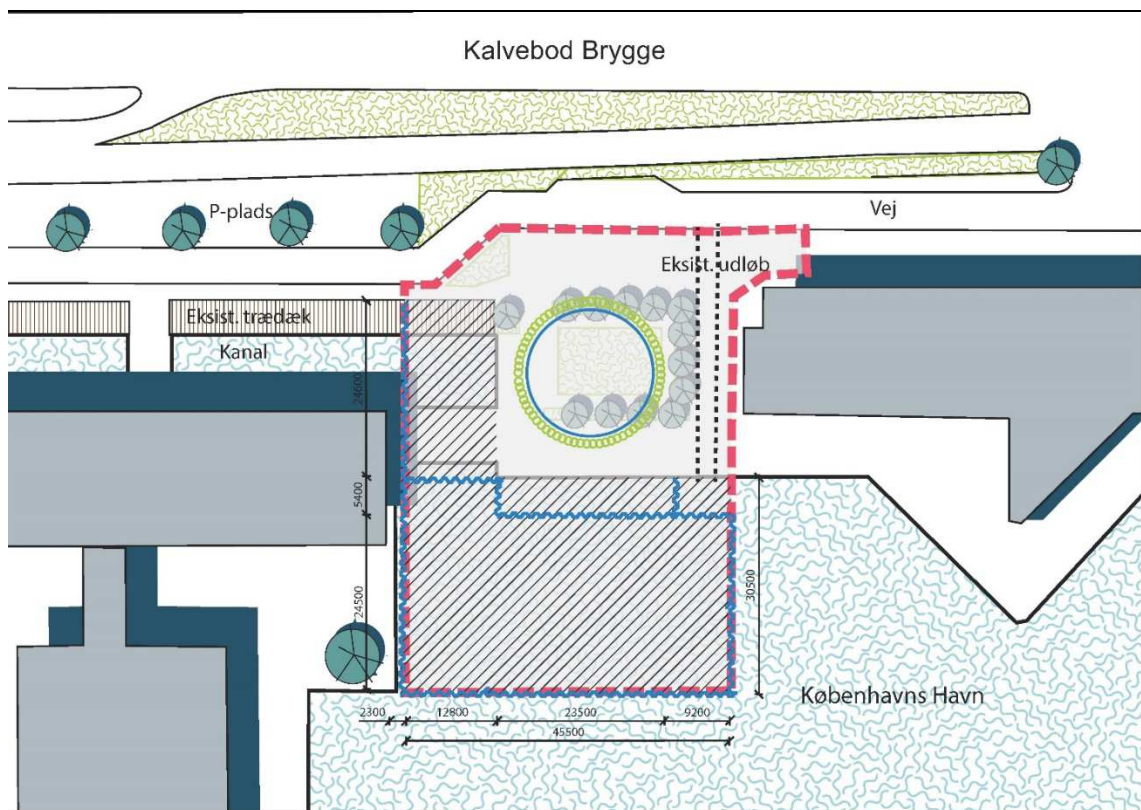


Figur 2.2: Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø i anlægsfase 1, hvor tilslutningsbygværket etableres



Figur 2.3: Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø i anlægsfase 2, hvor skakten etableres og tunnelering udføres.





Figur 2.6: Byggepladsen ved Kalvebod Brygge.

2.3 Alternativer

2.3.1 Anlæg

Der er undersøgt én mulig projektudformning/linjeføring for skybrudstunnelen. Som udgangspunkt påtænkes skybrudstunnelen etableret ved tunnelering med boretypen EPB. Det kan dog på grundlag af de fundne forureningsniveauer i undergrunden strækning mellem Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge ikke afvises, at der, af arbejdsmiljømæssige hensyn, bliver behov for at benytte slurry-metoden på dele af eller hele den sydlige tunnelstrækning. Derudover ønsker bygherrer valgfrihed til entreprenøren på denne strækning. Begge boremetoder er derfor beskrevet og vurderet for den sydlige tunnelstrækning.

Bygherrer ønsker at tunnelere begge tunnelstrækninger i deres fulde længde i døgndrift, og det er som udgangspunkt denne løsning, der er undersøgt. For at undgå nat- og weekendarbejde (lør kl. 17 – man kl. 7) er en løsning med tunnelering 12 timer pr. dag, mandag til fredag (12/5), ligeledes vurderet i forhold til trafik og støj for strækninger, hvor det ikke er påkrævet at tunnelere døgnet rundt.

For driftsfasen er to ligeværdige alternativer undersøgt:

2.3.2 Drift

Alternativ A

I overensstemmelse med HOFORs og Frederiksbergs Forsynings servicemål ønsker bygherrer, at skybrudstunnelen bliver aktiveret, når de eksisterende kloakkers kapacitet er opbrugt, og der dermed opstår risiko for vand på terræn og i kældre. Det vil i forhold til Kalvebod Brygge

Skybrudstunnel betyde, at tunnelen sættes i drift ved en ca. 5-års regnhændelse, hvor nedbørmængder og intensitet gør, at overløb (fællesvand) stuver op over terræn.

Af Figur 2.7 ses oversvømmelseskort som resultat af modelberegninger af oversvømmelser ved en 5-års regnhændelse. Det fremgår af kortet, at der er begyndende oversvømmelse på terræn.

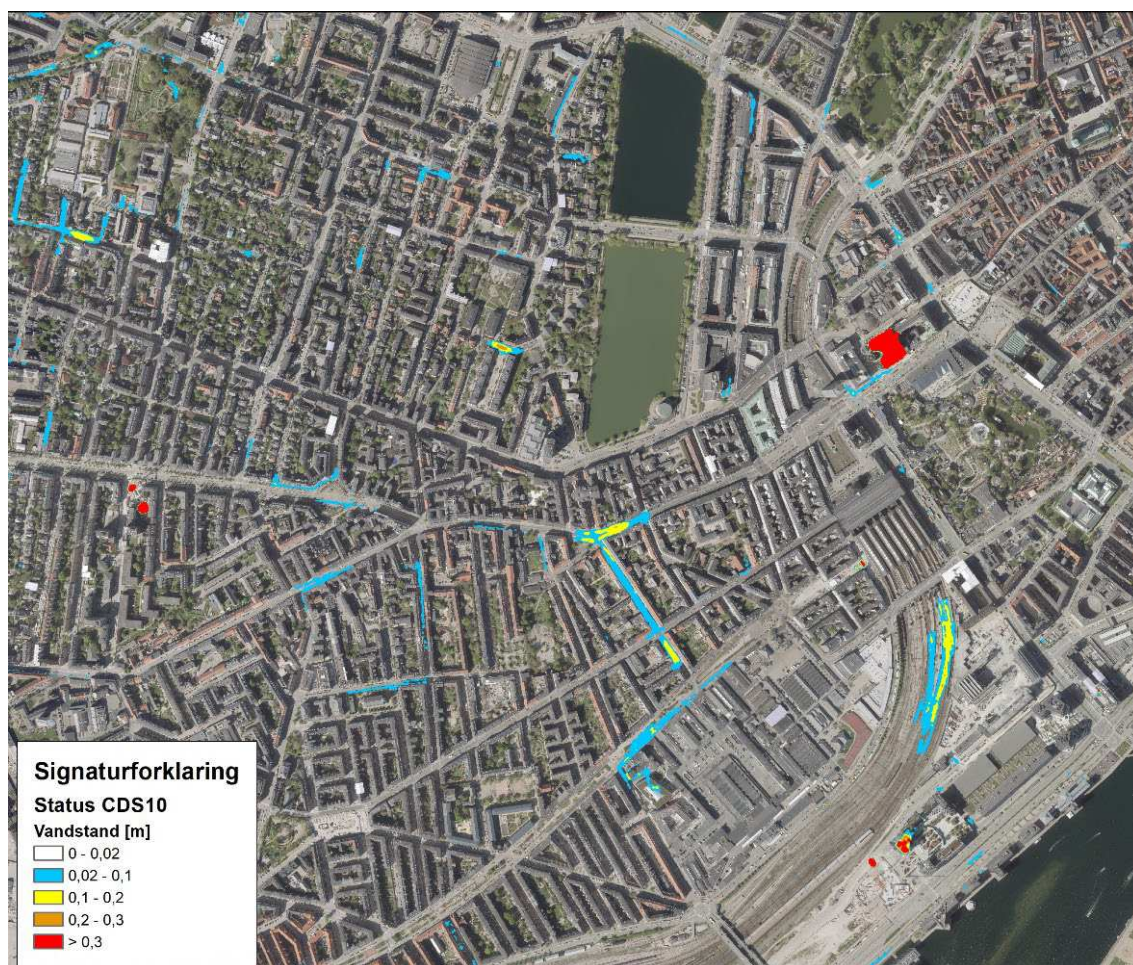
Alternativ B

Københavns Kommunes spildevandsplan muliggør udledning af skybrudsvand svarende til en 10-års regnhændelse eller værre, svarende til Københavns Kommunes definition af skybrud. Denne løsning, hvor tunnelen idriftsættes ved en 10-års regnhændelse, er ligeledes undersøgt.

På Figur 2.8 ses oversvømmelseskort for en 10-års regnhændelse, hvoraf det fremgår, at arealer med vand på terræn forøges ved en 10-års regnhændelse.



Figur 2.7: Oversvømmede arealer ved en 5-års regnhændelse (CDS5) i dagens situation.



Figur 2.8: Oversvømmede arealer ved en 10-års regnhændelse (CDS) i dagens situation.

2.3.3 Fravalgte alternativer

I forbindelse med planlægningen af skybrudstunnelen, der påbegyndtes i 2015, er følgende alternativer blevet undersøgt og fravalgt: mulighederne for at udnytte det eksisterende spildevandssystem på Vesterbro, alternative tracéer og udførelsesmetoder samt alternative placeringer af pumpestationen ved Kalvebod Brygge.

2.4 Lov- og planmæssige rammer

Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er et led i Københavns Kommunes og Frederiksberg Kommunes overordnede planlægning for håndtering af regnvand og skybrud, der er udmøntet i en skybrudsplan [2]. Skybrudstunnellen er ikke i konflikt med nogen af de gældende lokalplaner i området. Etablering af pumpehuset på Kalvebod Brygge forudsætter udarbejdelse af en ny lokalplan, der fastlægger rammerne for pumpehuset og adgangsforholdene ved drift af installationerne.

Københavns borgerrepræsentation vedtog i foråret 2018 tillæg nr. 8 til Spildevandsplan 2008 [6], der tilvejebringer det planmæssige grundlag for anlægsprojekter på spildevandsområdet, herunder arealreservation for etablering af bygværker/skakte til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Etablering af selve tunnelen kræver et tillæg til spildevandsplanen fra 2018. Tilsvarende er en spildevandsplan for Frederiksberg Kommune, hvor skybrudstunnelen indgår, under udarbejdelse.

2.5 Trafik

2.5.1 Trafik i anlægsfasen

I anlægsfasen vil trafikken påvirkes af tilkørsel af materialer til byggepladserne og bortkørsel af det materiale, der graves op fra undergrunden. Ved hver af byggepladserne vil der være perioder med intensiv byggepladsaktivitet – og deraf følgende øgede trafikmængder – og perioder med lavere aktivitet.

Byggepladserne er af en størrelse, der gør det muligt at indrette pladserne, således at det sikres, at tunnelrør og jord (muck) kan opbevares og ikke skal transporteres i aften- og natperioden. Tunnelering hele døgnet vil således ske uden til- og frakørsel med lastbiler uden for dagtimerne.

I de travleste perioder forventes en trafikbelastning til byggepladserne på op til 16 tunge køretøjer dagligt ved Skt. Jørgens Sø, 9 tunge køretøjer dagligt ved Sønder Boulevard/Halmtorvet og 26 tunge køretøjer dagligt ved Kalvebod Brygge. Ud over lastbiltrafikken vil byggepladsen medføre en varierende mængde trafik med personbiler og varebiler.

Der kører i dag ca. 480 lastbiler i døgnet på Gl. Kongevej, 108 lastbiler på Gasværksvej, 96 lastbiler på Halmtorvet og 1.905 lastbiler på Kalvebod Brygge. Trafikken til byggepladserne vil således maksimalt medføre en forøgelse på hhv. 4% , 9% og 1% af den nuværende tunge trafik, hvilket vurderes at være en relativ lille mertrafik, der kun forventes at have **ubetydelige** indvirkning på den trafikale afvikling, trafiksikkerhed og barrierevirkning. Tunnelering 12 timer pr. dag, mandag til fredag (12/5) vil medføre lidt færre lastbiler pr. dag, men over en længere anlægsperiode, og vil ligeledes have **ubetydelig** indvirkning på den trafikale afvikling, trafiksikkerhed og barrierevirkning.

2.5.2 Trafikomlægninger

Ved Skt. Jørgens Sø inddrages en stor del af Vodroffsvej i første fase med en varighed på ca. 35 uger, og det vil kun være muligt at afvikle ensrettet bil- og servicetrafik forbi byggepladsen (Figur 2.2). Det foreslås at prioritere biltrafik i retning mod syd, dvs. mod Gl. Kongevej. Vodroffsvej vil fortsat kunne afvikle servicetrafik i form af renovation og beredskab. Buslinje 71 kan eventuelt omlægges til alternativ rute for at frigive kapacitet til den øvrige trafik langs byggepladsen.

I anden fase, med en varighed på 95 uger, mindskes afspærringen af Vodroffsvej, og det vil være muligt at afvikle dobbeltrettet bil- og servicetrafik her, som i dag (Figur 2.3). I denne del af byggeperioden inddrages det nordlige fortov, cykelsti og inderste kørespor (kombineret bus- og højresvingsbane) på Gl. Kongevej, som således indskrænkes til et kombineret kørespor. Det vurderes, at det er nødvendigt at anlægge en midlertidig cykel- og fodgængerbane forbi byggepladsen, hvilket yderligere indskrænker det effektive kørebaneareal. Bus- og servicetrafik må derfor afvikles i ét spor, og det anbefales at indføre højresvingsforbud mod Vodroffsvej af hensyn til fremkommeligheden. Eksisterende busstoppested skal rykkes til en placering vest for krydset.

Til byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej inddrages et areal på Halmtorvet ud for Halmtorvet 28-30, og Halmtorvet lukkes for gennemkørende biltrafik øst for Gasværksvej. Af hensyn til den generelle fremkommelighed i nærområdet foreslås det i denne fase af anlægsperioden at genåbne den sydlige del af Halmtorvet ved Øksnehallen, hvor der i dag er opstillet steler, som hindrer gennemkørsel (Figur 2.4).

I anden del af fase 1 er det nødvendigt at udvide byggepladsen mod vest. Derfor inddrages dele af midterhellen (grønt areal) i Halmtorvet vest for byggepladsen til vejareal, så der fortsat er plads til adskillelse af cyklister og fodgængere fra biltrafikken, og bil- og servicetrafikken vil

fortsat kunne afvikles i ensretning mod nord ad Gasværksvej. Denne periode forventes at vare 3-4 uger. Den sydlige del af Halmtorvet og de sidegader, der støder op hertil, vil derfor skulle betjenes fra øst (fra rundkørslen ved Abel Katrines Gade). Sidegaderne Staldgade og Slagtehusgade vil ligeledes kunne trafikbetjenes fra øst.

I fase 2, som forventes at vare ca. 110 uger, afspærres Gasværksvej for biltrafik. Det er muligt at lede cykel- og gangtrafik – samt potentiel beredskabstrafik – forbi byggepladsen, under indskrænkede forhold (Figur 2.5). Det foreslås at ændre nogle ensretninger i nærområdet for at kunne afvikle bil- og servicetrafikken fra Gasværksvej. I fase 2 vendes ensretningen på henholdsvis Absalonsgade og Eskildsgade for afvikling af trafikken fra Skelbækgade nordgående. Der nedlægges et mindre antal p-pladser i byggeperioden; ca. 5 i fase 2. I hele fase 2 vil der være lukket for ind- og udkørsel mellem Gasværksvej og Halmtorvet.

Ved Kalvebod Brygge er det vurderet, at et kørselsprincip, hvor byggepladstrafikken kører ind på byggepladsen fra lokalgaden fra sydvest, ud igen mod øst og videre ud i signalkrydset O2/Arni Magnussons Gade/lokalgade, er det trafikalt mest robuste. Dette begrundes i, at løsningen i mindst mulig grad påvirker fremkommeligheden på O2/Kalvebod Brygge, idet det kun er udkørende lastbiler fra byggepladsen, som belaster krydset O2/Arni Magnussons Gade/lokalgaden. Pga. manøvreforhold medfører løsningen nedlæggelse af i alt 12-13 p-pladser langs byggepladsen og bygningsfacaden i Kalvebod Brygge nr. 45.

Kørselsprincippet kræver, at den ensretning af lokalgaden ud for Fisketorvet, som Metroselskabet har fået gennemført i forbindelse med anlæg af metrostation på Havneholmen skal opretholdes; herunder også den midlertidige adgangsvej nord for Metroselskabets byggeplads ved rundkørslen til Havneholmen. Det anbefales, at der i det videre arbejde gennemføres en mere detaljeret kapacitetsvurdering af signalkrydset O2/Arni Magnussons Gade/lokalgaden. Der er igangsat dialog med Metroselskabet om dette.

Med de indarbejdede afværgeforanstaltninger vurderes de lokale trafikomlægninger at være **ubetydelige** for de trafikale forhold ved Vodroffsvej og ved Kalvebod Brygge, mens de vurderes at være **mindre** betydende for de trafikale forhold ved Gasværksvej/Halmtorvet.

2.6 Støj

I anlægsfasen vil støj af betydning udelukkende forekomme i områderne omkring byggepladserne til skakte/bygværker. Der er udført støjberegninger med det formål at belyse de forventede støjmæssige konsekvenser for byggepladsernes naboer.

Ved alle tre byggepladser vil de første byggefaser omfatte særligt støjende arbejder (nedbringning af spuns, etablering af sekantpæle, jordankre, kapning af sekantpæletoppe, indfatning mv.), der i henhold til de kommunale forskrifter for bygge- og anlægsarbejder [7] [8] må udføres på hverdage, i dagtimerne i perioden kl. 8-17 i Københavns Kommune og kl. 8-16 i Frederiksberg Kommune. Der er i Københavns Kommunes forskrift ikke grænseværdi for støj fra de særligt støjende arbejder, mens der Frederiksberg Kommune skal søges dispensation til disse arbejder. I den forbindelse forventes, at der kommer til at gælde de samme arbejdstider på begge sider af kommunegrænsen.

Ved drift af tunnelarbejdspladserne (byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø og byggepladsen ved Kalvebod Brygge) om natten er forskrifternes støjgrænse på 40 dB markant overskredet, idet støjgrænsen er fastsat, så anlægsaktiviteter i praksis ikke kan gennemføres i natperioden i områder med beboelse.

Vurderes støjen om natten fra tunnelarbejdspladsen ved Skt. Jørgens Sø i forhold til WHO's guideline [9] for støj om natten på 45 dB, så kan guidelinen ikke overholdes, idet støjen ved de nærmeste boliger er beregnet til 49 dB. De anvendte støjklilder i natperioden har typisk konstante støjniveauer uden impulsholdig støj, og det vurderes, at det maksimale støjniveau vil ligge nær det beregnede støjniveau og dermed ikke vil overstige 60 dB, der er WHO's anbefaling for maksimalt støjniveau om natten.

Ved natlig drift af tunnelarbejdspladsen ved Kalvebod Brygge er guidelinen på 45 dB for støj om natten overholdt ved de nærmeste hoteller og beboelse.

Støjen fra det øvrige anlægsarbejde er underlagt en støjgrænse på 70 dB på hverdage kl. 7-19, og lørdage kl. 8-17 i henhold til de kommunale forskrifter. Støjberegningerne viser, at ved valg af arbejdsmetoder, maskiner mm. og etablering af et 4 m højt støjdæmpende byggepladshegn, der dæmper støjen fra lavt placerede støjkluder, kan støjgrænsen overholdes ved Skt. Jørgens Sø, mens der vil være en overskridelse på 1 dB ved Halmtorvet/Gasværksvej og 6 dB ved Kalvebod Brygge.

Støjpåvirkningen vurderes som **moderat** ved Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej og som **mindre** ved Kalvebod Brygge. De oplevede gener ved støjen kan reduceres ved god information til naboerne om tidspunkter og varighed af støj i omgivelserne.

Ved tunnelering i dagtimerne på hverdage (12/5) på strækninger, hvor det af byggetekniske, sikkerhedsmæssige eller fremdriftsmæssige forhold ikke er påkrævet at tunnelere døgnet rundt, vil aktiviteterne med drift af tunnelarbejdspladserne uden for dagtimerne bortfalde, og de gennemførte beregninger for støj om natten vil ikke være relevante i disse perioder.

I driftsfasen forventes støjen fra vedligeholdelsesarbejder og drift og test af pumpestationen på Kalvebod Brygge at være begrænset og kortvarig, og støjpåvirkningerne vurderes at være **ubetydelige**.

2.7 Vibrationer

Anlægsarbejdet forårsager vibrationer, der udbredes til omgivelserne.

Ramning og vibrering af spuns påfører den omkringliggende jord en betragtelig vibrationspåvirkning, som udbreder sig til omgivelserne. Spunsning kan, alt afhængig af spunsdimensioner, nedbringningsmetode, jordbundsforhold, afstande til nabokonstruktioner samt konstruktionstyper og -tilstande, være kritisk i forhold til risiko for bygningsskader.

Der er risiko for overskridelse af den vejledende grænseværdi for bygningsskadelige vibrationer ved den sydligste del af ejendommen Vodroffsvej 2 (fredet) og Vodroffsvej 5 (bevaringsværdig), ejendommene Halmtorvet 30/Gasværksvej 35, Halmtorvet 34/Gasværksvej 28, Halmtorvet 17 og Halmtorvet 19 samt ejendommene Kalvebod Brygge 45, 47 og 49. Påvirkningen grundet risikoen for bygningsskadelige vibrationer på et begrænset antal ejendomme ved en enkelt korterevarende arbejdsproces vurderes at være **moderat**. For disse bygninger er mulige afværgetiltag overvågning/måling af bygningsskadelige vibrationspåvirkninger med automatisk notifikation af fx entreprenør, rådgiver og bygherre i tilfælde af vibrationspåvirkninger i nærheden af de vejledende grænseværdier ligesom arbejdsmetoder kan tilpasses og/eller ændres.

Ramning og vibrering af spuns og boring af sekantpæle mv. vil medføre risiko for mærkbare vibrationer og overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer i et større område omkring hver byggeplads. Risikoen for overskridelse af foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer er knyttet til særligt støjende arbejder, der kun må foregå i tidsrummet 8-17 på hverdage. På den baggrund vurderes risikoen for vibrationer, der overskrider foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer, at medføre **mindre** påvirkninger af omgivelserne, selvom det berører et større antal mennesker.

Vibrationer reduceres ved hensigtsmæssig valg af arbejdsmetode og tilrettelæggelse af arbejdsprocesser, og de oplevede gener kan reduceres ved vidtgående kommunikationsindsats for at informere naboer om aktiviteterens formål, påvirkning og varighed.

2.8 Luft

Foreløbige undersøgelser af jordbundsforholdene langs tunneltracéet viser, at der skal håndteres forurennet udboret jord/tunnelmuck på byggepladsen ved Kalvebod Brygge, og i den forbindelse kan der ske emissioner af flygtige stoffer som benzen og kulbrinter. Spredningsmeteorologiske beregninger sammenholdt med B-værdien for de enkelte stoffer viser, at med en afkasthøjde på 5 m fra ventilering af tunnelen eller fra separationsanlæg for tunnelmuck og ved at placere oplag af tunnelmuck i en afstand af mindst 15 m fra nærmeste bygning kan det sikres, at befolkningen i området ved længere tids eksponering ikke udsættes for skadelige effekter og gener fra luftforureningen, og påvirkningen vurderes at være **ubetydelig**. Hvis det ikke er muligt at placere oplaget med den tilstrækkelige afstand til nærmeste bygning, må der etableres afværgende foranstaltninger, herunder undersøges mulighederne for fx overdækning/afskærmning af oplag og rensning af ventilationsluft.

Ved aflastning af vand fra spildevandssystemet gennem skybrudstunnelen ved ekstremregnhændelser, vil luften i tunnelen fortrænges og blive afledt gennem riste i gadeniveau. Afhængig af sammensætningen af vandet kan dette eventuelt medføre lugt af spildevand. Da skybrudstunnelen er i drift ved regnhændelser med en gentagelsesperiode på 5/10 år vil en eventuel lugt forekomme sjældent og i et begrænset tidsrum, og lugtgenerne vurderes at være **ubetydelige**.

2.9 Friluftsliv og rekreative interesser

Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø medfører, at den eksisterende trappeadgang til stien omkring Skt. Jørgens Sø fra parkeringspladsen på hjørnet af Vodroffsvej og Gl. Kongevej midlertidig rykkes lidt mod nord i anlægsfasen, således at der fortsat er adgang til stien omkring søen.

For at opretholde adgangen på Havneringen ved byggepladsen på Kalvebod Brygge kan der anlægges en flydebro for fodgængere uden om byggepladsen, mens cyklister anbefales anvist midlertidig alternativ rute via lokalgaden Kalvebod Brygge.

Basketballbanen på Halmtorvet ved Gasværksvej inddrages i hele byggeperioden, og borde og bænke syd for basketballbanen nedlægges. I samråd med Københavns Kommune besluttet, om borde og bænke midlertidigt kan opstilles i området øst for basketballbanen. Brugere af basketballbane mv. henvises til at benytte øvrige faciliteter i området.

Arealet, der midlertidigt inddrages i havnen, er minimalt i forhold til hele havneområdet, hvorfor de rekreative aktiviteter i havnen såsom sejlads vurderes at kunne fortsætte uhindret i anlægsperioden.

Ophvirvling af forurennet sediment i forbindelse med etablering og nedrivning af byggepladsen i havnen vil være **ubetydelig** i forhold til vandkvaliteten i havnen og dermed ikke påvirke badevandskvaliteten.

Udledning af vand fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil ikke forringe badevandskvaliteten for de nærliggende havnebade, der kan opretholdes på niveauet "UDMÆRKET". Der vil være en svagt forøget risiko for én ekstra lukkedag hvert 5./10. år ved Fisketorvets Havnebad, som ligger ca. 500 m fra skybrudstunnelens udløb. Risikoen for en ekstra lukkedag vurderes at være så lille, at det ikke vil bidrage med en reel forøgelse af antallet af lukkedage set over en længere periode, og vil således være **ubetydelig** i forhold til overholdelse af Københavns Kommunes målsætning om maksimalt 5 lukkedage per badesæson. Ved afledning af tunnelvolumenet helt eller delvist til kloak vil der, i forhold til dagens situation, forekomme en reduceret påvirkning af badevandskvaliteten ved de mindste regnhændelser, der ledes til tunnelen.

Påvirkningen af friluftsliv og rekreative interesser vurderes dermed samlet at være **mindre**.

2.10 Landskab og visuelle forhold

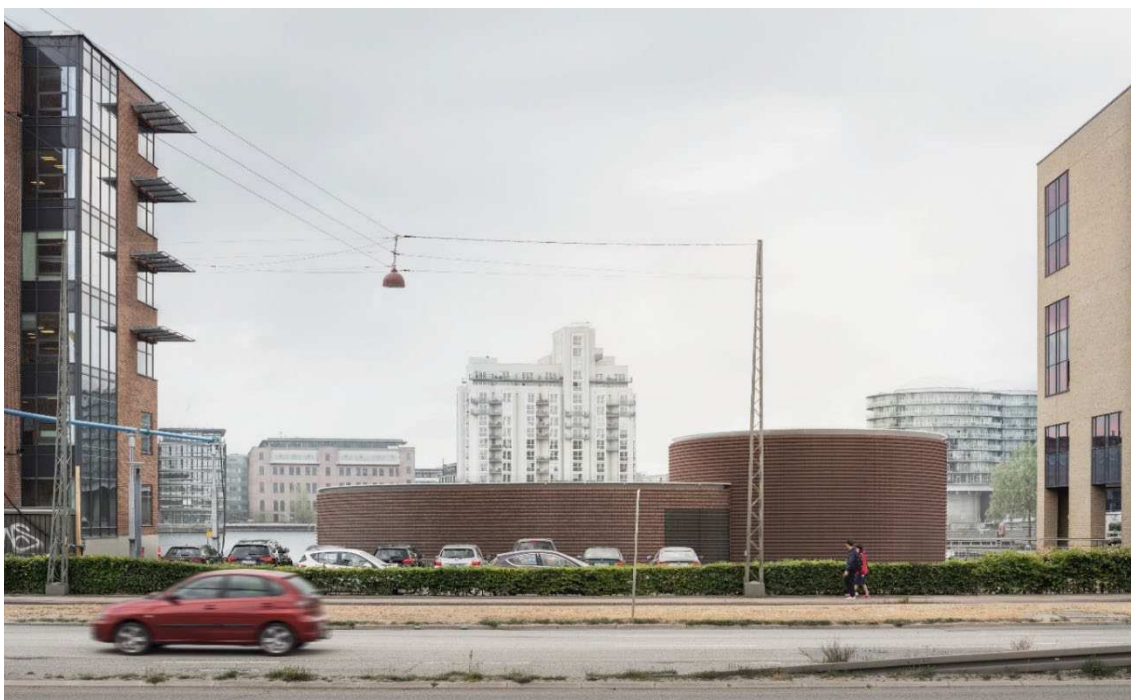
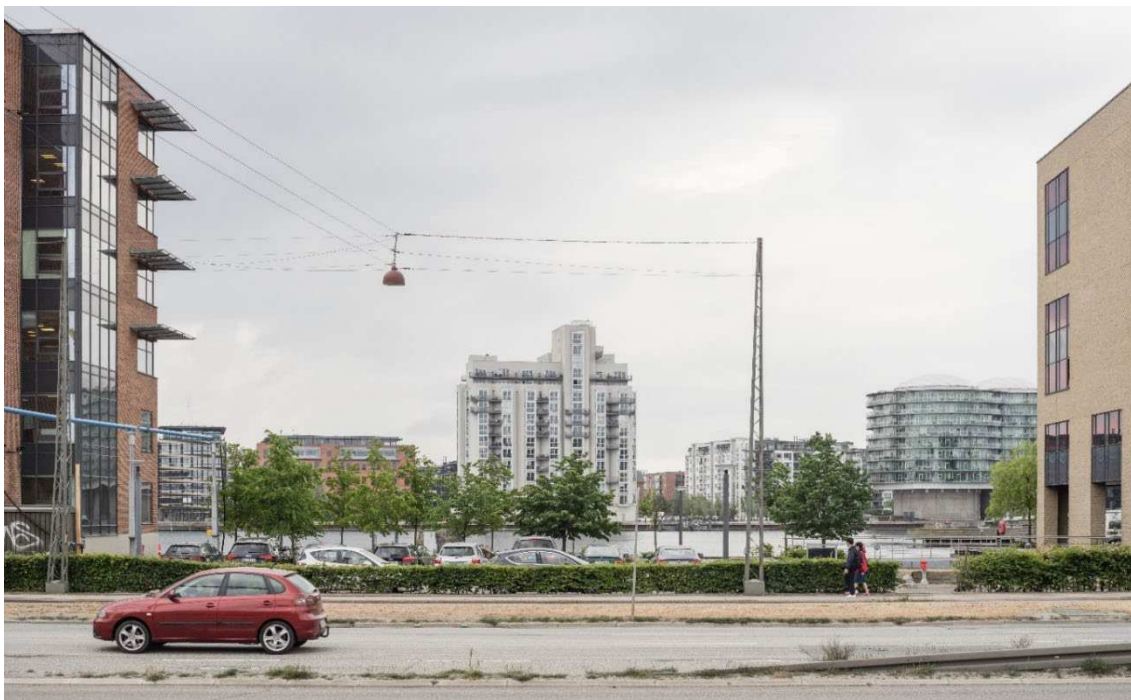
Skybrudstunnelen med tilslutningsbygværker etableres under jorden, og ved byggepladserne ved Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej vil der, efter anlægsperioden er afsluttet, kun være permanente installationer over jorden i form af dæksler i terræn samt et elskab og en udluftningskanal ved hver lokalitet.

Ved Kalvebod Brygge etableres en pumpestation. Området ved Kalvebod Brygge er således det eneste sted, hvor den færdige skybrudstunnel ændrer på de visuelle forhold. Pumpestationen består af et underjordisk teknikanlæg og en bygning over terræn.

Pumpestationens bygning er tilpasset omgivelserne med store bygninger, der er placeret mellem den brede og meget trafikerede overordnede vej Kalvebod Brygge og havnepromenaden. Overbygningen over terræn består af to cirkulære bygningsvolumener - en lav bygning med stor diameter og en lidt højere overbygning med mindre diameter. De to cirkulære volumener griber geometrisk ind i hinanden og skaber herved en sammensat bygning. Ved denne arkitektoniske udformning minimeres pumpestationens samlede bygningsvolumen over terræn mest muligt, og på den måde fastholdes der en vis grad af udsyn til havneløbet fra Kalvebod Brygge (se Figur 2.9).

Havneringens forløb ændres, så promenaden rettes mere ud, og passagen ikke længere forløber under Nykredit med skarpe sving og dårligt udsyn. I stedet for det eksisterende haveanlæg med bænke, der vender ryggen mod havnen, udvides havnekanten og forsynes med flere forsænkede trædæk, der inviterer til liv og ophold med adgang til vandet.

Samlet set vurderes påvirkningen af landskab og visuelle forhold som **mindre**.



Figur 2.9: Området ved Kalvebod Brygge 45 mod sydøst i dag og efter anlæg af pumpehus

2.11 Mennesker og sundhed

Sundhed er mere end et fravær af sygdom. At være sund handler om at have det godt både fysisk, psykisk og socialt. Det handler om at have evnen til at udnytte sit potentiale og mulighederne for at leve et godt og meningsfuldt liv.

Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af ændrede rekreative forhold vurderes at være **ubetydelig**, idet stiadgangene ved Skt. Jørgens Sø og Havneringen kan opretholdes i anlægsfasen.

Ophvirvling af forurenede sediment i forbindelse med etablering og efterfølgende nedtagning af midlertidig opfyldning i havnen ved Kalvebod Brygge vil være ubetydelig for badevandskvaliteten, ligesom drift af skybrudstunnelen ved udledning af såvel en 5-års som en 10-års regnhændelse kun giver anledning til en lettere forøget risiko for en ekstra lukkedag ved Fisketorvets Havnebad hvert 5./10. år og dermed reelt ikke vil bidrage med en reel forøgelse af antallet af lukkedage. Denne risiko vil, særligt for de mindre regnhændelser, der ledes til tunnelen, reduceres ved afledning af tunnelens magasin volumen helt eller delvist til kloak.

Støjen fra anlægsaktiviteterne på alle tre byggepladser kan medføre væsentlige gener for beboerne i de nærmeste ejendomme under spunsning og boring af sekantpæle mv. Støjgenerne begrænses ved, at arbejdstiderne for de særligt støjende arbejder er begrænset til dagtimerne kl. 8-17.

Støj fra øvrige anlægsaktiviteter er begrænset til dagtimerne, bortset fra under drift af tunnelarbejdspladserne ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge. Støjen fra øvrige anlægsarbejder ved Skt. Jørgens Sø og Halmtovet/Gasværksvej overholder støjgrænserne i de kommunale forskrifter. Støjen ved Kalvebod Brygge overskrider støjgrænserne i den kommunale forskrift med op til 6 dB ved de nærmeste kontorejendomme, mens støjgrænserne overholdes ved huse og beboelser.

Støj om natten ved drift af tunnelarbejdspladsen ved Sankt Jørgens Sø kan ikke overholde WHO's guideline, men perioden med støj om natten er begrænset til ca. 40 nætter. Antallet af mennesker, som er udsat for støjen er begrænset, da det kun er få ejendomme som udsættes for støjen, og det må antages, at en del af disse beboere vil have mulighed for at sove i rum, der vender væk fra byggepladsen. Guidelinen for støj er fastsat ud fra ønsket om muligheden for at sove med åbne vinduer. Guidelinen er ikke fastsat for støj kilder, der er af kortere varighed såsom tidsbegrænset anlægsarbejde, men for støj påvirkning over lange perioder. Undersøgelser viser, at det er søvnforstyrrelser over en længere årrække, der kan medføre påvirkninger af menneskers helbred og sundhed. På den baggrund vurderes påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af støj, også ved tunnelering 24/7 og dermed naturlig støj i ca. 40 nætter, at være **ubetydelig**.

Samlet set vurderes påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af støj at være ubetydelig for de tre byggepladser.

Støjen fra vedligeholdelsesarbejder og test af pumpestationen på Kalvebod Brygge i driftsfasen er kortvarig og ubetydelig, og medfører **ingen** påvirkning af befolkning og menneskers sundhed.

Ved at placere oplag af tunnelmuck i en afstand af 15 m fra nærmeste bygning og ved at etablere ventileringen af tunnelen/separationsanlæg med en afkasthøjde 5 m over terræn sikres det, at befolkningen i området ved en længere tids udsættelse beskyttes mod skadelige effekter og gener fra luftforureningen. Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed vurderes derfor at være **ubetydelig**.

Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed vurderes dermed samlet at være **ubetydelig**.

2.12 Overfladevand og vandkvalitet

Ved etablering og nedtagning af den midlertidige byggeplads i havnen udfor Kalvebod Brygge vil der kunne forekomme ophvirvling af forurenede bundsediment i havnen. Det vurderes at

denne ophvirvling vil være meget begrænset, og at påvirkningen af vandområdets økologiske og kemiske tilstand vil være **ubetydelig**.

I driftsfasen vil skybrudstunnelen aftage en del af det vand, der i den nuværende situation ledes via de eksisterende udløb, og der vil således ske en omfordeling af det vand, der også i den nuværende situation ledes til havnen via overløb. Mængden af vand, der fremtidigt ledes til skybrudstunnel og overløb vil altså svare til det vand, der udledes til havnen i den nuværende situation. I muligt omfang vil tunnelens magasinvolumen helt eller delvist blive afledt til kloak, hvorved den samlede mængde vand, der fremtidigt ledes til havnen i forbindelse med ekstremregnhændelser vil reduceres med op til 9.700 m³ i forhold til i dag. Omfordelingen af vandet vil medføre, at udledningen ved bl.a. Belvederebassin og andre overløb reduceres. Dette vil være tilfældet ved både 5 og 10-års regnhændelser (alternativ A og B).

Sammensætningen af det vand, der udledes til havnen, ændres ikke efter etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Vandet, der udledes, vil bestå af regnvand fra pladser, tage og veje iblandet få procent (anslået 2-5 %) spildevand.

Der etableres en betonplade på bunden af havnen ved udløbet fra Kalvebod Brygge for at imødegå eventuel erosion af bunden ved udledninger fra tunnelen.

Udledning af vand fra ekstremregnhændelser via Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil for ingen af de undersøgte alternativer forværre vandområdets økologiske potentiale eller kemiske tilstand eller hindre målopfyldelse i forhold til målsætningerne i vandområdeplanen for vandområdet "København Havn" eller nærliggende vandområder.

Det vurderes derfor, at miljøpåvirkningerne for både alternativ A og B i vandområdet i driftsfasen vil være **ubetydelige**.

Ved afledning af tunnelens magasinvolumen til helt eller delvist til kloak vil der ske en reduktion i den samlede udledte vandmængde ved ekstremregnhændelser og en tilsvarende reduktion i tilførslen af næringsstoffer og miljøfarlige stoffer til vandområdet "København Havn", hvilket vurderes at være en **positiv** påvirkning.

Det vurderes ligeledes, at driften af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ikke vil medføre skadelige eller væsentlige påvirkninger af udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område nr. 143, uanset hvilket alternativ, der vælges.

2.13 Grundvand og drikkevand

I forbindelse med etablering af de tre skakte/byggegruber er det nødvendigt at bortpumpe grundvand under byggegruberne til forventeligt 0,5 - 1 m under udgravningsniveau for at tørholde byggegruben og sikre mod opdrift.

Modellering af grundvandsforholdene for hver af de tre skakte viser, at det er meget begrænsede vandmængder, der skal håndteres i anlægsfasen, og der forventes på den baggrund ikke at skulle foretages egentlig grundvandssænkning i forbindelse med tunneleringen. Tunnelering udføres med lukket front, hvorved jord og vandtryk holdes i balance i brefronten. Kun ved tilkobling til bygværkerne vil der forekomme kortvarige perioder, hvor indtrængende vand skal bortledes.

Forud for gravearbejdets begyndelse etableres en tæt sekantpæleindfatning omkring byggegruben. Sekantpælenes dybde bestemmes dels ud fra et krav om at sikre geoteknisk stabilitet, dels med det formål at nå ned til et niveau, der afskærer for indstrømning fra grundvand i kalkan, hvormed den mængde grundvand, der skal håndteres, minimeres. Den tætte indfatning sikrer, at grundvandssænkningen uden for indfatningsvæggen/skakten er så lille, at der ikke er

risiko for sætningsskader på bygninger eller mobilisering af eksisterende grundvandsforureninger.

Der sigtes mod at opretholde et niveau for grundvandsspejlet uden for skakten, som ligger inden for det naturligt forekommende vandspejl. Tæt på byggegruben kan der normalt accepteres lidt lavere grundvandsstand.

Det vurderes at påvirkningen af grundvand og afledte effekter heraf er **ubetydelige**.

Hvis grundvandssænkningen uden for skaktene mod forventning viser sig at være uacceptabel, kan det blive nødvendigt at foretage reinfiltration af det oppumpede grundvand uden for skakten.

Det kan vise sig nødvendigt at foretage rensning af såvel grundvand og vand fra byggegruben før udledning til kloak. Rensning kan omfatte sedimenteringsbassin, olieudskiller, sandfilter og eventuelt kulfilter eller andre avancerede teknikker. Krav til indhold i det til kloak afledte vand fastsættes af miljømyndigheden.

2.14 Kulturarv

Der er en række fredede og bevaringsværdige bygninger nær skaktene og langs tunnelens tracé, som potentielt kan påvirkes af anlægsaktiviteterne i forbindelse med arbejdet med Kalvebod Brygge Skybrudstunnel.

Nedbringning af spuns ved tilslutningsbygværkerne medfører risiko for overskridelse af de vejledende grænseværdier for bygningsskadelige vibrationer ved beboelsesejendommene Vodroffsvej 2 og 5, der hhv. er en fredet bygning og en bygning med bevaringsværdi 3 beliggende umiddelbart nord for byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø. Det vurderes nødvendigt, at vibrationspåvirkningen overvåges i perioder, hvor der udføres arbejde, der medfører risiko for bygningsskadelige vibrationer. Der er ikke risiko for overskridelse af grænseværdier for bygnings-skadelige vibrationer ved øvrige fredede eller bevaringsværdige bygninger.



Figur 2.10: Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø og de nærliggende ejendomme Vodroffsvej 2, der er fredet og Vodroffsvej 5, der er bevaringsværdig.

Det er vurderet, at bygninger langs selve tunnelen ikke påvirkes af anlægsarbejderne på grund af dybden af tunneleringen.

Samlet set vurderes påvirkningen af fredede og bevaringsværdige bygninger i form af risiko for bygningsskader i forbindelse med anlægsarbejder på byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø som

moderat. Risikoen for bygningsskader som følge af vibrationspåvirkninger ved Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge vurderes som **ubetydelig**.

2.15 Materielle goder

Byggepladserne kan i en begrænset periode medføre begrænsninger i adgangsforhold for nogle erhvervsdrivende, medføre støj- og vibrationsgener samt påvirke den sociale struktur i nærområdet. Ved valg af anlægsmetode for tunnelen og placering af byggepladserne er der taget mest muligt hensyn til at imødekomme disse udfordringer, således at gener for de erhvervsdrivende og den sociale struktur i projektområdet nedbringes.

Specielt de særligt støjende arbejder vil medføre støjgener ved de nærmeste erhvervsdrivende i dagtimerne. Støjen fra spunsning er begrænset ved anvendelse af støjsvag spunsning (silent piling) ved midlertidig opfyldning i havnen ved Kalvebod Brygge. De oplevede gener ved støjen kan ved alle tre byggepladser reduceres ved god information til virksomhederne om tidspunkter og varighed af støjen. På den baggrund vurderes støjgenerne at medføre en mindre påvirkning af de materielle goder.

Vibrationspåvirkningen på enkelte bygninger ved hver af de tre byggepladser overvåges under arbejdsprocesser, der medfører risiko for bygningsskadelige vibrationer, for dermed at minimere eller afværge skader. På den baggrund vurderes risikoen for bygningsskadelige vibrationer på et begrænset antal ejendomme ved enkelte korterevarende arbejdsprocesser at medføre en **mindre** påvirkning af de materielle goder.

Der kan i perioder være rift om p-pladserne i områderne for de tre byggepladser, men ud fra antallet af p-pladser i området vurderes den midlertidige nedlæggelse af et mindre antal p-pladser ved hver af de tre byggepladser at have en **mindre** påvirkning på de materielle goder.

Omkring byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej bliver passagerne for fodgængere og cyklister forholdsvis smalle og "lukkede" mellem bygningsfacader og byggepladshegn, hvilket kan skabe utryghed i forhold til det sociale liv omkring Halmtorvet. For at minimere påvirkningen opsættes tryghedsskabende belysning på byggepladshegnet for disse passager. Udendørsfaciliteter for særligt udsatte beboere i området håndteres senere i processen i dialog med Københavns Kommune, Vesterbro lokaludvalg og øvrige interessenter.

Påvirkning af udeservering ved Skt. Jørgens Sø og ved Halmtorvet/Gasværksvej kan være væsentlig for den enkelte virksomhed, men overordnet set vurderes det med valget af anlægsmetode for tunnelen, placering af byggepladserne i forhold til adgangsforhold og med en CRM-proces for krydsningen af Metro-tunnellerne og jernbanen, at projektet vil have en **mindre** påvirkning af de materielle goder i projektområdet.

Ud over en **positiv** påvirkning af ejendomme ved oversvømmelseshændelser vurderes, at der **ingen** påvirkninger er af materielle goder i området som følge af driften af skybrudstunnelen.

2.16 Jord

2.16.1 Jord- og grundvandsforurening

Området for den kommende skybrudstunnel har igennem en lang årrække været anvendt til industrielle formål. I området med den tætte boligbebyggelse på den nordlige del af kommende tunnelstrækning har der tidligere ligget en lang række mindre virksomheder, som fandtes i baghuse, kældre og butikslokaler. Disse typer af virksomheder har typisk givet anledning til forurening med oliestoffer, tungmetaller, kulbrinter og klorerede opløsningsmidler. Derudover lå Vestre Gasværk i perioden 1957-1927 i det område, som i dag benævnes Kødbyen, og havde en tilhørende havn til losning af kul. Gasværker har typisk givet anledning til forurening med lette kulbrinter såsom benzen, toluen, ethylbenzen, xylener og naphthalen (BTXN), samt

tjærestoffer, phenoler, cyanid og oliestoffer. Typen af de tidligere aktiviteter i området langs tunneltracéet har således erfaringsmæssigt ofte medført forurening af jorden og grundvandet.

Der skal håndteres og bortskaffes store mængder opgravet jord fra etablering af skakte/bygværker og tunnelmuck fra boring af tunnelstrækninger. Flere steder er der påvist forurening af jorden og grundvandet, hvilket potentielt kan have betydning for omgivelserne.

Inden for den planlagte tunnelstrækning er der generelt fundet lav eller ingen forurening i jordprøver udtaget i dybden for kommende tunneltracé. Prøver taget i den sydligere del af Kødbyen viser tegn på, at der er sket en nedsivning af forurening med benzen, naphthalen og kulbrinter. Ud fra prøver i området vurderes forureningen at være afgrænset til umiddelbart over tunneltracé, men det kan ikke udelukkes, at der også forekommer forurening i jorden/kalken i tunnelniveau. Terrænnær fyldjord kan generelt forventes at være lettere forurenede med tungmetaller, PAH og kulbrinter, og aktuelle jordprøver har vist forurening med bly og kulbrinter. Sedimentet i havnen er forurenede med kulbrinter, PAH og tungmetaller.

Prøver af grundvandet viser varierende indhold af forurening, fra forureningsfrit til kraftig forurening med kulbrinter, benzen og naphthalen. Særligt under den sydligere del af Kødbyen forekommer der kraftig forurening med benzen, naphthalen og kulbrinter, men også på andre relativt afgrænsede strækninger er der påvist kraftig eller moderat forurening med kulbrinter i tunneldybden.

2.16.2 Jordhåndtering

Ved etablering af de tre skakte og tunnelstrækningen forventes, at der samlet skal opgraves/udbores og håndteres omkring 31.500 m³ eller ca. 60.000 ton materiale (jord og kalk), hvoraf det hele skal bortskaffes. Dertil kommer, at der til etablering af byggepladsen i havnen ved Kalvebod Brygge skal anvendes ca. 12.800 m³ ren jord/sand, som tilføres udefra. Opfyldningen er midlertidig, og ved projektets afslutning fjernes de tilførte materialer igen. Samlet set skal der således håndteres omtrent 44.500 m³ (svarende til ca. 84.000 ton) jord/sand/kalk i projektet.

Forureningsundersøgelser ved de kommende skakte viste ikke tegn på kraftig jordforurening. Forud for etablering af skaktene vil der blive udført en vurdering og nødvendig forklassificering af den jord, som skal opgraves, og der udarbejdes en jordhåndteringsplan, som skal godkendes af kommunerne.

Tunnelmucks forureningsgrad vil ikke være kendt, når den udbores, men forureningsundersøgelserne indikerer, at forureningsniveauerne i jorden er relativt lave og at noget af det udborede materiale vil være forurenede med særligt BTEXN og kulbrinter omkring Vestre Gasværk (ved skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej). Derfor forventes det, at udboret materiale kan bortskaffes direkte til slutdepot afhængigt af forureningsgrad. Omkring Vestre Gasværk (ved skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej) vil jorden/mucken formentlig skulle til klasse 2-3 depot og resten kan formentlig bortskaffes til renjordsdepot.

Jordhåndteringen vil være omfattet af jordflytningsbekendtgørelsen [10], så jordflytningen skal anmeldes til kommunen, og jordens forureningsgrad skal dokumenteres.

Ved håndtering af jord og tunnelmuck sikres det, at eventuel forurenede jord ikke spredes via jordstøv eller spild. Der forventes således **ingen** påvirkning af miljøet i forhold til direkte håndtering af opgravet jord og tunnelmuck.

Ved etablering af skakte og boring af tunnelstrækningerne vil der blive fjernet forurenede jord og grundvand, men set i forhold til den forurening, som efterlades, er fjernelsen kun en lokal og **mindre/ubetydelig** miljøforbedring.

2.16.3 Øvrig forurening

Forud for anlægsarbejderne vil der blive udarbejdet en beredskabsplan for håndtering og begrænsning af spild af kemikalier og brændstof, der kan forurene jord og grundvand med udgangspunkt i HOFORs generelle miljøkrav [11] til anlægsarbejder, som entreprenørerne er forpligtet til at overholde.

Såfremt der opstår forurening vil myndighederne blive kontaktet, og med de foreskrevne krav til tanke mv, samt en hurtig og effektiv indsats i tilfælde af spild vurderes der kun at være mindre risiko for jordforureninger. Selve anlægsarbejderne forventes ikke at give anledning til risiko for væsentlig forurening af jorden og påvirkningen vurderes på den baggrund at være ubetydelig.

2.17 Materialer og affald

2.18 Materialer

I anlægsfasen forbruges en række materialer og produkter, hvor det væsentligste ressourceforbrug til anlægsarbejdet er opgjort til ca. 12.000 m³ beton til etablering af skakter samt til selve tunnelkonstruktionen, ca. 1.700 tons stål til armering af betonkonstruktionerne samt til spuns vægge og ca. 12.000 m³ sand til opfyldning af den midlertidige byggeplads. Det forventede ressourceforbrug at være i en størrelsesorden, der ikke vil medføre forsyningsproblemer i forbindelse med anlægsarbejderne eller medfører væsentlige påvirkninger af den nationale råstofressource.

Materialevalget vil være i overensstemmelse med HOFORs miljøpolitik.

I forbindelse med anlægsarbejder anvendes en række forskellige kemiske produkter. Brug af produkterne vil medføre en risiko for påvirkning af jorden og ikke mindst grundvandsmagasinet, fordi de indeholder eller kan indeholde kemiske produkter. Eventuelle miljøproblemer skal forebygges ved hensigtsmæssigt produktvalg (BAT). Entreprenøren skal altid indhente en tilladelse fra myndighederne efter §19 i miljøbeskyttelsesloven ved anvendelse af potentielt forurenende stoffer og produkter, der tilføres undergrunden.

Bygherres erfaring fra tilsvarende tunneleringsprojekter i bl.a. København er, at der findes egnede kemikalier og produkter, der muliggør, at arbejdet kan gennemføres uden risiko for væsentlig forurening af jord og grundvand. Dermed vurderes påvirkningen af miljøet som **mindre**.

2.19 Affald

I forbindelse med anlæg af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel forventes der produceret affald og materialer som skal bortskaffes, bl.a. materialer fra etablering af skakte og udboring af tunnel samt fra nedbrydning af konstruktioner og belægnings, herunder kajanlæg ved Kalvebod Brygge.

Affaldet vil i videst muligt omfang blive genanvendt, enten i projektet eller det transporteres til et godkendt modtageanlæg med henblik på genanvendelse. Affald, der ikke kan genanvendes, bortskaffes til forbrænding, deponi eller specialbehandling iht. sorteringskrav og anvisning til behandling som angivet i affaldsbekendtgørelsen og Københavns og Frederiksbergs Kommunes erhvervsaffaldsregulativer og vejledninger.

Det vurderes, at den totale mængde af affald fra projektet udgør en ubetydelig del af den samlede mængde bygge- og anlægsaffald i Danmark, og gældende regler for affaldshåndtering og kommunernes erhvervsaffaldsregulativer vil blive overholdt i projektet. Dermed vurderes, at påvirkningen på miljøet i forbindelse med håndtering og bortskaffelse af affald er **mindre**.

2.20 Kumulative effekter

Det forventes, at Kalvebod Skybrudstunnel vil blive anlagt i perioden fra foråret 2021 og 4 år frem. Tidsplanen er endnu ikke endeligt fastlagt og kan ændre sig. Det kan have betydning for vurdering af de kumulative effekter, hvor samtidighed mellem flere anlægsprojekter har betydning. Tidsplanen for øvrige anlægsprojekter kan ligeledes ændre sig.

I forhold til trafik kan byggeriet af en ny skole på hjørnet af Skelbækgade og Ingerslevgade med forventet afslutning i 2022 og byggeriet af metrostationen Havneholmen ved sydgavlen af Fisketorvet og udbygningen Fisketorvet medføre mindre kumulative effekter i forhold til trafik hhv. ved Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge. De helt konkrete kumulative effekter vil afhænge af den detaljerede planlægning af tidsplanerne for de forskellige byggerier.

Der er løbende store bygge- og anlægsprojekter i Hovedstadsområdet, og disse vil - ligesom Kalvebod Brygge Skybrudstunnel - også generere store mængder overskudsjord, som skal bortskaffes. HOFOR vil sikre en fornuftigt jordhåndtering gennem leverandøraftaler med jordmodtagere. Det vurderes bl.a. at være muligt at bortskaffe overskudsmaterialerne i forbindelse med flere større opfyldningsprojekter i Københavnsområdet.

2.21 Opsamling

I Figur 2.11 ses en opsummering af graden af de miljøpåvirkninger, der er identificeret og vurderet i nærværende miljøundersøgelse inden for de emner og faser af projektet som myndighederne i deres afgrænsning af opgaven har fundet relevante.

Miljøtema	Fase	Påvirkningsgrad		
		Skt. Jørgens Sø	Halmtorvet/ Gasværksvej	Kalvebod Brygge
Trafik	Anlæg	ubetydelig	mindre	ubetydelig
Støj	Anlæg	moderat	moderat	mindre
	Drift			ubetydelig
Vibrationer	Anlæg: bygningsskade	moderat	moderat	moderat
	Anlæg: komfort	mindre	mindre	mindre
Luft	Anlæg	ubetydelig		mindre
	Drift	ubetydelig	ubetydelig	
Friluftsliv og rekreative interesser	Anlæg	ingen	mindre	mindre
	Drift			ubetydelig
Landskab og visuelle forhold	Drift			mindre
Mennesker og sundhed	Anlæg	ubetydelig	ubetydelig	ubetydelig
	Drift	ubetydelig	ubetydelig	ubetydelig
Overfladevand og vandkvalitet	Anlæg			Ubetydelig
	Drift (tunnelvol. til kloak)			positiv
	Drift (tunnelvol. til havn)			Ingen
Grundvand og drikkevand	Anlæg	ubetydelig	ubetydelig	ubetydelig
Kulturarv	Anlæg	moderat	ubetydelig	ubetydelig
Materielle goder	Anlæg	mindre	mindre	mindre
	Drift	positiv	positiv	positiv
Jord	Anlæg	ubetydelig	ubetydelig	ubetydelig
	Drift	ingen	ingen	ingen
Materialer og affald	Materialer	mindre	mindre	mindre
	Affald - anlæg	mindre	mindre	mindre
	Affald - drift	ubetydelig	ubetydelig	ubetydelig

Figur 2.11: Samlet vurdering af påvirkning for de enkelte miljøforhold er angivet. Samlet påvirkning er angivet med moderat=orange, mindre=gul, ubetydelig=grå, ingen påvirkning=hvid og positiv=grøn, skraveret=ikke relevant.

3 Miljøvurderingsprocessen

Reglerne for miljøvurdering (Vurdering af Virkningen på Miljøet) fremgår af Miljøvurderingsloven, der sikrer, at der inden gennemførelse af anlægsprojekter, der kan have en væsentlig påvirkning på miljøet, gennemføres en miljøvurdering før bygherren får tilladelse til at påbegynde projektet.

Formålet med miljøvurderingen er:

- at undersøge de mulige miljøpåvirkninger, inden anlæg af skybrudstunnelen besluttet
- at sammenligne alternativer
- at miljøoptimere projektet for at undgå væsentlige påvirkninger og at mindske eller kompensere for de miljøpåvirkninger, der ikke kan undgås (de såkaldte afværgeforanstaltninger)
- at inddrage offentligheden/borgere i beslutningsprocessen.

Miljøvurderingsprocessen stiller krav om udarbejdelsen af en miljøkonsekvensrapport for projektets forventede, væsentlige påvirkninger af miljøet. Miljøkonsekvensrapporten skal udarbejdes og i offentlig høring, inden bygherren kan få tilladelse til at påbegynde projektet.

Formålet med miljøvurdering af projekter er, at der under inddragelse af offentligheden tages hensyn til projektets sandsynlige, væsentlige indvirkning på miljøet, herunder den biologiske mangfoldighed, befolkning, menneskers sundhed, flora, fauna, jordbund, jordarealer, vand, luft, klimatiske faktorer, materielle goder, ressourceeffektivitet og det indbyrdes forhold mellem disse faktorer.

Miljøkonsekvensrapporten belyser de væsentlige miljøkonsekvenser og gør det muligt på den baggrund at stille vilkår til projektets udformning, så negative miljøkonsekvenser så vidt muligt undgås. Dermed er det muligt at få overvejelser om miljø ind i den politiske beslutningsproces og få reduceret miljøpåvirkningen.

Miljøkonsekvensrapporten skal indeholde en beskrivelse af projektet med oplysninger om projektets placering, udformning, dimensioner og andre relevante særkender. Derudover skal der indgå en beskrivelse af projektets forventede væsentlige indvirkninger på miljøet, herunder direkte, indirekte, sekundære, kumulative, grænseoverskridende, kort-, mellem- og langsigtede, vedvarende og midlertidige samt positive og negative virkninger. De foranstaltninger, der påtænkes truffet for at undgå, forebygge eller begrænse og om muligt neutralisere forventede væsentlige skadelige indvirkninger på miljøet beskrives. Rapporten skal ligeledes indeholde en beskrivelse af de rimelige alternativer, som bygherren har undersøgt og som er relevante for projektet og dets særlige karakteristika, og en angivelse af hovedårsagerne til den valgte løsning under hensyntagen til projektets indvirkninger på miljøet.

Miljøkonsekvensrapporten vil blive fremlagt i offentlig høring i otte uger, så der kan sikres en offentlig debat om projektet. Efter den offentlige høring vil VVM-myndighederne behandle de indkomne høringssvar og offentliggøre dem i et høringsnotat/hvidbog sammen med myndighedernes bemærkninger til disse. Hvidbogen indgår som baggrund for myndighedernes beslutning om en §25-tilladelse efter miljøvurderingsloven til projektet.

Da Kalvebod Brygge Skybrudstunnel dels anlægges på land i Københavns og Frederiksberg Kommuner og dels i Københavns Havn er der tre VVM-myndigheder for projektet hhv. Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune jf. Miljøvurderingsloven [4] og Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen jf. lovgivning om VVM vedrørende Københavns Havn [5], se også afsnit 7.2.1.

3.1.1 Afgrænsning af indhold i miljøkonsekvensrapporten

Afgrænsning af miljøkonsekvensrapporten skal fastlægge, hvilke emner der skal indgå i miljøkonsekvensrapporten for at sikre, at alle væsentlige miljøaspekter ved projektet bliver beskrevet og vurderet. Afgrænsningen har således til formål at identificere de aspekter af projektet,

som har betydning for miljøet, naboer, miljøorganisationer og myndigheder. Afgrænsningen af miljøkonsekvensrapporten hjælper således navnlig til

- at fokusere beskrivelserne og vurderingerne til de forventede væsentlige indvirkninger
- at afklare, hvilke afhjælpende foranstaltninger, der i givet fald skal foretages
- at afklare, hvilke oplysninger og undersøgelser der udestår eller skal opdateres
- at afklare, hvilken metode der benyttes til miljøvurderingerne
- at afklare, hvilke alternativer, der skal belyses.

Med Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM) [4] er det intentionen, at afgrænsningsfasen kan anvendes til at fravælge emner, hvor det på forhånd kan afvises, at projektet vil medføre væsentlige påvirkninger.

Krav til afgrænsningen fremgår af miljøvurderingslovens § 23. Som en del af processen med afgrænsning har offentligheden og berørte myndigheder mulighed for at komme med input.

VVM-myndighederne har i perioden fra 5. december 2018 til 4. januar 2019 hørt offentligheden om afgrænsning af miljøkonsekvensrapporten. I høringen indkom høringssvar fra Vesterbro Lokaludvalg, Metroselskabet, virksomheden inco København A/S i Kødbyen samt Banedanmark.

Parallelt med høring af offentligheden har VVM-myndighederne hørt berørte myndigheder. Der er indkommet bemærkninger fra Københavns Kommunes miljømyndigheder for hhv. grundvand, overfladevand, jord, støj og luftforurening. Der er ikke kommet høringssvar fra eksterne myndigheder i denne høring.

Københavns og Frederiksberg Kommuner, samt Trafik, Bygge- og Boligstyrelsen har den 21. Februar 2019 fremsendt: Udtalelse fra VVM-myndighederne om afgrænsning af indhold i miljøkonsekvensrapport for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel [12].

Miljøkonsekvensrapporten skal omfatte indhold iht. miljøvurderingslovens § 20 samt indeholde og undersøge de miljøforhold med de metoder og den detaljeringsgrad der fremgår af afgrænsningsnotat af 22. nov. 2018 [13].

Som det fremgår nedenfor, er det vurderet, at følgende emner skal medtages i miljøvurderingen, da det ikke uden en nærmere vurdering eller tilpasning af projektet /etablering af afværgeforanstaltninger kan afvises, at der vil være en væsentlig påvirkning af miljøet:

Anlægsfasen:

- trafik og trafikafvikling
- rekreative interesser ved Havneringen, Skt. Jørgens sø og Halmtorvet (basketballbane) samt rekreativt brug af havnen
- støj og vibrationer fra anlæg af skakte og bygværker og drift af tunnelarbejdspladser
- luftforurening fra anlægsaktiviteter med fokus på mulighederne for at nedbringe dem
- emissioner ved håndtering af forurennet jord
- grundvand og drikkevandsinteresser (ved tunnelboring)
- overfladevand (ophvirvling af sediment ved anlægsaktiviteter i havnen)
- jord og jordforurening (håndtering af forurennet jord)
- materielle goder ift. infrastruktur og ændrede adgangsforhold for erhvervsdrivende

Driftsfasen:

- visuelle forhold ved etablering af pumpestation
- støj fra drift af pumpestationen

- overfladevand, med vurdering i forhold til vandområdeplanerne samt påvirkning af badevandskvalitet
- materielle goder ift. påvirkning af værdier ved oversvømmelser

Samtidig er det vurderet, at følgende emner kan fravælges (scopes ud): lys, varme, stråling, klima, biodiversitet, arkæologi, landskab. projektets sårbarhed samt grænseoverskridende påvirkninger idet det er vurderet, at der ikke er potentielt væsentlige miljøpåvirkninger forbundet hermed.

I forhold til vurdering af vibrationspåvirkninger er der efter udarbejdelse af afgrænsningsnotatet, der ligger som bilag til myndighedernes screeningsafgørelse, foretaget et metodeskift fra beregning af vibrationer til i stedet at foretage vurderingerne på baggrund af erfaringstal. Dette vurderes at være mest hensigtsmæssigt, da der ikke opnås et mere præcist omfang af vibrationspåvirkningerne ved beregninger. Se yderligere i kapitel 10 om vibrationer.

3.2 Metode

I dette afsnit beskrives overordnet, hvordan miljøvurderingerne gennemføres. Metode og omfang af miljøvurderingerne for de enkelte emner beskrives detaljeret under hvert fagemne herunder, hvordan kortlægning af eksisterende forhold er udført, om der er udført feltundersøgelser, hvordan eksisterende data er indsamlet samt en beskrivelse af, hvilke principper miljøvurderingen er baseret på.

Miljøvurderingerne gennemføres i henhold til miljøvurderingslovens regler og således, at de lever op til EU's Fugle- og Habitatdirektiver, Vandrammedirektivet og det danske lov- og regelgrundlag. Der er anvendt en metodik, som sikrer, at vurdering af miljøpåvirkningerne er baseret på specifikke termer for at øge gennemsigtigheden af de udførte miljøvurderinger.

Metoden kan anvendes, hvor der ikke er lovbestemte krav (fx grænseværdier).

Metoden anvendes generelt i miljøvurderingen for plan- og miljøforhold. Dog skal metoden undervejs sammenholdes med de forskellige perspektiver, som en miljøpåvirkning kan ses i. En lokal påvirkning, der rammer få enkeltpersoner, vil ofte opleves meget væsentlig af dem, det går ud over, selvom påvirkningen vurderes mindre eller ubetydelig i et større perspektiv. Metoden skal i disse situationer anvendes, så påvirkninger belyses i både lokalt perspektiv og i et større perspektiv i forhold til samfundsinteresser.

Miljøvurderingerne er foretaget på baggrund af projektforslaget, der overordnet fremgår af projekt- og anlægsbeskrivelsen i kapitlerne 4 og 5. Projektet omfatter etablering og drift af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Der er undersøgt én løsning for linjeføring og anlæg af skybrudstunnel og 2 alternativer for drift af tunnelen (se kapitel 6).

3.2.1 Kortlægning

Kortlægning af de eksisterende forhold og vurdering af det samlede projekts miljøpåvirkninger er foregået inden for et undersøgelsesområde, hvis udstrækning varierer afhængig af, hvilket emne der miljøvurderes. Undersøgelsesområdet omfatter således de arealer, der vurderes, at kunne blive påvirket af det samlede projekts påvirkninger på land og til vands.

Der kan være associerede eksterne aktiviteter med tilknytning til projektet, såsom produktion af beton og asfalt eller indvinding af råstoffer fra etablerede virksomheder og råstofgrave. Det er i miljøvurderingen forudsat, at disse aktiviteter allerede er miljøgodkendt til formålet eller har en gældende tilladelse, hvorfor miljøvurdering af beton- og asfaltproduktion samt råstofindvinding ikke indgår i miljøkonsekvensrapporten.

3.2.2 Metode ved miljøvurdering

Vurderingerne af miljøpåvirkninger sigter mod at identificere og evaluere signifikante effekter, som har en stor sandsynlighed for at ske. Vurderingerne fokuserer på de miljøpåvirkninger, der identificeres som væsentlige effekter, og mindre på miljøpåvirkninger, som vurderes ikke at være væsentlige. En påvirkning kan være enten positiv eller negativ.

Metoden tager udgangspunkt i kriterierne i EUs VVM-direktiv (Europa-Parlamentet og Rådet, 2011), som er implementeret i dansk lovgivning herunder Miljøvurderingsloven.

Vurderingsmetoden har til formål dels at sikre, at vurderingerne af projektets påvirkninger på omgivelserne baseres på specifikke termer og dels at øge gennemsigtigheden af de udførte miljøvurderinger. Formålet er desuden at foreslå mulige afværgeforanstaltninger og at opgøre de resterende miljøpåvirkninger som grundlag for myndighedernes vedtagelse af eller afslag til projektet.

Metoden kan ikke stå alene, idet den ikke kan forudsige det eksakte omfang af en miljøpåvirkning eller -ændring i alle situationer og erstatter ikke faglig viden og projektspecifikke vurderinger.

Vurdering af påvirkningsgrad

Vurderingen af væsentligheden af en miljøpåvirkning ses i sammenhæng med anlæggets karakteristika (herunder kumulation med andre projekter) og placering samt kendetegn ved den potentielle miljøpåvirkning – både direkte og indirekte – og under hensyn til virkningsgrad og kompleksitet, sandsynlighed samt varighed, hyppighed og reversibilitet.

Ved således at kombinere viden om projektets virkninger med vigtigheden for en given receptor/recipient kan påvirkningsgraden af en aktivitet på fx grundvand bestemmes til at være omfattende, moderat, mindre, ubetydelig eller neutral (Tabel 3.1). En påvirkning kan også være positiv. Den vurderede påvirkningsgrad er i nærværende rapport markeret med **fed** skrifttype i teksten.

Tabel 3.1 Oversigt over påvirkningsgrad, eksempel på effekter og afværgeforanstaltninger

Påvirkningsgrad	Eksempler på effekter	Afværgeforanstaltninger
Omfattende/væsentlig påvirkning	Der forekommer påvirkninger, som har et stort omfang og/eller langvarig karakter, er hyppigt forekommende eller sandsynlige, og der vil være mulighed for irreversible skader i betydeligt omfang.	Påvirkning der anses for så alvorlig, at man bør overveje at ændre projektet eller gennemføre afværgeforanstaltninger for at mindske denne påvirkning.
Moderat påvirkning	Der forekommer påvirkninger, som enten har et relativt stort omfang eller langvarig karakter (fx i hele anlæggets levetid), sker med tilbagevendende hyppighed eller er relativt sandsynlige og måske kan give visse irreversible, men helt lokale skader på eksempelvis bevaringsværdige kultur- eller naturelementer.	Påvirkning af en grad, hvor afværgeforanstaltninger overvejes.
Mindre påvirkning	Der forekommer påvirkninger, som kan have et vist omfang eller kompleksitet, en vis varighed ud over helt kortvarige effekter, og som har en vis sandsynlighed for at indtræde, men med stor sandsynlighed ikke medfører irreversible skader.	Påvirkning af en grad, hvor det er usandsynligt, at afværgeforanstaltninger er nødvendige.
Ubetydelig påvirkning og neutral / ingen påvirkning	Der forekommer småpåvirkninger, som er lokalt afgrænsede, ukomplicerede, kortvarige eller uden langtidseffekt og helt uden irreversible effekter. Eller der forekommer ingen påvirkning i forhold til eksisterende forhold/referencescenariet.	Påvirkninger der anses for så små, at de ikke er relevante at tage højde for ved implementering af projektet.

For at bestemme påvirkningsgraden kan anvendes erfaringer, eksisterende viden, modellering og sund fornuft. Vurderingerne af projektet er baseret på ovennævnte, men udbygget med principperne i en metode, der kombinerer faktorer for forskellige kriterier, som sættes op i en matrix, der på den måde leder frem til en påvirkningsgrad.

I metoden indgår kriterier for:

- Grad af forstyrrelse
- Vigtighed
- Sandsynlighed
- Varighed

Graden af forstyrrelse bestemmes til at være høj, middel eller lav i forhold til, hvor stor en ændring projektet vil medføre på de forskellige miljøparametre i forhold til den nuværende situation eller referencescenariet. I vurderingerne indgår påvirkningens geografiske udstrækning, men ikke de øvrige parametre i vurderingsmetoden.

Vigtigheden af en påvirkning vurderes i forhold til om den omfatter internationale interesser (fx grænseoverskridende aktiviteter, nationale eller regionale interesser, lokale interesser, eller hvorvidt den er ubetydelig/ikke vigtig).

Sandsynligheden for, at en påvirkning opstår, vurderes høj for alle de påvirkninger, som med sikkerhed vil forekomme (>75 %); middel for påvirkninger, der forekommer i bestemte situationer, fx vejrforhold (25-75 %); lav ved påvirkninger, hvor sandsynlighed for at forekomme er mindre end 25 %.

Varighed af virkningen bestemmes som en permanent påvirkning, hvis denne varer mere end 5 år eller omfatter irreversible påvirkninger; som midlertidig påvirkning, hvis påvirkningen varer 1-5 år og som kortvarig påvirkning, når den varer mindre end et år.

Ved at kombinere disse fire faktorer nås frem til påvirkningsgraden.

Vurderingerne er udført på baggrund af de afværgeforanstaltninger, der oprindeligt er foreslået indarbejdet i projektet. Hvis vurderingen resulterer i en påvirkningsgrad, der er omfattende (eller moderat) se Tabel 3.1, er der foreslået supplerende afværgeforanstaltninger, og der er foretaget en ny vurdering af påvirkningen med de foreslåede afværgeforanstaltninger for at se, om de er tilstrækkelige til at reducere påvirkningen. I princippet gentages denne proces, indtil der er fundet de tilstrækkelige afværgetiltag, hvis det er muligt.

Det er vigtigt at understrege, at der er tale om et skøn af den sandsynlige påvirkningsgrad, og at metoden aldrig kan stå alene. Det er ikke muligt at etablere en metode, hvor påvirkningsgraden altid kan forudsiges, når metoden skal dække miljøvurderinger inden for alle relevante emner. Metoden kan ikke erstatte de faglige og projektspecifikke vurderinger, og derfor skal miljøvurderingerne foretages på baggrund af faglig indsigt og med en fyldestgørende argumentation.

4 Projektbeskrivelse

4.1 Linjeføring og udformning

Skybrudsledningen etableres fra Skt. Jørgens Sø til Kalvebod Brygge med udløb i Københavns Havn ved Kalvebod Brygge, se figur 4.1.

Det eksisterende kloaknet tilsluttes skybrudstunnelen via tilslutningsbygværker. Der etableres et tilslutningsbygværk ved Skt. Jørgens Sø, hvor skybrudsvandet fra Frederiksberg modtages via den eksisterende hovedledning. Tilsvarende etableres et tilslutningsbygværk ved krydset Halmtorvet/Gasværksvej, hvor den eksisterende bassinledning i Sønder Boulevard/Halmtorvet tilsluttes skybrudstunnelen. Dertil kommer tilslutning af de planlagte skybrudsveje i Gasværksvej og Halmtorvet. Tilslutningsbygværket etableres under terræn i beton, men vil af hensyn til adgang og service af spjældinstallationer have adgangsdeksler synlige i terræn. Der vil desuden være behov for skabe i terræn for opbevaring af hydraulisk og elektrisk udstyr.

Ved Kalvebod Brygge etableres en pumpestation, der skal tømme skybrudsledningen for vand ud i Københavns Havn. Pumpestationen består af et underjordisk teknikanlæg med en overbygning over terræn (servicebygning).

Skybrudstunnelen, der udføres som boret tunnel med pipejacking mellem de to tilslutningsbygværker og pumpestationen, etableres ca. 15 - 20 m under terrænoverfladen i kalken. Tunnelen forventes at blive ca. 1265 m lang og følge et tracé, der går fra bygværket ved Skt. Jørgens Sø og derefter under Det ny Teater, Vesterbro Torv og Gasværksvej, Kødbyen og banearealet, for at ende ved Kalvebod Brygge 45.

Tunnelen bores som to separate tunneler, der påbegyndes hhv. fra byggepladsen ved Kalvebod Brygge og byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø, og begge tunneler ender ved byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej.

På strækningen fra Skt. Jørgens Sø til Halmtorvet/Gasværksvej er tunnelen 540 m lang og dimensioneret til en indvendig diameter på 2 m, mens tunnelrøret på strækningen fra Halmtorvet/Gasværksvej til Kalvebod Brygge er 725 m lang og etableres med indvendig diameter på 3 m.

Udløbet i selve havnen sker gennem seks dykkede udløb i kajfronten.



Figur 4.1: Oversigt over placering af skybrudstunnel og bygværkerne ved Skt. Jørgens Sø, Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge.

4.2 Drift af skybrudstunnel

4.2.1 Drift ved skybrud

Skybrudstunnelen fungerer ved, at der ved høj vandstand i spildevandssystemet, som følge af ekstremnedbørshændelser på dele af Frederiksberg omkring Vodroffsvej samt indre Vesterbro, åbnes særligt indbyggede skybrudsklapper i spildevandssystemet, så vandet i spildevandssystemet ledes direkte til tunnelen. For at få ledt skybrudsvandet ned i skybrudstunnelen og væk fra terræn, skal der etableres en forbindelse mellem det eksisterende spildevandssystem og det nye skybrudssystem. Dette sker ved etablering af tilslutningsbygværker, der etableres ved hhv. Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej i tilknytning til den eksisterende afløbsledning i hhv. Vodroffsvej og Halmtorvet. I tilslutningsbygværkerne etableres åbninger, der styres med automatiske spjæld (skybrudsklapper), der kan åbne, når vandspejlet når et kritisk niveau i terræn. Herved føres skybrudsvandet ned i tunnelen, der har en magasinkapacitet på 9.700 m³.

Når tunnelen er fyldt med vand, starter skybrudspumperne i pumpestationen og løfter vandet ud i havnebassinet via dykkede åbninger i kajfronten.

Skybrudspumpestationen omfatter seks skybrudspumper (propelpumper) hver med en kapacitet på 5,1 m³/s. Ved drift af skybrudstunnelen vil op til fire skybrudspumper være i drift samtidig. To skybrudspumper vil altid være reserve i tilfælde af driftssvigt på én af de fire skybrudspumper i drift. Således er udledningskapaciteten af skybrudspumpestationen i alt 20,4 m³/s.

Skybrudsklapperne lukker igen, når vandstanden i spildevandssystemet på Vesterbro og dele af Frederiksberg er faldet til under et ikke-kritisk niveau. Herved er der ikke længere behov for at anvende tunnelen, idet kapaciteten i spildevandssystemet nu er tilstrækkelig.

Skybrudspumperne kan tømme skybrudstunnelen ned til magasinkapaciteten. Når selve tunnelledningen skal tømmes for de ca. 9.700 m³ opmagasineret vand, træder tømmepumpestationen i kraft. Tømmepumpestationen består af to pumper, hver med en kapacitet på minimum 200 l/s. Tømmepumperne tømmer skybrudstunnelen efter regnhændelsen.

Pumperne kan tømme vandvolumenet i tunnelen ud i havnen. Tunnelen er også koblet på spildevandssystemet, hvilket også muliggør bortledning af tunnelens magasinvolumen på 9.700 m³ vand til kloak efter regnhændelserne er overstået.

Det tilstræbes i muligt omfang at tilbagepumpe bassinvolumenet helt eller delvist til spildevandssystemet. Graden af tilbageføring af vand til kloakken vil bl.a. afhænge af, hvornår der igen er kapacitet i systemet afvejet mod de hygiejniske ulemper ved længevarende opmagasinerings i tunnelen. Koblede regnhændelser kan ligeledes medføre, at det opmagasinerede vand helt eller delvist skal bortpumpes til havnen, for at skaffe ny kapacitet i tunnelen, inden der atter er kapacitet i fællesystemet.

Der vil i forbindelse med den efterfølgende ansøgning om udledningstilladelse udarbejdes en driftsstrategi, der med større detaljeringsgrad beskriver den påtænkte håndtering af tunnelvandet.

4.2.2 Renholdelse af tunnelen

Når skybrudstunnelen har været i brug, tilbageholdes der ca. 500 m³ vand i skakten ved Skt. Jørgens Sø. Når regnhændelsen er slut, og de sidste ca. 9.700 m³ i røret er pumpet ud i havnen, frigives det tilbageholdte vand i skakten, således at tunnelen gennemskyllendes og renses. Skyllevandet opsamles i skakten ved Kalvebod Brygge og pumpes sammen med det bundfældede materiale herfra via spildevandskloakken til renseanlæg med tømmepumperne. På

samme måde vil vand fra spuling af tømmeumpesump bortpumpes til spildevandssystem/renseanlæg.

Når tunnelen ikke er i drift, er forbindelsen mellem tunnel og spildevandssystemet lukket, bl.a. for at undgå lugtgener i tunnelen. Der etableres vandlås i åbningen til havnen. Der forventes derfor ikke fx skadedyrsaktivitet i tunnelen og dermed, at der ikke er behov for rengøring af tunnelen inden pumpetest.

4.2.3 Pumpetest

Da tunnelen kun træder i funktion under ekstreme regnhændelser/skybrud med en statistisk 5/10 års gentagelsesperiode, er det af sikkerhedsmæssige årsager nødvendigt at udføre testkørsel (motionering) af skybrudspumperne for at sikre, at pumperne altid er driftsklare. Skybrudspumpestationen er teknisk indrettet, så det er muligt at recirkulere pumpet vand fra skybrudspumperne tilbage til indløbskammeret i skybrudspumpestationen. Herved er det muligt at udføre testkørsel af skybrudspumperne internt i skakten. Testkørsel af skybrudspumperne udføres ved at fylde tunnelen med havnevand (i alt ca. 10.000 m³). Efter testkørslerne af alle seks skybrudspumper tømmes havvandet i tunnelen tilbage til havnen. Denne tømning foregår således kun én gang pr. testgang. Det påregnes at udføre pumpetest 3-4 gange årligt med en varighed af 6-10 timer pr. testgang.

Der vil i forbindelse med den efterfølgende ansøgning om udledningstilladelse udarbejdes en strategi for pumpetests, for bl.a. i muligt omfang at undgå gennemførelse af pumpetests på u hensigtsmæssige tidspunkter fx på badedage.

4.3 Samfundsøkonomiske effekter af anlægget.

Klimaændringer kan medføre, at ekstremnedbørshændelser bliver hyppigere, hvilket medfører forøget risiko for oversvømmelser.

I nærværende miljøvurdering undersøges konsekvenserne af idriftsættelse af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel for to scenarier: Ved en 5-års regnhændelse, hvor kapaciteten af afløbssystemet overskrides, og ved en 10-års regnhændelse, som svarer til Københavns Kommunes definition af skybrud.

Såfremt det regnvandsopblandede spildevand ikke ledes til tunnelen ved kapacitetsoverskridende regnhændelser, vil spildevandet stuve op til/over terræn, og der vil være risiko for oversvømmelser i oplandet til skybrudstunnelen.

For at afdække de mulige økonomiske konsekvenser, der er forbundet med oversvømmelserne, er der foretaget en kortlægning af de oversvømmelsestruede arealer og bygninger og denne kortlægning har dannet grundlag for den efterfølgende beregning af de potentielle skadesomkostninger.

De oversvømmelsestruede arealer i skybrudstunnelens opland omfatter veje, bygninger, infrastruktur og andre anlæg, der vil lide skade ved oversvømmelserne. Omkostningerne til udbedring af potentielle skader ved oversvømmelse af kældre i beboelsesbygninger er beregnet ud fra erfaringstal for forsikringsudbetalinger efter skybrudshændelser i København og på Frederiksberg i perioden 2006-2011. Det skal bemærkes, at forsikringsudbetalingerne ikke inkluderer de yderligere gener, som beboerne, der får deres kældre oversvømmet, desuden kan have. Det kunne fx være gener såsom eget arbejde med oprydning mv. samt den generelle utryghed oversvømmelser af ens hjem kan føre med sig.

Udover de fysiske skader på veje, bygninger, infrastruktur og andre anlæg vil der endvidere være en helbredsrisiko ved kontakt med det regnvandsopblandede spildevand som flyder op

på terræn fra kloakkerne. Kontakt med det opblandede vand uden passende beskyttelsesforanstaltninger kan indebære helbredsmæssige omkostninger, der dog ikke er vurderet nærmere i denne analyse.

Desuden kan oversvømmede veje have trafikale konsekvenser i form af forstyrrelser af bl.a. erhvervstrafik og kollektiv trafik med deraf følgende samfundsmæssige omkostninger. Disse omkostninger er heller ikke vurderet i analysen.

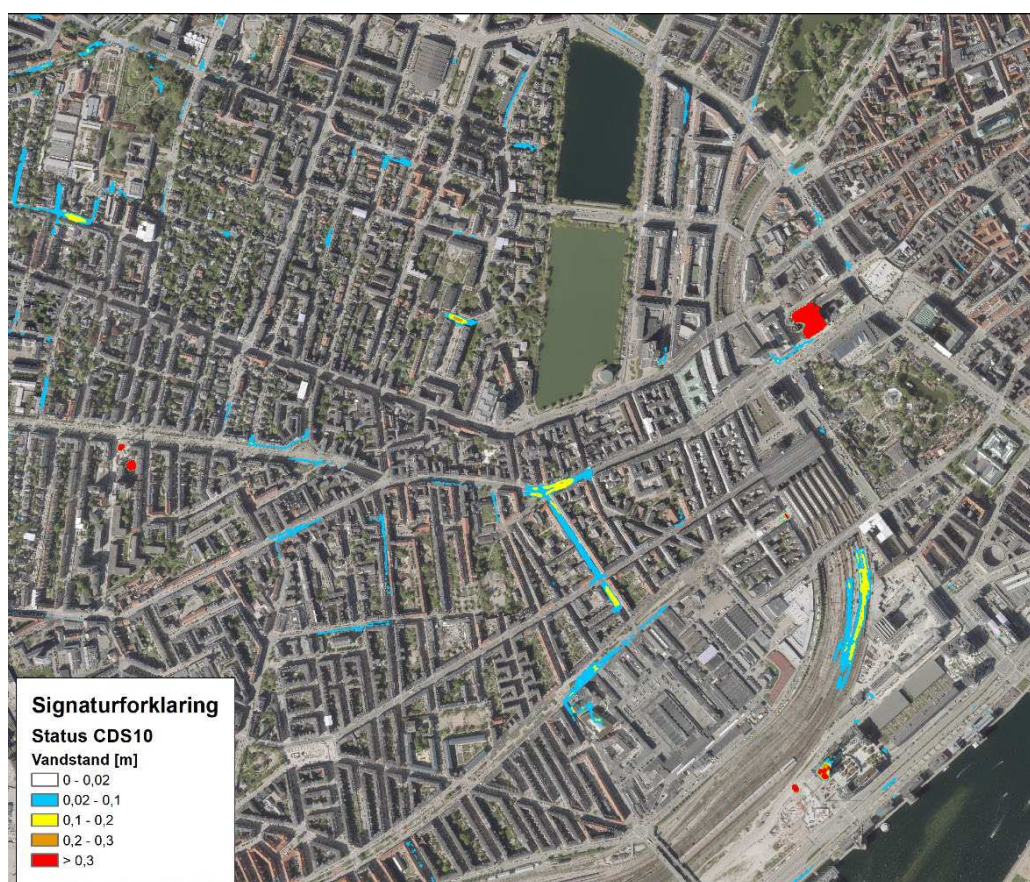
Ved at sammenholde klimadata og hydrologiske beregninger med arealdata og samfundsøkonomiske baggrundsoplysninger er det muligt at estimere konsekvenserne af oversvømmelseshændelser ved ekstremnedbør. En sådan samfundsmæssig vurdering af skader ved oversvømmelser er kompliceret at gennemføre, da det indebærer flere beregningsmodeller, ekspertiser, data og skadesfunktioner. Risikovurderinger for oversvømmelse ved ekstremnedbør er meget usikre. Usikkerhederne stammer fra klimadata, oversvømmelsesmodeller og fra data om samfundsmæssige aktiviteter og potentielle skader.

Grundet vurderingernes kompleksitet ved en opgørelse af alle oversvømmelsens konsekvenser for bygninger, infrastruktur, sundhed, erhvervsliv, særlige historiske værdier mm. er det i nærværende undersøgelse valgt alene at vurdere den del af de forsikringsdækkede skadesomkostninger, der er forbundet med oversvømmelser af kælderarealer i beboelsesejendomme i skybrudstunnelens opland. Dette er gjort gennem en kortlægning af, hvor store kælderarealer i beboelsesejendomme, der er oversvømmelsestruede ved de ovennævnte to driftsscenarioer for tunnelen. Det er endvidere kortlagt, hvor mange bygninger med kældre og registrerede erhvervsdrivende, der er oversvømmelsestruede. Kortlægningen, der fremgår af baggrundsnotatet bilag 7 har dog ikke vist nogen forskel i antallet af oversvømmelsestruede bygninger i de to driftsscenarioer, og kældre anvendt til erhvervsformål er derfor ikke inkluderet i den videre analyse.

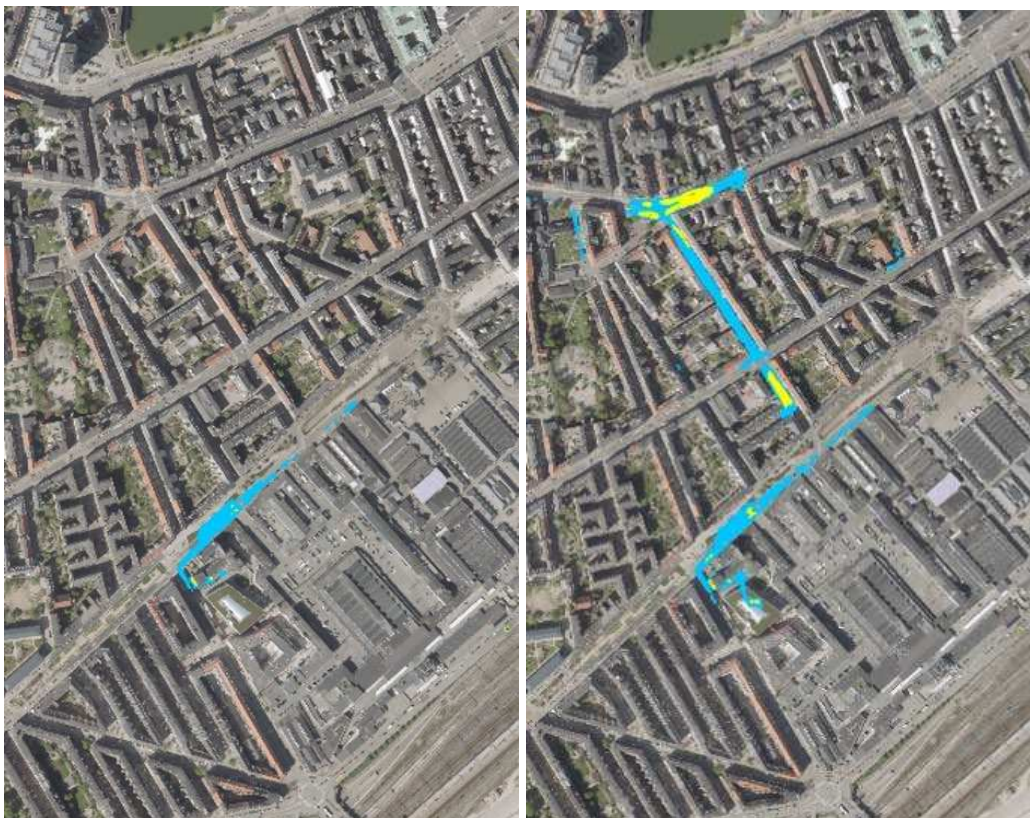
Københavns Kommunes serviceniveau for stuvning til terræn for det fælleskloakerede opland er 10 år, svarende til, at kloaksystemet i et fælleskloakeret opland skal kunne håndtere en 10 års hændelse uden oversvømmelser. Det er dog i tidligere undersøgelser [14] konstateret, at en kapacitetsoverskridende hændelse for det østlige Frederiksberg og Vesterbro svarer til en 5-års regnhændelse, og at der ved regnhændelser med denne gentagelsesperiode begynder at opstå stuvning over terræn af vand fra afløbssystemet. På Figur 4-1, Figur 4-2 og Figur 4-3 ses oversvømmelseskort for en 5-års og 10-års regnhændelse. Det fremgår, at der ved en 5-års regnhændelse er begyndende oversvømmelse, og at arealer med vand på terræn forøges ved en 10-års regnhændelse.



Figur 4-1. Oversvømmede arealer ved en 5-års regnhændelse (CDS) i dagens situation.



Figur 4-2. Oversvømmede arealer ved en 10-års regnhændelse (CDS) i dagens situation.



Figur 4-3. Oversvømmede arealer på Vesterbro ved en 5-års regnhændelse (CDS) (venstre) og en 10-års regnhændelse (CDS) (højre) i dagens situation

Modelberegninger af oversvømmelser ved forskellige regnhændelser viser således, at der er behov for at åbne skybrudsklapperne, når vandet i kloakken når et niveau svarende til en 5-års regnhændelse for at undgå oversvømmelser i området.

Oversvømmelseskort som ovenstående har været udgangspunkt for identificeringen af, hvilke beboelsesejendomme med kældre, der kan forventes at være oversvømmelsestruede for en række regnhændelser med mellem 5 og 100 års gentagelsesperiode for de to driftsscenarier. For bygninger, der ligger i et område, hvor oversvømmelsen giver mere end 10 cm vand på terræn antages kældrene at være oversvømmelsestruede ved den givne hændelse. Til identifikation af bygningernes anvendelse samt evt. kælderareal anvendes Bygnings- og Boligregistret (BBR). Resultatet af denne del af analysen ses i de følgende to tabeller.

Tabel 4.1: Beregnede oversvømmelsestruede kældre ved åbning af skybrudsklapperne ved en 5-års hændelse

Hændelse	Antal kældre	Samlet kælderareal (m ²)
5-års hændelse	9	10.800
10-års hændelse	22	20.007
20-års hændelse	57	32.953
50-års hændelse	185	87.859
100-års hændelse	346	158.299

Tabel 4.2: Beregnede oversvømmelsestruede kældre ved åbning af skybrudsklapperne ved en 10-års hændelse

Hændelse	Antal kældre	Samlet kælderareal (m ²)
5-års hændelse	14	16.050
10-års hændelse	22	20.007
20-års hændelse	60	36.977
50-års hændelse	185	87.859
100-års hændelse	348	160.318

Som det fremgår af Tabel 4.1 og Tabel 4.2 er der for en 5-års regn forskel i det kælderareal, der oversvømmes ved at åbne skybrudsklapperne ved henholdsvis en 5- og en 10-års hændelse.

Det fremgår ligeledes, at der trods åbning af skybrudsklapperne ved en 5-års hændelse, vil være 9 kældre i beboelsesejendomme, der er oversvømmelsestruede i det undersøgte område. Det skyldes at disse ejendomme er beliggende i et område i større afstand til Skybrudstunnelen, der ikke direkte afhjælpes ved at vandet ledes til tunnelen. Skybrudstunnelen vil ved idriftsættelse ved en 5-års regn fjerne al vand på terræn nær tunnelen bl.a. i områderne omkring Vodroffsvej og Istedgade/Gasværksvej.

De oversvømmelsestruede kældre i beboelsesejendomme vil set over en 100-års periode potentielt blive flere: I takt med klimaforandringer forventes skybrudshændelser at tiltage i intensitet, og det betyder, at den regnintensitet, der i dag defineres som en 5-års hændelse med tiden og klimaforandringerne tiltager. IDA Spildevandskomiteen har i Skrift 30 anbefalet klimafaktorer, som kan anvendes til at beregne en forventet udvikling i regnintensiteten [15].

Tabel 4.3: Estimeret udvikling i regnintensitet for Rådhuspladsen i København

Hændelse, år	Intensitet $\mu\text{m/s}$, 2019	-	Intensitet $\mu\text{m/s}$, 2119
2	6,177	-	7,403
5	8,053	-	10,046
10	9,704	-	12,580
20	11,578	-	15,349
50	14,472	-	19,749
100	17,036	-	23,744

De beregnede regnintensiteter anvendes i fremskrivningen af det forventede antal kvadratmeter kælder, der oversvømmes ved de forskellige hændelser set over den undersøgte 100-års periode.

For at kunne omsætte det estimerede oversvømmede kælderareal til en skadesomkostning ganges det med en gennemsnitlig skadesomkostning per m^2 kælder. De gennemsnitlige skadesomkostninger (enhedspriserne) er fra Forsikring & Pensions udredning fra 2014 af omkostningerne ved oversvømmelsesskader i kældre, og den er fra 2005-2018 fremskrevet med nettoprisindekset fra Danmarks Statistik [16] og derefter fremskrevet med nettoprisindekset fra Danmarks Konvergensprogram 2019 fra Finansministeriet [17], Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Enhedspriser for oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme og kældre anvendt til erhvervsformål

	2014	2019
Enhedspris for oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme (kr./ m^2)	509	534

På baggrund af den beregnede skadesomkostning pr. hændelse kan den årlige skadesomkostning for de to driftsscenarier beregnes ligesom nutidsværdien af de samlede årlige skadesomkostninger kan beregnes over en 100-årig periode. Nutidsværdierne fremgår af Tabel 4.5. Nutidsværdierne er angivet i 2019-priser, og det antages i beregningerne at Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er i drift fra 2020

Tabel 4.5: Beregnede samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme ved henholdsvis åbning af klapper ved en 5- og en 10-års hændelse

	Samfundsøkonomisk omkostning (mio. kr.)
Åbning af klapper ved en 5-års hændelse	177,8
Åbning af klapper ved en 10-års hændelse	193,9
Forskel	16,1 ~ 16

I det driftsscenarie, hvor klapperne åbnes ved en 5-års hændelse, vil der være oversvømmelser af kældre, der giver anledning til en samlet skadesomkostning på 177,8 mio. kr., hvorimod der vil være en samlet skadesomkostning på 193,9 mio. kr., hvis klapperne først åbnes ved en 10-års hændelse. Dette betyder, at der er en gevinst på ca. 16 mio. kr. ved åbning af klapperne i Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ved en 5-års hændelse sammenlignet med åbning af klapperne ved en 10-års hændelse. Forskellen i de beregnede omkostninger er altså rundt regnet 9%.

Der er udført følsomhedsanalyser på den beregnede forskel over for ændringer i centrale antagelser og parametre. I alle de udførte følsomhedsanalyser er der en positiv forskel imellem de to driftsscenarier, og resultatet er derfor umiddelbart robust overfor ændrede forudsætninger.

De samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme kan således reduceres med ca. 16. mio. kr. for en 100-års periode ved åbning af skybrudsklapperne ved en 5-års hændelse frem for en 10-års hændelse. Omregnet til en årlig besparelse svarer dette til ca. 600.000 kr. ved at dele den ovennævnte reduktion med en samlet kapitaliseringsfaktor over 100 år på 26,127 svarende til de benyttede rentesatser på 4%, 3% og 2%.

Det skal bemærkes, at oversvømmelsestruede kældre i beboelsesejendomme kun er én af flere mulige konsekvenser og omkostninger ved kapacitetsoverskridende regnhændelser. Der vil ligeledes ved oversvømmelse være potentielle påvirkninger af veje, jernbaner, trafik, sundhed, erhvervsliv, særlige historiske værdier mv., men disse påvirkninger indgår ikke i denne vurdering. Det skal desuden igen bemærkes, at de beregnede skadesomkostninger ved oversvømmelse af kældre i de to driftsscenarier alene inkluderer skader dækket af boligejernes forsikringer. Forsikringsudbetalingerne inkluderer ikke de yderligere gener, som beboere, der får deres kældre oversvømmet, kan have, herunder gener ved arbejdet med oprydning mv. samt generel utryghed pga. oversvømmelserne. Den beregnede omkostningsreduktion ved åbning af skybrudsklapperne ved en 5-års regnhændelse fremfor ved en 10-års regnhændelse vil således være et underkantsskøn og dermed med en vis sandsynlighed reelt af et større omfang end det beregnede.

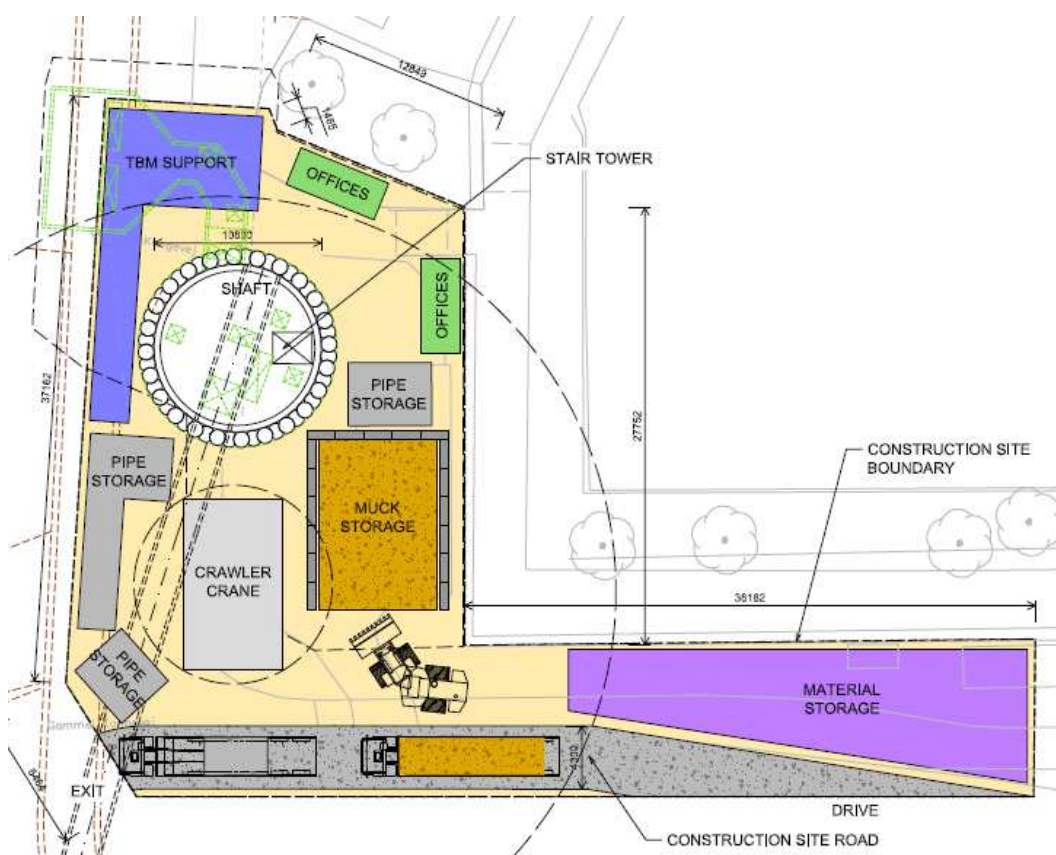
5 Anlægsbeskrivelse

Dette kapitel beskriver den tekniske udformning af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel samt de overordnede anlægsmetoder.

5.1 Byggepladser

5.1.1 Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø

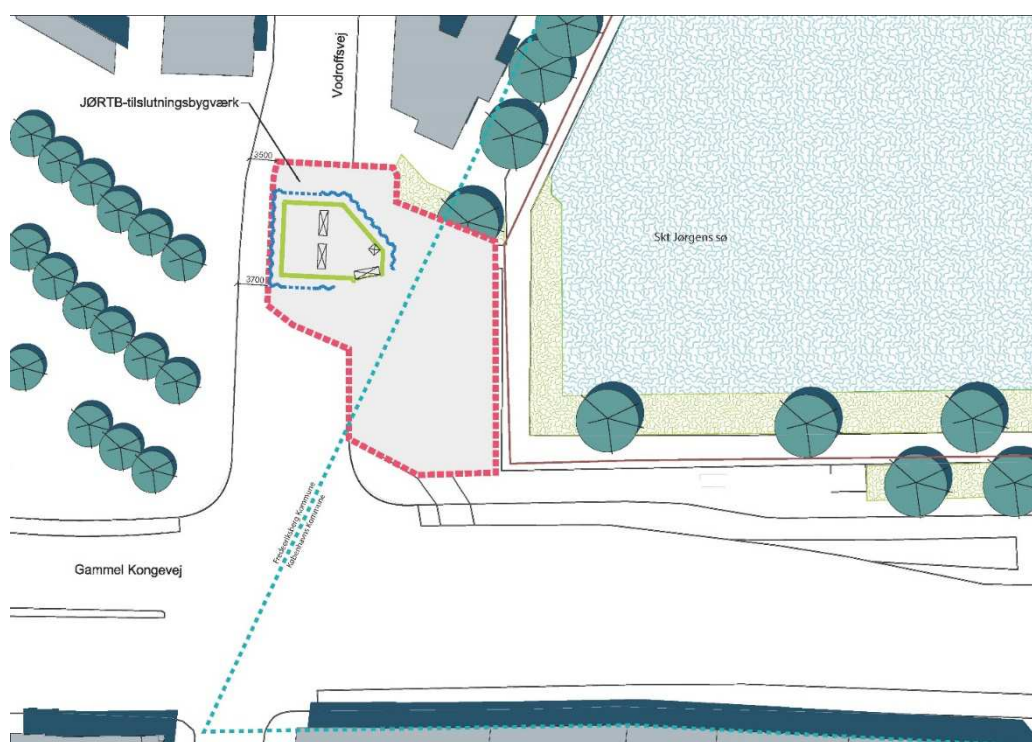
Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø skal i anlægsfasen bruges til etablering af skakt til brug for tunneleringen. Skakten skal fungere som startskakt (pressegrube) for tunnelboremaskinen, der skal bore det nordlige rør mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej. Pladsen skal således fungere som tunnelarbejdsplads, hvorfra boring af tunnel, optagning af tunnelmuck og nedsænkning af tunnelementer skal ske. Tunnelarbejdspladsen vil være i drift hele den periode, hvor der bores. Byggepladsen er af en størrelse, der gør det muligt at indrette pladsen, således at det sikres, at tunnelrør og muck/jord kan opbevares og ikke skal transporteres på byggepladsen i aften- og natperioden samt i weekenden (lør kl. 17 – man kl. 7). Størrelsen af muck-depotet er baseret på, at der er opbevaringskapacitet til den muck-mængde, der udbores i weekenden ved boring 24/7 og ligger på pladsen til mandag morgen svarende til 200 m³. Der er på pladsen kapacitet til et muckoplag på 225 m³. Der kan således tunneleres hele døgnet og i weekenden (lør kl. 17 – man kl. 7) uden til- og frakørsel med lastbiler uden for dagtimerne. Indretning af byggepladserne planlægges af den udførende entreprenør. Byggepladsens omfang i hhv. fase 1, hvor tilslutningsbygværk etableres, og fase 2, hvor skakten etableres og tunneleringen foregår, fremgår af Figur 5.2 og Figur 5.3. Principskitse af byggepladsindretning ved Skt. Jørgens Sø ses af figur Figur 5.1



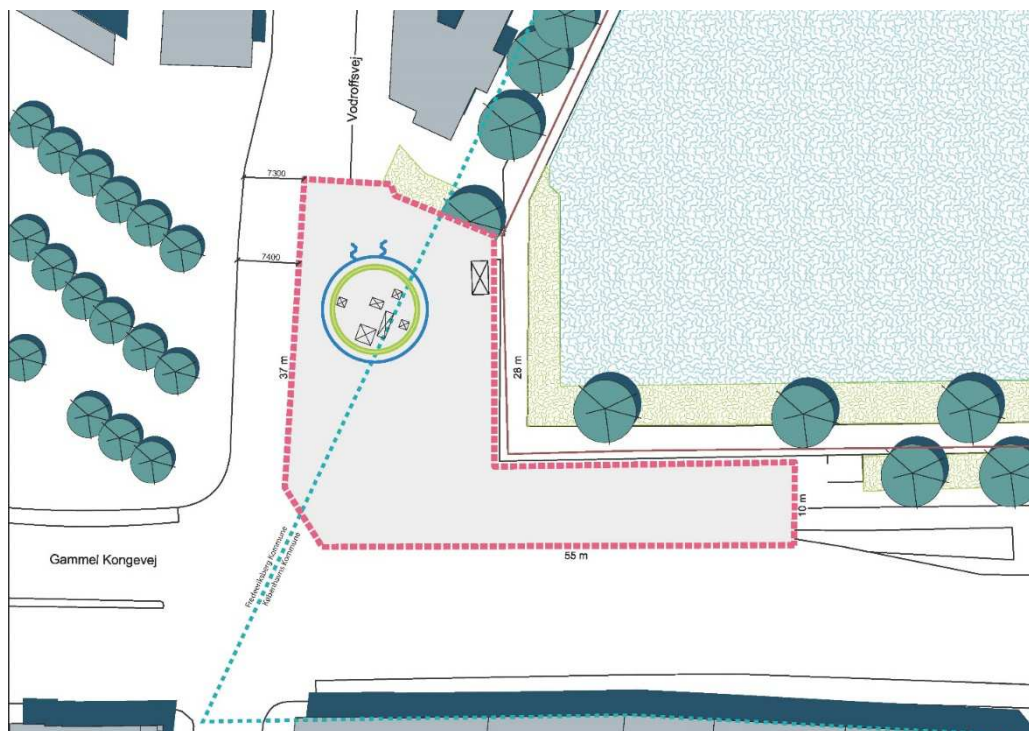
Figur 5.1: Principskitse for indretning af byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø.

Til driftsfasen skal skakten ombygges til et bygværk, som fører skybrudsvandet ned i tunnelen. Der skal endvidere etableres et tilslutningsbygværk til tilslutning af skybrudsvandet fra den eksisterende kloakledning i Vodroffsvej. Bygværket placeres sydvest for søen ved Vodroffsvej, hvor den eksisterende hovedledning er placeret, og denne kan tilsluttes skybrudstunnelen.

Ud fra indledende vurdering af flere løsninger er der sket en optimering af placering af skakt/bygværk og dermed også byggepladsen bl.a. med hensyntagen til naboer, udførelsesmetoder, eksisterende ledninger, trafik, støj- og vibrationsgener, tilslutninger og tilgængelighed i driftsperioden. På den baggrund placeres byggepladsen ved parkeringspladsen mellem Vodroffsvej og Skt. Jørgens Sø.



Figur 5.2: Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø i anlægsfase 1, hvor tilslutningsbygværket etableres



Figur 5.3: Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø i anlægsfase 2, hvor skakten etableres og tunnelering udføres.

5.1.2 Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej

Byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej skal i anlægsfasen bruges til etablering af skakt til brug for tunneleringen. Skakten er modtageskakt for de tunnelboremaskiner, der anlægger de borede tunneler fra tunnelarbejdspladserne ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge, og der vil dermed ikke være betydelige aktiviteter på byggepladsen i perioden, hvor tunnelen bores.

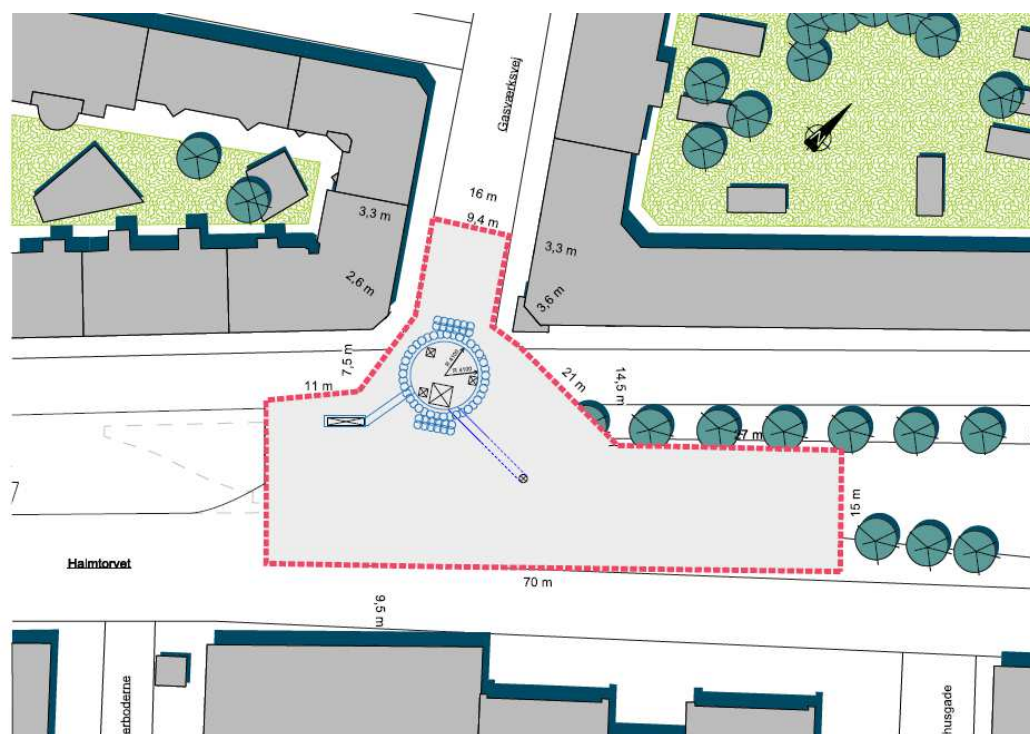
Til driftsfasen skal skakten ombygges til et bygværk, som fører skybrudsvandet ned i tunnelen, og der skal etableres et terrænnært tilslutningsbygværk til at modtage skybrudsvandet fra bassinledningen i Sønder Boulevard-Halmtorvet.

Flere placeringer af skakt/bygværker og dermed også byggeplads er blevet gennemgået, og den mest optimale placering ift. anlægsprojektet er fundet at være for enden af Gasværksvej ved Halmtorvet.

Omfanget af byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej i hhv. fase 1, hvor tilslutningsbygværk etableres, og fase 2, hvor skakten etableres, og tunneleringen foregår, fremgår af Figur 5.4 og Figur 5.5.



Figur 5.4: Byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej i anlægsfase 1, hvor tilslutningsbygværket etableres



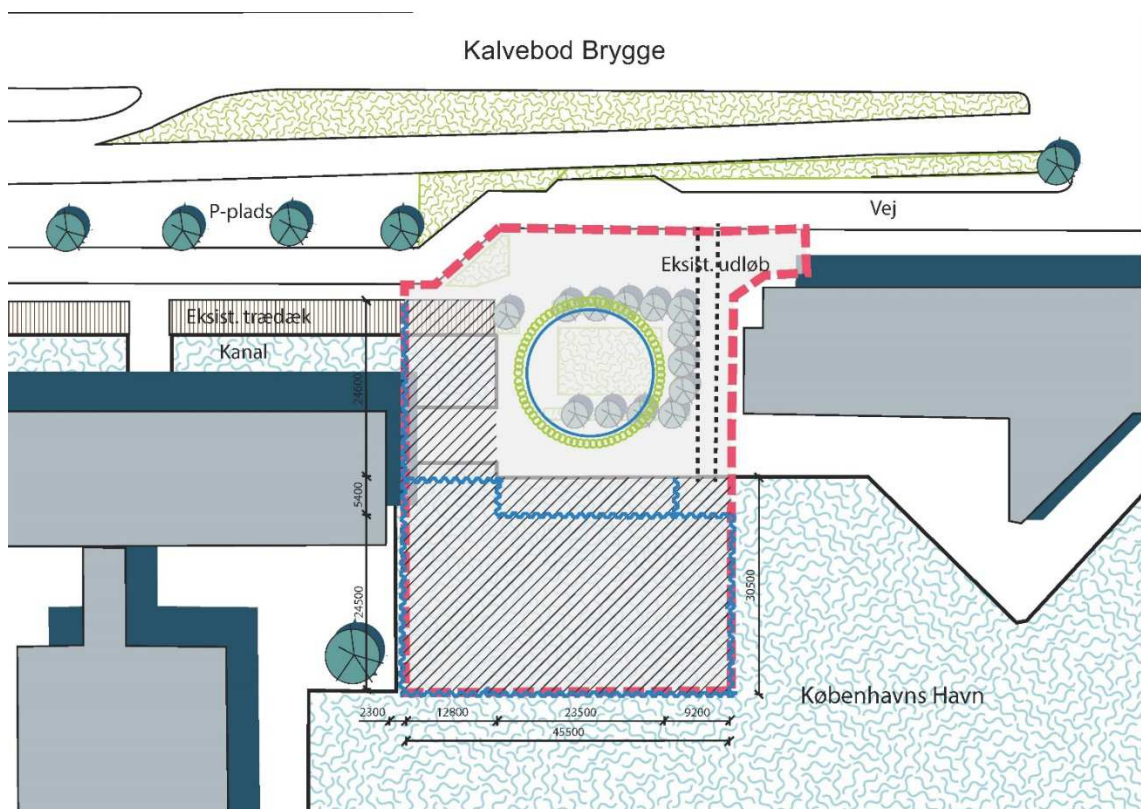
Figur 5.5: Byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej i anlægsfase 2, hvor skakten etableres og tunnelering udføres.

5.1.3 Byggeplads ved Kalvebod Brygge

Byggepladsen ved Kalvebod Brygge skal i anlægsfasen bruges til etablering af skakt til brug for tunneleringen. Skakten skal fungere som startskakt (pressegrube) for tunnelboremaskinen, der skal bore det sydlige rør mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej. Pladsen skal således fungere som tunnelarbejdsplads, hvorfra boring af tunnelrørene, optagning af tunnelmuck og nedsætning af tunnelelementer skal ske. Tunnelarbejdspladsen vil således være i drift hele den periode, hvor der bores.

Byggepladsen placeres på land, dog med dele af byggepladsen ude i Københavns Havn på en midlertidig opfyldning 30 m ud i havnen, der omfatter et areal på ca. 1500 m² (Figur 5.6). Efter afslutning af anlægsarbejdet fjernes opfyldningen.

Til driftsfasen ombygges skakten til pumpestation.



Figur 5.6: Byggepladsen ved Kalvebod Brygge med placeringen af den dybe skakt.

Byggepladsen er af en størrelse, der gør det muligt at indrette pladsen bl.a. med en muck-op-lagskapacitet på 500 m³, så det sikres, at tunnelrør og muck/jord kan opbevares og ikke skal transporteres i aften- og natperioden samt i weekenden i perioden lørdag kl. 17 – mandag kl. 7, således at der er mulighed for at tunnelere hele døgnet uden til- og frakørsel med lastbiler uden for dagtimerne og i weekenden. Størrelsen af muck-depotet er baseret på, at der er op-bevaringskapacitet til den muck-mængde, der udbores i weekenden ved boring 24/7 og ligger på pladsen til mandag morgen svarende til knap 400 m³.

The detailed site plan illustrates the layout of the construction site. Key features include:

- Central Shaft Area:** A circular shaft with a stair tower and shaft, surrounded by a concrete structure.
- Storage Areas:**
 - Material Storage A: 73 m^2
 - Material Storage B: 130 m^2
 - Pipe Storage
 - Muck Storage
- Facilities:**
 - TBM Support
 - Offices
 - Crawler Crane
 - Separation Plant
 - Separation Plant Support
- Access and Boundaries:**
 - Drive
 - TBM Control Cabin
 - Construction Site Road
 - Construction Site Boundary
 - Exit
 - Tunnel
- Dimensions:**
 - 67.40
 - 46.00
 - 10.00
 - 10.00

For alle tre byggepladser etableres permanent eltilslutning, som skal bruges under udførelsen.

5.2.1 Tilslutningsbygværker

Tilslutningsbygværk ved Skt. Jørgens Sø er placeret sydvest for søen ved Vodroffsvej, hvor den eksisterende hovedledning er placeret, og denne kan tilsluttes skybrudstunnelen.

Tilslutningsbygværk ved Halmtorvet anlægges ved krydset Halmtorvet/Gasværksvej, hvor den eksisterende bassinledning i Sønder Boulevard/Halmtorvet tilsluttes skybrudstunnelen.

Indledningsvist foretages ledningsomlægninger med gravearbejde og let aktivitet i terræn.

Efterfølgende etableres som udgangspunkt en Københavnergæde eller alternativt en spunsvæg til byggegrubeindfatningen, hvis det ikke er muligt at benytte Københavnergæde. Ved etablering af en Københavnergæde udgraves til spuns/indfatningsvægge, og støj- og vibrationspåvirkningen er væsentligt reduceret i forhold til traditionel spunsramning og vibrering.

Ved etablering af byggegrubeindfatning med spunsvæg kan støj og vibrationspåvirkningen fra ramning og vibrering af spuns i visse tilfælde reduceres ved forboring, og der forbores i muligt omfang inden ramning/vibrering af spuns. Forboring udføres ved at bore huller i jorden, hvori spunsen efterfølgende placeres, hvilket reducerer modstanden under spunsens nedbringelse. Forboringen foregår med en borerig til endelig dybde af spunsvæggen. Efterfølgende fyldes hullet med sand, hvorefter spunsjern vibreres ned. Det forventes, at der forbores som tangerende pæle. Forboringens betydning for vibrationspåvirkningen afhænger bl.a. af de lokale jordbundsforhold, og der vil ikke kunne forbores i alle situationer. Der forbores altid i tilfælde af dybe spunsvægge ned i hårde aflejringer. Er spunsvæggen kort eller skal den gennem blødere eller mindre hårde aflejringer, vil nedvibrering uden forboring være mindre støjende og vibrerende. Forboring vil således blive foretaget ved anlægsaktiviteter, hvor det vurderes muligt, og hvor det vil medføre en reduktion for støj og/eller vibrationer. Det vurderes, at behovet for traditionel ramning af spuns maksimalt vil have et omfang, der varer 5 dage per byggeplads.

Byggegruben udgraves med gravemaskiner fra terræn, og jorden køres bort på lastbiler.

For at tilkoble den eksisterende kloak/hovedledning i Vodroffsvej til det nye tilslutningsbygværk, fjernes den eksisterende kloak over en strækning. Dette arbejde foregår med en diamantskærer. Herefter støbes kloakkens vægge og dæk, og der isættes skybrudsklapper i bygværket.

Tilslutningsbygværkerne udføres som præfabrikerede elementer eller støbes på stedet. Hvis det bliver elementer, fragtes de til byggepladsen på blokvogne og placeres med kran. Pladstøbte bygværker opbygges på stedet med støbeform og armering, og der støbes med beton fragtet til pladsen på lastbiler.

Der tilfyldes med grus omkring bygværkerne, som fragtes til pladsen med lastbiler. Der afsluttes med terrænarbejder med asfaltering, brolægning og montering af udstyr mv.

5.2.2 Midlertidig opfyldning i Københavns Havn

For at sikre tilstrækkeligt byggepladsareal ved Kalvebod Brygge udvides byggepladsen ud i havnen inden etablering af skakt (Figur 5.6).

Udvidelsen af byggepladsen i havnen bliver etableret med spuns ved silent piling (støjsvag spunsning). Ved silent piling-metoden presses spunsjernene hydraulisk ned i havbunden. Silent piling-metoden er langt mindre støjende end traditionel spunsramning, og den impulsholdige rammestøj undgås. Derudover reduceres vibrationspåvirkningen og samlet reduceres påvirkningen af omgivelserne.

Silent piling riggen står på de allerede installerede spunsjern under installationen, og der skal således kun anvendes pram til ramning af de første 5 spunsjern. Der opfyldes med rene sandmaterialer, der tilkøres med lastbiler og dumpes direkte i havnen inden for spunsen. Spunsen forankres til en bagvedliggende spunsvæg.

Sandlaget vil blive beskyttet af tæt membran på havbunden og igen på toppen af sandlaget inden udlægning af kørematerialer i terræn. Efter afslutning af anlægsarbejdet fjernes kørematerialer og membran, hvorefter det rene sandfyld kan opgraves og bortkøres på lastbiler til genbrug ved andre projekter. Til sidst fjernes bundmembranen og spunsen trækkes op.

5.2.3 Skakte

Alle tre skakte anlægges i åbne byggegruber, der graves oppefra og inde fra skakten. Skaktene har følgende ydre diameter: Skt. Jørgens Sø 13 m, Halmtovet/Gasværksvej 11 m, Kalvebod Brygge 21 m. Skaktindfatningen udføres som sekantpælevægge, hvor væggen består af tætstående pæle udført i armeret beton (Figur 5.8). Sekantpælevægge udføres stort set vandtætte, i tilfælde af mindre utætheder tætnes de under udgravningerne.

Pælene kan anvendes til dybder ned til 25-27 m. De enkelte pæle udføres med en sekantboremaskine ved boring fra terræn ned til endelig dybde. Boringen er beskyttet af foringsrør ned til toppen af kalken. Støbning foregår løbende efter endt boring af hver pæl. Ved udførelse af sekantpælevægge opdeles udførelsen i flere boresekvenser, da pælene udføres med overlap. Jord fra borehuller bortkøres på lastbiler. Tilkørsel af beton og armering foregår løbende når pælene skal støbes.

Efter støbning fjernes overskydende beton i pæletoppen med en diamantskærer, og der støbes en kantbjælke. Pælene afrenses under udgravning med højtryksrenser. Til opdriftssikring af den senere bundplade installeres jordankre fra terræn.

Skaktene udgraves med gravemaskiner i skakten ned til overside af kalken. Kalken brydes op nede fra skakten med gravemaskine og, om nødvendigt, med hydraulisk hammer. Alt udgravet materiale bringes op med kran. Jord og kalk fragtes bort på lastbiler. Alt indvendigt betonarbejde (bundplade, topplade, vægge mod jord og interne vægge) i skakten støbes på stedet med tilkørsel af armering og beton. Betonarbejderne omfatter opbygning af støbeforme og armering og selve støbningen.

Der vil i forbindelse med etablering af skakte forekomme andre aktiviteter såsom nedbrydning af asfalt, beton mv.

Det er endnu uafklaret, om skakten ved Kalvebod Brygge skal føres dybere end en skaktindfatning med sekantpælevægge konstruktionsmæssigt tillader. I dette tilfælde kan i stedet anvendes slidsevægge, der kan udføres stort set vandtætte og føres væsentlig dybere end sekantpælevægge. Slidsevæggene består af en armeret betonvæg, der udføres i gravede render. Udgravningen af renderne foregår med en hydrofræser. For at sikre udgravningens stabilitet holdes renderne under udgravningen fyldt af betonit eller polymer.



Figur 5.8: Skakt udført med sekantpælevæg

5.2.4 Tunnelering

Tunneleringen af begge tunneler bliver udført med tunnelboremaskiner (TBM) (Figur 5.9). Der bores fra startskaktene ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge, således begge TBM'er ender i modtageskakten ved Halmtorvet/Gasværksvej. Tunneleringen af de to strækninger foregår samtidig, hvorved den samlede anlægsperiode forkortes.

Det forventes, at der anvendes en TBM med et borekammer fuldt af jord (earth pressure balance, EPB). Ved denne type boremaskine kan vand- og jordtryk foran borehovedet udbalanceres med jordtrykket i borekammeret. Det udborede materiale (jord, kalk) fra borekammeret under tunneleringen føres gennem transportsneglen. Det udborede materiale kaldes også tunnelmuck. Da der opretholdes fuldt hydraulisk tryk i borehovedet vil boringen således ikke dræne den omgivende undergrund. Dermed kan der, når der bores, ikke ske indstrømning af grundvand, hvorved sætninger og grundvandssænkninger forhindres.

Når borehovedet på TBM'en roterer, skæres/skrabes jordmaterialer/kalk løs og passerer gennem huller i frontskjoldet ind i borekammeret, hvor en transportsnegl transporterer materialet bagud væk fra TBM'en. Tunnelmuck fragtes med skinnevogne eller transportbånd bagud til tunnelarbejdspladserne, hvor det bortkøres på lastbiler til godkendt modtager (Figur 5.10).



Figur 5.9: Tunnelboremaskine (TBM)

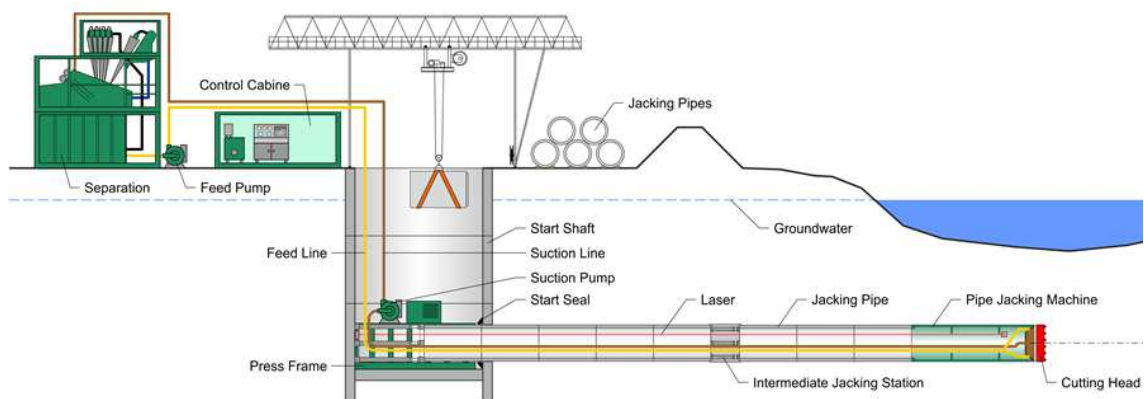


Figur 5.10: Tunnelmuck hejses op fra skakten til bortkørsel.

HOFOR har leverandøraftaler med modtageanlæg, der dog udløber medio 2020. Det forventes, at der herefter foreligger nye leverandøraftaler, som kan bruges til bortskaffelse af jord, sand og muck. Der vil i nødvendigt omfang blive foretaget forklassificering af jorden og kalk fra skakte og tunneltracé, så jorden/kalken kan blive bortskaffet mest optimalt, og ren, genindbygningseget jord evt. kan genindbygges på andre af bygherres projekter.

Det forventes som udgangspunkt at anvende EPB boremetoden. Det kan dog på grundlag af de fundne forureningsniveauer i undergrunden ikke afvises, at der, af arbejdsmiljømæssige hensyn, bliver behov for at benytte slurry-metoden på dele af eller hele den sydlige strækning mellem skaktene på Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge. Dertil ønsker bygherrer valgfrihed til entreprenøren, under forudsætning af, at de arbejdsmiljømæssige forhold kan overholdes.

Slurrymetoden opretholder tilsvarende overtryk ved borefronten via tryksat boremudder (slurry) bestående af bentonit og vand. Boremudderet presses helt ud foran borehovedet. Den udborede jord ledes fra borehovedet til kammeret via åbninger i borehovedet. Slurry'en transporterer den udborede jord (muck) fra borefronten til et separationsanlæg, der befinder sig på terræn på byggepladsen (Figur 5.11). Jord/muck pumpes til terræn via boremuddersystemet (rørsystem) og separeres fra boremudderet i separationsanlægget (Figur 5.12). Ved brug af separationsanlæg kan en del af boremudderet føres tilbage til slurry-kammeret i borefronten og genbruges, hvilket kraftigt reducerer deponering af boremudder. Der tilføres løbende nyt boremudder til borefronten, når den anvendte boremudder får et for højt indhold af fine partikler.



Figur 5.11: Principskitse af en tunnorboremaskine, der anvender slurry.



Figur 5.12: Separationsanlæg

Efterhånden som TBM'en borer sig vej gennem kalken beklædes tunnelen løbende med præfabrikerede betonrør, der består af ringe, der monteres i skakten og presses ind i tunnelen (Figur 5.13 og Figur 5.14). Hulrummet mellem tunnelrørene og den rå tunnelvæg udfyldes med bentonit under udførelsen. Efter færdiggørelse af tunnelen udfyldes dette hulrum med mørtel (dämmer).



Figur 5.13: Tunnelrør nedsænkes i skakten.



Figur 5.14: Skakt (pressegrube) set fra oven, hvor betonelementerne presses ind i tunnelen (pipejacking).

På hver af de to byggepladser med startskakte (pressegruber) ved hhv. Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge vil en byggepladskran nedsænke byggematerialer/tunnelelementer til bunden af skakten og hæve jord/muck/affald op fra skakten. Anvendes slurrymetoden på den sydlige strækning, transporteres muck'en til separationsanlæg på terræn via rørsystem, og skal ikke kranes til terræn.

Ud over det nævnte arbejdsmateriel vil der på byggepladserne også være et ventilationsanlæg til friskluftforsyning i tunnelen. Fra de to byggepladser vil der være til- og frakørsel med lastbiler, der tilkører byggematerialer i form af bl.a. tunnelelementer og bortkører jord/tunnel-muck/affald.

Arbejdet i aften- og natperioden samt weekender (lør kl. 17 – man kl. 7) begrænses til det minimum, der skal til for at holde tunnelboremaskinen kørende. Ved EPB-metoden vil der skulle hejses muck op fra udgravning med kran og ved begge metoder hejses tunnelrør ned i skakten. Byggepladserne er af en størrelse, så tunnelrør og muck/jord kan opbevares og ikke skal transporteres i aften- og natperioden samt weekender, og der vil således ikke være til- og frakørsel med lastbiler i aften- og natperioden samt weekender (lør kl. 17 – man kl. 7).

Tunnelboremaskinerne vil primært få strøm fra ledningsnettet, men der vil være nødstrømsgenerator ved udfald på nettet.

Ved tunnelering under Det Ny Teater på strækningen mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej, og ved krydsning af bane, Metro, Købbyen og pælefunderede bygninger på strækningen mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej er det nødvendigt at tunnelere 24/7 (24 timer i døgnet alle ugens 7 dage) for at minimere risikoen for sætningsskader og undgå at boremaskinen sætter sig fast. Det vurderes, at denne nødvendige døgn-tunnelering er af 5-8 dages varighed på strækningen mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej og af ca. 20 dages varighed på strækningen mellem Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge. Grundet disse driftsmæssige risici er der desuden et ønske om at tunnelere begge strækninger i deres fulde længde 24/7.

Projektet har estimeret forventede sætninger til ikke at være kritiske baseret på erfaringer med tilsvarende projekter i bl.a. København, men det forudsætter, at den bentonit-suspension, der benyttes i borefronten og bag tunnelrørene hele tiden er stabil. Dette opretholdes bedst ved at holde tunnelboremaskinen i drift. Samtidig er det vigtigt at sikre, at der hele tiden er tryk på fronten af boremaskinen. Dette opnås både for slurry metoden og EPB metoden ved brug af bentonit-suspension i tunnelfronten, da trykket ellers vil blive reduceret over tid ved stilstand. Jorden omkring boremaskinen kan ved stilstand øge trykket på maskinen og borehovedet, hvilket i sidste ende kan medføre at maskinen sidder fast. Dette modvirkes bedst ved at holde tunnelboremaskinen i drift. Ved længerevarende stop kan det, afhængigt af den aktuelle jord, blive nødvendigt at dreje borehovedet lidt mens boremaskinen står stille. Grundet disse driftsmæssige risici og den berørte tunnellængde er det et ønske at tunnelere begge strækninger mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej i deres fulde længde som 24/7.

For at undgå nat- og weekendarbejde (lør kl. 17 – man kl. 7) er en løsning med tunnelering 12 timer pr. dag, mandag til fredag (12/5), ligeledes vurderet i nærværende rapport (se bl.a. kapitel 8 og 9) ift. de relevante miljøtemaer støj og trafik, på strækninger, hvor det ikke er påkrævet at tunnelere døgnet rundt. Den estimerede varighed af effektiv tunnelering fra tunnel-byggepladserne ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge ved tunnelering hhv. 12/5 og 24/7 fremgår af Tabel 5.1.

Tabel 5.1: Estimeret varighed af effektiv tunnelering fra de to tunnelbyggepladser ved tunnelering hhv. 12/5 og 24/7

	Byggeplads Skt. Jørgens Sø		Byggeplads Kalvebod Brygge	
	24/7	12/5	24/7	12/5
Antal døgn med natlig drift af tunnelarbejdsplads	40	8	60	20
Samlet varighed af tunnelering (dage/døgn)	40	80	60	120

5.2.5 Øvrige arbejder ved byggepladserne

I startskakten ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge nedhejsses tunnelboremaskinernes dele og andet materiel med kran og samles herefter ved fortrinsvist manuelt arbejde.

I modtageskakten ved Halmtorvet/Gasværksvej ankommer de to TBM'er, når tunnelerne er færdigboret. Når tunnelboremaskinerne er brudt igennem til skakten, skilles de ad nede i skakten, og delene løftes op af en mobilkran og bortkøres.

5.2.6 Pumpestation

Anlæg og udformning

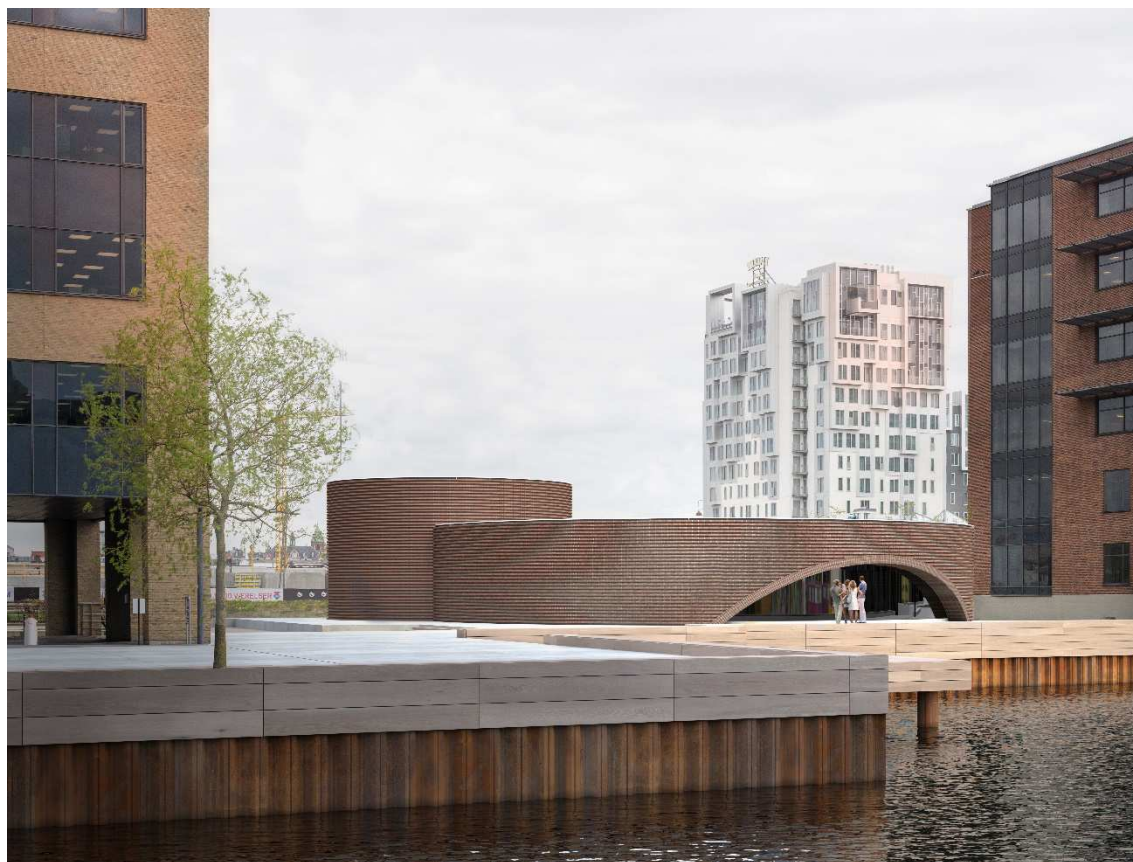
Efter anvendelse af byggepladsområdet ved Kalvebod Brygge til skakt for tunnelering skal området ombygges til en permanent pumpestation med tilhørende bygning ved etablering af pumpestationen, udløbsbygværket og overbygning.

Pumpestationen består af et underjordisk teknikanlæg med en overbygning over terræn (servicebygning). Skaktens cirkulære sekantpælevæg omgiver det underjordiske teknikanlæg, der er opdelt i to halvdele. Den ene halvdel består af tør del med trappe til bunden af anlægget, hvor to tømme-pumper installeres, beregnet for tømning af selve tunnelledningen for vand. Den anden halvdel omfatter det våde kammer, der har tilløb fra tunnelledningen (vand fra ekstreme regnhændelser/skybrud) og hvorfra vandet pumpes ud i havnen.

Overbygningen over terræn består af to cirkulære bygningsvolumener - en lav bygning med stor diameter og en lidt højere overbygning med mindre diameter (Figur 5.15).

Den lave del af overbygningen er delt i 2 dele: Den ene halvdel vender ud mod havnen og har de seks store skybrudpumper installeret, der løfter vandet fra tunnelledningen op i oppumpningskammeret og videre ud i havnen. Den anden del af den lave overbygning, vendt mod Kalvebod Brygge, er bygget sammen med den lidt højere bygning, og de to udgør tilsammen servicebygningen for pumpestationen.

Taget på den lave bygning (den store cirkel) er forsynet med dækselåbninger, hvorfra der kan ske arbejdsadgang til skybrudpumper og de våde kamre. Dvs. den våde del af skakten samt til selve pumpekælderen. Taget skal kunne anvendes som arbejdsadgang, og tagbelægning vil derfor blive valgt til at kunne anvendes som sådan. Lokale el-skabe på taget samt ventilationsafkast og dæksler vil blive givet en designmæssig "indpakning", så den 5. facade (taget) set oppefra, vil fremstå veltilrettelagt og mere æstetisk.



Figur 5.15: Den fremtidige pumpestation på Kalvebod Brygge

5.2.7 Afsluttende arbejder

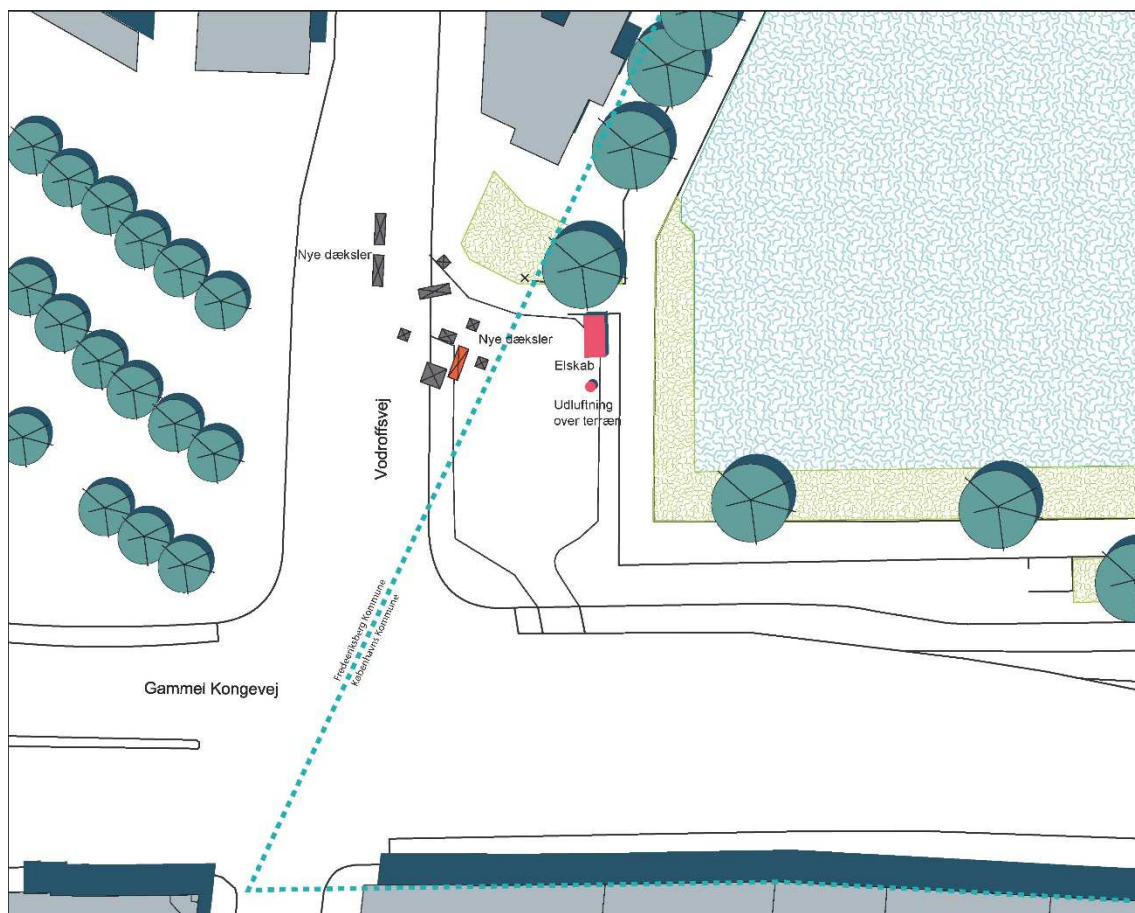
Skt. Jørgens Sø

Når tunnelering er afsluttet fra skakten ved Skt. Jørgens Sø udføres betonarbejder herunder topplade, vægge mod jord og interne vægge i skakten, hvorefter trapper, vægge (baffle walls) mv. installeres.

Efter endt anlægsperiode nedtages byggepladshegnet, og overfladerne retableres.

Vejarealerne retableres tilbage til dagens situation, og den i dag kendte trafikafvikling genetableres.

Efter anlægsfasen vil de eneste synlige tegn på skybrudstunnelen være et el-skab, som optager et areal på ca. 8 – 12 m². Dette placeres så det ikke begrænser parkeringsarealet. I terræn på Vodroffsvej og i den vestlige del af p-pladsen etableres nogle dæksler i forbindelse med tilslutningsbygværket og skakten. Endvidere vil der tilbagestå en udluftningskanal over jorden (Figur 5.16).



Figur 5.16: Området ved Skt. Jørgens Sø efter anlæg af skybrudstunnel og tilhørende installationer.

Halmtorvet/Gasværksvej

Når tunnelering er afsluttet fra skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej udføres betonarbejder herunder topplade, vægge mod jord og interne vægge i skakten, hvorefter trapper, bafflewalls mv. installeres.

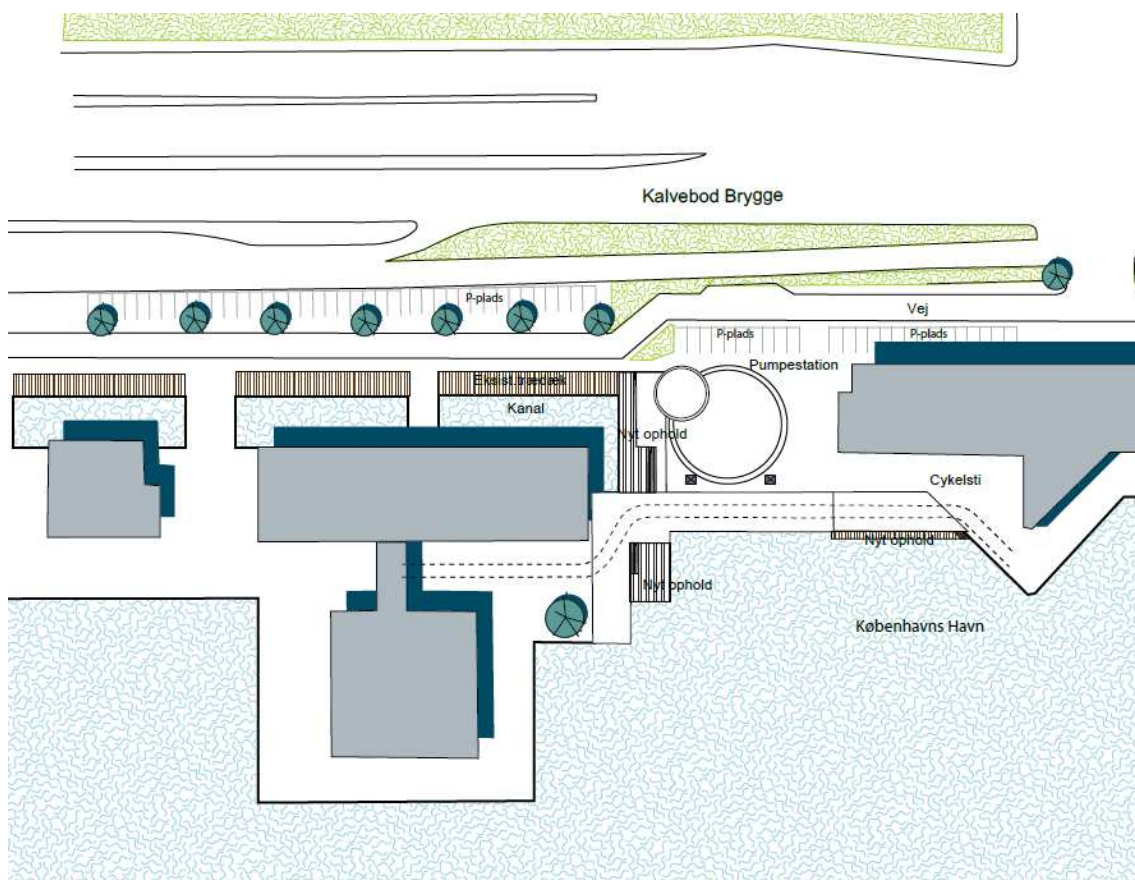
Efter endt anlægsperiode nedtages byggepladshegnet, og overfladerne retableres. På Gasværksvej vil der være dæksler i terræn i forbindelse med skakten (Figur 5.17). I den sydlige del af basketballbanen vil der ligeledes kunne ses dæksler i terræn i forbindelse med tilslutningsbygværket. Der vil blive etableret et synligt bygværk/elskab i basketballbanens sydlige kant samt umiddelbart vest for Gasværksvej. Derudover en udluftningskanal over jorden, samt en ekstern nedgang til skakten på det grønne areal på det vestlige hjørne af Halmtorvet/Gasværksvej.



Efter anlæg tilbagestår en pumpestation på Kalvebod Brygge 45.

På nedenstående Figur 5.18 ses det, hvordan der tillægges et område til ophold, og sikres fri passage for gående og cyklister på Havneringen. Skitsen viser ligeledes, hvordan der sikres kørselsadgang til pumpestationen til vedligehold etc.

Efter endt anlægsperiode nedtages byggepladshegnet, og overfladerne retableres, herunder retablering af lokalgaden med kantstene, afmærkning, beplantning mv., jf. de fysiske forhold før anlægsarbejdernes påbegyndelse. Der laves en overkørsel, som giver trafikal adgang til drift af pumpestationen.



Figur 5.18: Kalvebod Brygge efter anlæg af skybrudstunnel. Pumpestation, rekreative arealer samt adgangsforhold for gående og cyklister i området.

5.2.8 Bygherres krav til anlægsmateriel

HOFOR stiller en række krav til entreprenørernes materiel for at reducere luftemissionerne [18].

For at reducere luftemissionerne fra anlægsarbejdet stiller HOFOR følgende krav til entreprenørens materiel:

- Alle diesellastbiler med en tilladt totalvægt over 3½ tons skal som minimum opfylde udstødningsnormerne for Euro 4 eller være eftermonteret med et effektivt partikelfilter i overensstemmelse med bekendtgørelse om krav til lastbiler i kommunalt fastlagte miljøzoner.
- Diesellastbiler med en tilladt totalvægt over 3½ tons skal have et miljøzonemærke klistret fast i forruden.
- Alle ikke-vejgående arbejdsmaskiner over 75 kW skal være forsynet med partikelfilter.
- Motorkøretøjer må maksimalt have motoren gående i tomgang i 1 minut. Undtagelse til dette er, når arbejde med køretøjets tekniske funktioner (fx kran, grab og lignende) er betinget af, at motoren kører.

For at reducere diffuse støvgener stiller HOFOR følgende krav til entreprenøren:

- Vanding ved støvproblemer
- Alle veje, indkørsler, fortove mm. som skal have belægning, færdiggøres hurtigst muligt
- Belægning eller stålplader anbringes på jordområder, hvor lastbiler og entreprenørmaskiner kører. Det gøres så hurtigt som muligt efter planering
- Fejning af de omkringliggende transportveje jævnligt ved anvendelse af vandfejmaskiner
- Tætte byggepladshegn omkring byggepladserne
- Vask af hjul

5.3 Tidsplan

Anlægsarbejdet forventes igangsat i foråret 2021 og afsluttet i 2025, hvor skybrudstunnelen tages i brug. Forinden vil der foregå forberedende arbejder, herunder evt. arkæologiske forundersøgelser og ledningsomlægninger. Anlægstidsplanen for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er skitseret på Figur 5.19 opdelt i anlægsfaser for de tre byggepladser.

Byggepladserne



Figur 5.19: Anlægstidsplan

6 Alternativer

Dette kapitel beskriver de alternativer af projektet, der miljøvurderes. Desuden beskrives referencescenariet, som er en kort beskrivelse af den sandsynlige udvikling af den eksisterende miljøstatus, hvis projektet ikke gennemføres, og dermed situationen, hvis skybrudstunnelen ikke anlægges. Endelig beskrives fravalgte alternative projektudformninger og/eller anlægsmetoder med en begrundelse for fravalg af disse.

6.1 Anlæg

Der er undersøgt én mulig projektudformning/linjeføring med én mulig anlægsmetode for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel som beskrevet i rapportens kapitel 4 og 5. Ved tunnelering under Det Ny Teater på strækningen mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej, og ved krydsning af bane, metro, Kødbyen og pælefunderede bygninger på strækningen mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej er det nødvendigt at tunnelere 24/7 (24 timer i døgnet alle ugens 7 dage) for at minimere sætningsskader og undgå at boremaskinen sætter sig fast. Grundet disse driftsmæssige risici er der desuden et ønske om at tunnelere begge strækninger i deres fulde længde 24/7. For at undgå nat- og weekendarbejde (lør kl. 17 – man kl. 7) er en løsning med tunnelering 12 timer pr. dag, mandag til fredag (12/5) ligeledes vurderet på strækninger, hvor det ikke er påkrævet at tunnelere døgnet rundt, ift. de relevante miljøtemaer (støj og trafik).

Der er undersøgt én mulig projektudformning/linjeføring med én mulig anlægsmetode for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel som beskrevet i rapportens kapitel 4 og 5. Ved tunnelering under Det Ny Teater på strækningen mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej, og ved krydsning af bane, metro, Kødbyen og pælefunderede bygninger på strækningen mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej er det nødvendigt at tunnelere 24/7 (24 timer i døgnet alle ugens 7 dage) for at minimere sætningsskader og undgå at boremaskinen sætter sig fast. Grundet disse driftsmæssige risici er der desuden et ønske om at tunnelere begge strækninger i deres fulde længde 24/7. De driftsmæssige risici er nærmere beskrevet i afsnit 5.2.4. For at undgå nat- og weekendarbejde (lør kl. 17 – man kl. 7) er en løsning med tunnelering 12 timer pr. dag mandag til fredag (12/5) ligeledes vurderet i forhold til de relevante miljøtemaer (støj, trafik) på strækninger, hvor det ikke er påkrævet at tunnelere døgnet rundt.

6.2 Drift

I driftsfasen er to ligeværdige alternativer undersøgt.

6.2.1 Driftsalternativ A

I overensstemmelse med HOFORs og Frederiksbergs Forsynings servicemål ønsker bygherrer, at skybrudstunnelen bliver aktiveret, når de eksisterende kloakkers kapacitet er opbrugt, og der dermed opstår risiko for vand på terræn og kældre. Det vil i forhold til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel betyde, at tunnelen vil sættes i drift ved en ca. 5-års regnhændelse, hvor nedbørsmængder og intensitet gør, at overløb (fællesvand) stuer op over terræn. Denne løsning benævnes alternativ A.

Det betyder, at skybrudsklapperne i tunnelen åbnes ved vandstande i kloakken svarende til en 5-års regnhændelse, lige inden vandet stuer op på terræn som følge af manglende kapacitet i spildevandssystemet. Skybrudsklapperne lukker igen, når det generelle trykniveau i systemet er faldet, således at Kalvebod Brygge Skybrudstunnel tilføres den del af vandet, der ellers kunne forårsage oversvømmelse i det område, der afvandes fra. I dette scenarie er således gennemført beregninger af vandafledning via skybrudsledningen for hhv. en 5-års og en 10-års regnhændelse for at afspejle miljøpåvirkningen, som følge af kapacitetsoverskridende regnhændelser, der forekommer med en hyppighed fra 5 og op til 10 år, og som dermed ikke defineres som skybrud iht. Københavns Kommunes skybrudsplan.

Af Figur 6.1 ses oversvømmelseskort som resultat af modelberegninger af oversvømmelser ved en 5-års regnhændelse. Det fremgår af kortet, at der er begyndende oversvømmelse på terræn.



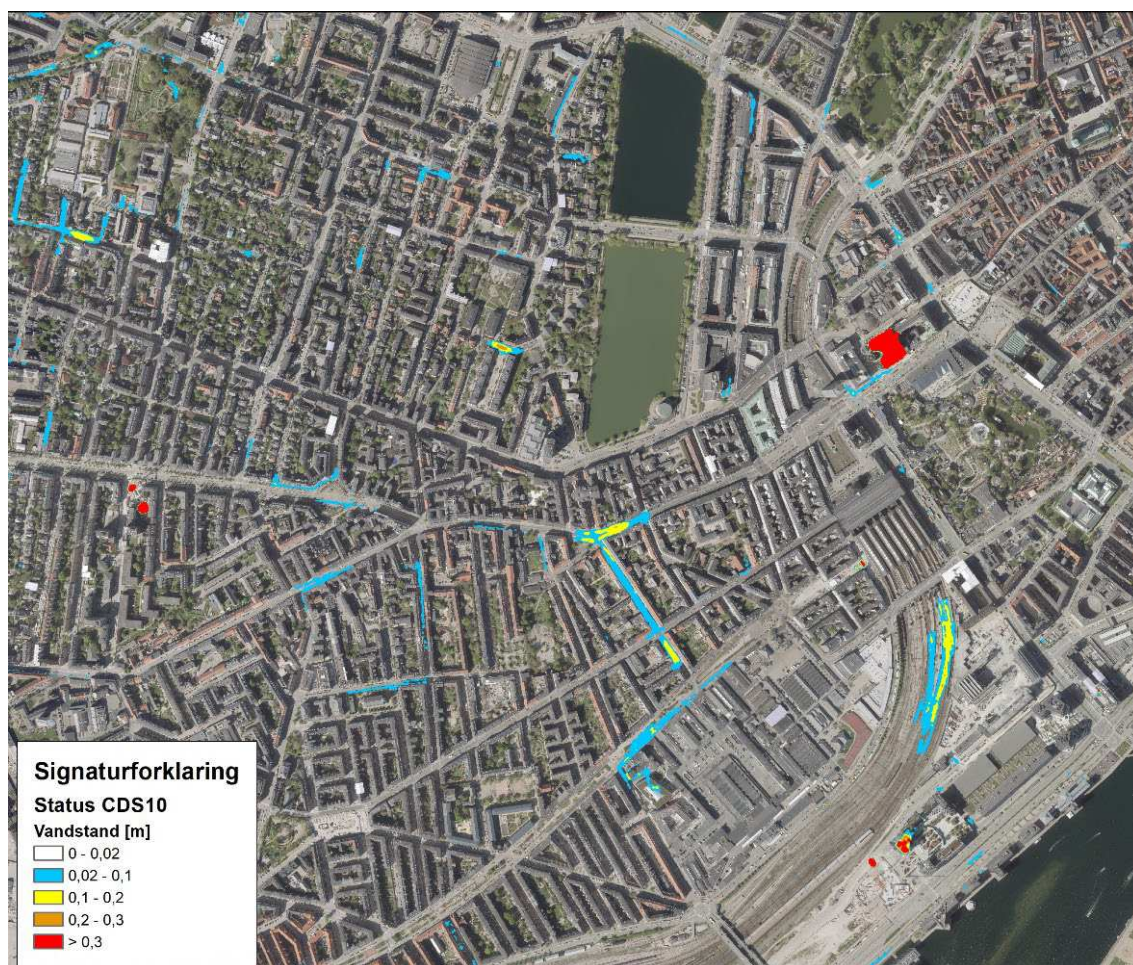
Figur 6.1: Oversvømmede arealer ved en 5-års regnhændelse (CDS) i dagens situation.

6.2.2 Driftsalternativ B

Københavns Kommunes spildevandsplan muliggør udledning af skybrudsvand svarende til en 10-års regnhændelse eller værre, svarende til Københavns Kommunes definition af skybrud. Denne løsning, hvor tunnelen idriftsættes ved en 10-års regnhændelse benævnes alternativ B.

Skybrudsklapperne åbnes her ved vandstande i kloakken svarende til en 10-års regnhændelse, når vandet er stuvet op over terræn. Der afledes således vand via skybrudstunnelen fra ekstremregnhændelser svarende til en 10-års gentagelsesperiode i overensstemmelse med Københavns Kommunes definition af en skybrudshændelse.

I Figur 6.2 ses oversvømmelseskort for en 10-års regnhændelse, hvoraf det fremgår, at arealer med vand på terræn forøges ved en 10-års regnhændelse.



Figur 6.2: Oversvømmede arealer ved en 10-års regnhændelse (CDS) i dagens situation.

6.3 Referencescenariet

I henhold til Miljøvurderingslovens bilag 7 skal miljøkonsekvensrapporten indeholde en beskrivelse af de relevante aspekter af den aktuelle miljøstatus (referencescenarie) og en kort beskrivelse af dens sandsynlige udvikling, hvis projektet ikke gennemføres, for så vidt naturlige ændringer i forhold til referencescenariet kan vurderes ved hjælp af en rimelig indsats på grundlag af tilgængeligheden af miljøoplysninger og videnskabelig viden.

Referencescenariet (tidl. 0-alternativet) defineres i nærværende projekt som en beskrivelse af konsekvenserne ved ikke at gennemføre projektet, dvs. den situation, som der vil være i fremtiden, hvis projektet ikke gennemføres. Med andre ord foreslås referencescenariet defineret som den situation, der svarer til, at der ikke anlægges en skybrudstunnel.

Da langt de fleste miljøtemaer iht. afgrænsning af miljøredegørelsen udelukkende miljøkonsekvensvurderes for anlægsfasen af projektet, og da anlægsfasen forventes at forekomme i nærmeste fremtid (2021-2025) vil påvirkninger i anlægsfasen blive vurderet i forhold til de eksisterende forhold, dvs. i forhold til miljøstatus i dagens situation.

For miljøtemaet Overfladevand og vandkvalitet miljøkonsekvensvurderes påvirkningen også i driftsfasen, og for dette tema kan der defineres et referencescenarie baseret på viden om en

fremtidig planlagt situation, som så "fremskrives" til den situation, der vil forekomme, når anlægget er taget i drift.

De primære forhold inden for hvilke, der vil ske en udvikling baseret på tilgængelig viden for overfladevand og vandkvalitet vil være knyttet til ændret hyppighed af nedbørshændelser og afledte effekter af dette. Referencescenariet er på den baggrund ikke fremskrevet til et bestemt årstal, men i stedet beskrevet for hhv. 2025 og 2050 for at beskrive den fremtidige udvikling.

I dag overskrides kapaciteten af spildevandssystemet på dele af Frederiksberg og Vesterbro ved ekstremnedbørshændelser ca. hvert 5. år. En 5-års hændelse er i denne forbindelse defineret ud fra spildevandskomitéens Skrift 30 – Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter [19]. En skybrudshændelse er af Københavns Kommune defineret som en 10-års regnhændelse. Som følge af klimaforandringerne kan det forventes, at hyppigheden af disse regnhændelser forøges i fremtiden. Ved anvendelse af spildevandskomitéens faktor for klimafremskrivning af nedbørshændelser er hyppigheden af regnhændelser, der i dag har en gentagelsesperiode på hhv. 5 og 10 år, og som er udgangspunktet i de miljøvurderede driftsscenerier, fremskrevet til hhv. år 2025 og 2050 i Tabel 3.1.

Tabel 6.1: Fremskrivning af gentagelsesperioder for ekstremregnhændelser, der i dag forekommer hhv. hvert 5. og hvert 10. år

År	Gentagelsesperiode for kapacitetsoverskridende regnhændelse	Gentagelsesperiode for skybrudshændelse (defineret af Kbh.'s Kommune)
2018	5 år	10 år
2025	Ca. 4 år	Ca. 8 år
2050	Ca. 3 år	Ca. 6 år

Tilsvarende vil de afledte effekter af de undersøgte ekstremnedbørshændelser, såsom evt. påvirkning af vandkvalitet, oversvømmelse på terræn og i kældre mv. kunne forventes at forekomme med samme forøgede hyppighed.

Der planlægges mange skybrudstiltag i nærområdet til skybrudstunnelen såvel som i hele oplandet. Mange af disse løsninger er afhængig af etablering af skybrudstunnelen og vil, som en følge af, at tunnelen ikke etableres, ikke blive gennemført. I følge skybrudskonkretiseringen for vandoplandet "Ladegårdsåen, Frederiksberg Øst og Vesterbro" er der en række terrænnære skybrudsprojekter, som er planlagt til at afvande til tunnelen. 15 projekter syd for Gammel Kongevej har direkte eller indirekte afledning til tunnelen og vil ikke kunne gennemføres, hvis tunnelen ikke etableres. Det har den konsekvens, at der mange steder i de berørte områder vil forekomme oversvømmelser i forbindelse med skybrud. Det vil også få konsekvenser for de fleste af de 29 planlagte projekter på Frederiksberg Øst og ved Ladegårdsåen, som i sidste ende også vil have brug for tunnelen for at komme af med vandet i skybrudssituationer.

6.4 Fravalgte alternativer

Kalvebod Brygge Skybrudstunnel har gennemgået en analysefase og en designfase, hvor der er arbejdet med forskellige løsninger til etablering af en tunnel på strækningen mellem Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge. I disse faser er der sket ændringer bl.a. af tunnelens tracé og antal og placering af skakte samt anlægsmetoder mv., og dermed er den samlede påvirkning på omgivelserne herunder især gener ift. omgivelser, miljø og trafik blevet reduceret markant.

Planlægningen af skybrudstunnelen påbegyndtes i 2015, og siden da er en række forskellige alternativer til den i nærværende rapport præsenterede løsning blevet undersøgt. Indledningsvist er nødvendigheden af en skybrudstunnel undersøgt på baggrund af en bedre udnyttelse af spildevandssystemet, derudover er forskellige tunneltracéer og anlægsmetoder for tunnelen analyseret, og endelig er 3 alternative placeringer af pumpestationen ved Kalvebod Brygge og en række alternativer til placering af skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej undersøgt. Disse alternativer beskrives nedenfor.

6.4.1 Udnyttelse af eksisterende spildevandssystem på Vesterbro

I projektets analysefase (2016-2017) blev mulighederne for at udnytte det eksisterende spildevandssystem på Vesterbro analyseret for at vurdere, om Kalvebod Brygge Skybrudstunnel kan undværes helt, hvis spildevandssystemet kan udnyttes bedre ved pumpning.

Analysen viste, at en pumpeløsning formodentlig kan skybrudssikre Indre Vesterbro, men det vil kræve, at der etableres en stor skybrudstunnel under Kødbyen fra Sønder Boulevard til Ingerslevgade, så kapaciteten af spildevandssystemet bliver udnyttet bedre. Desuden vil der stadig være behov for store supplerende ledninger ved Istedgade og Gasværksvej. Løsningen forudsætter imidlertid, at man kan benytte en gammel ledning/kanal under hele baneterrænet, samt at der skal graves under Kødbyen i et område, der er stærkt forurenet. Løsningen vil endvidere kræve, at et eksisterende større kabeltunnelsystem inkl. dybe drænledninger skal flyttes, og at der, af hensyn til stabiliteten af bygningerne i Kødbyen, skal gennemføres yderligere pælefundering og sandsynligvis genhusning af virksomhederne i hele området. Dette alternativ er derfor fravalgt, da det ikke er økonomisk fordelagtigt og samtidigt er forbundet med store risici.

6.4.2 Alternative tracéer

Der har været mange forskellige alternative tracéer i spil siden planlægningen af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel indledtes i 2015.

Først blev der set nærmere på muligheden for at grave den nordlige del af tunnelen, fra Skt. Jørgens Sø til Halmtorvet, fra terræn i stedet for at tunnelere, og i den forbindelse blev der undersøgt forskellige mulige tracéer; under det Ny Teater og ned ad Gasværksvej, eller ned ad Bagerstræde og videre ad Gasværksvej til Halmtorvet.

Den førstnævnte løsning (under Det Ny Teater/Gasværksvej) er den korteste og mest direkte, men blev på det pågældende tidspunkt vurderet at være for risikabel og omkostningstung. Den alternative gravede løsning (Bagerstræde/Gasværksvej) indeholder også en del tekniske udfordringer, idet der i Bagerstræde ligger en eksisterende fjernvarmetunnel, som en gravet løsning skal krydse henover, og der i Gl. Kongevej ligger en stor fællesledning, som også skal krydses. Der vil endvidere skulle etableres fem skakte undervejs på strækningen. Det var imidlertid på dette tidspunkt denne løsning, der i første omgang vurderedes som bedst egnet, indtil det i projektets designfase blev nærmere undersøgt, om krydsningen af metroen kunne ske med en mindre afstand end tidligere antaget, således at det blev forsvarligt at tunnelere under Det Ny Teater.

I projektets designfase blev det klarlagt, at det er muligt at tunnelere på hele strækningen, også under Det Ny Teater. Der blev således i designfasen i 2017-2018 undersøgt 5 alternative tunnelloøsninger, og deres fordele og ulemper blev sammenholdt. Se figur 6.1.

Alternativ A er den løsning, som er beskrevet ovenfor som den der efter projektets analysefase blev vurderet som den bedst egnede, dvs. en kombineret boret og gravet tunnel, hvor der ikke tunneleres under bygninger. Antal skakte: 5.

Alternativ B er en løsning, hvor der udelukkende bliver boret, hvilket reducerer antallet af skakte på Halmtorvet fra to til en, og en gravet strækning langs Halmtorvet kan undgås. I denne løsning tunneleres under 2 bygninger. Antal skakte: 5.

I alternativ C er der en mindre skakt på Halmtorvet som kan serviceres uden trafikale hindringer efter anlæg. I denne løsning tunneleres der under flere bygninger – to beboelsesejendomme for enden af Gasværksvej og to ejendomme i starten af Bagerstræde. Antal skakte: 3.

Alternativ E er også en ren boret løsning. Tunnelen bores under 4 beboelsesejendomme og et offentligt toilet på Vesterbro Torv. Antal skakte 4

Alternativ F (hovedforslaget). I denne løsning tunneleres der direkte fra skakten ved Skt. Jørgens Sø/Vodroffsvej, under Det Ny Teater og Kødbyen til Kalvebod Brygge. Antal skakte: 3.

I Alternativ C, E og F reduceres antallet af skakte, hvorved de byrumsmæssige forstyrrelser reduceres. Alle løsninger er nøje vurderet på baggrund af analysen af løsningernes fordele og ulemper, og på baggrund af dette er Alternativ F valgt.



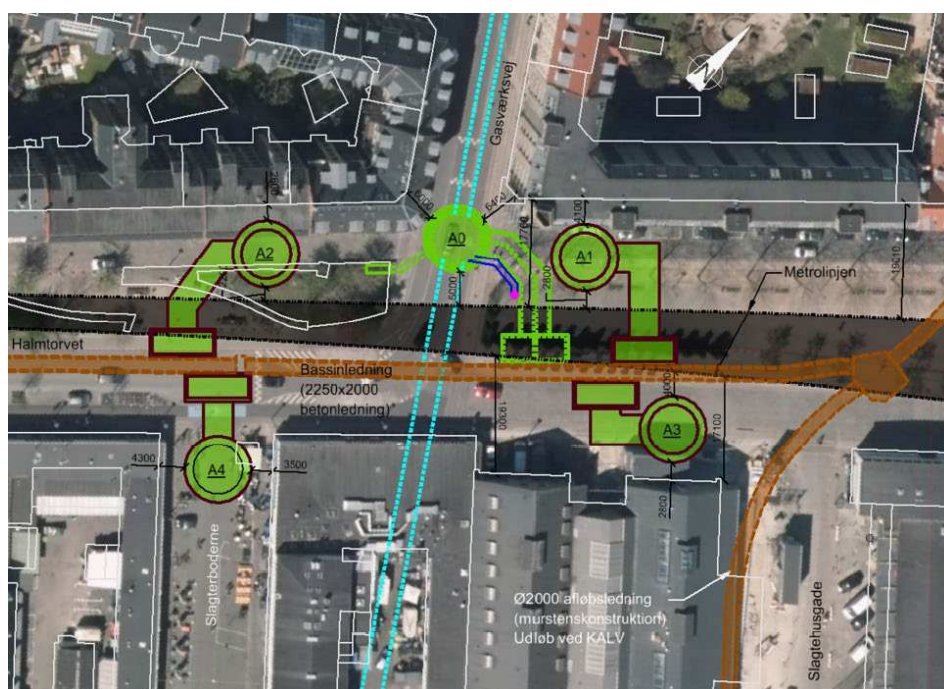
Figur 6.3: Undersøgte linjeføringer for skybrudstunnelen

6.4.3 Alternativ placering af pumpestationen ved Kalvebod Brygge

Placeringen af pumpestationen har også givet anledning til analyser af alternativer. I nærværende forslag er pumpestationen placeret på grunden Kalvebod Brygge 45, men i projektets designfase er der endvidere blevet vurderet på to alternative placeringer af pumpestationen – stadig ved Kalvebod Brygge 45. Det ene alternativ var at placere tunnelens udløbsbygværk på en ca. 20 m bred udbygning af kajen ud i havneløbet i niveau med den eksisterende kaj. Denne løsning blev fravalgt af økonomiske og tekniske årsager. Det andet alternativ, som blev undersøgt var muligheden for at anlægge pumpestationen på en ø ca. 30 m ude i havnen. Denne løsning ville imidlertid ikke kunne rummes inden for projektets ramme, og blev derfor fravalgt, og ikke behandlet yderligere.

6.4.4 Alternative placeringer af skakt ved Halmtorvet/Gasværksvej

Der er undersøgt fire alternative placeringer for SB-skakten alle inden for kort afstand af grundløsningen, hvoraf 3 alternativer er placeret på Halmtorvet mens det fjerde alternativ er placeret i den nordlige ende af Slagteboderne op mod Halmtorvet. Placeringerne er fravalgt af en række årsager herunder manglende respektafstand til metron, lille afstand til beboelsesbygninger og byggepladsen vil berøre en længere facadestrækning, meget begrænset plads til fodgængere mellem byggeplads og bygninger, øget tunnelering under bygninger, øget risiko for sætningsskader på bygninger, behov for en større ændring af det eksisterende spildevands-system. Se figur 6.2.



Figur 6.4: Undersøgte alternativer (A1-A4) til grundløsningen (A0) for placering af skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej

7 Lov- og planmæssige rammer

I dette afsnit oplistes og vurderes lovgrundlaget for miljøvurderingsprocessen samt den lovgivning og de forpligtelser, der har relevans for projektet. Desuden beskrives de gældende relevante planforhold, og det vurderes, hvorvidt projektet kan berøre og påvirke planforholdene. De konkrete vurderinger af projektets øvrige påvirkninger og konsekvenser beskrives i de relevante fagkapitler.

7.1 Metode

Kortlægningen af relevant lovgrundlag for miljøvurderingsprocessen for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel bygger dels på national og international lovgivning og dels på faktiske forhold i undersøgelsesområdet.

Det er beskrevet på overordnet niveau, hvordan lovgrundlaget er relevant i forhold til projektet. De lovgivningsmæssige bestemmelser indgår som forudsætninger for miljøvurderingerne.

Planforholdene er undersøgt ved at kigge i de relevante plandokumenter, og vurdere hvordan projektet forholder sig til de gældende planforhold.

7.2 International lovgivning

7.2.1 Miljøvurderingsloven

Miljøvurderingsloven (LBK nr. 1225 af 25/10/2018) har til formål at sikre et højt miljøbeskyttelsesniveau og at bidrage til integrationen af miljøhensyn under udarbejdelsen og vedtagelsen af planer og programmer og ved tilladelse til projekter med henblik på at fremme en bæredygtig udvikling ved, at der gennemføres en miljøvurdering af planer, programmer og projekter, som kan få væsentlig indvirkning på miljøet [20]. Formålet med en miljøvurdering er, at der under inddragelse af offentligheden tages hensyn til planers, programmers og projekters sandsynlige væsentlige indvirkning på miljøet. Miljøvurderingsloven implementerer EU's VVM-direktiv og EU's direktiv om vurdering af bestemte planers og programmers indvirkning på miljøet i dansk lovgivning. I Miljøvurderingsloven er reglerne om miljøvurdering af projekter således skrevet sammen med reglerne om miljøvurdering af planer og programmer.

Anlæg af en skybrudstunnel i København er omfattet af lovens bilag 2, pkt. 10b, anlægsarbejder i byzoner (se også Kapitel 3).

Miljøvurderingsbekendtgørelsen (BEK nr. 121 af 04/02/2019) fastsætter regler for ansøgninger og visse tilladelser om konkrete projekter, der er omfattet af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM). Bekendtgørelsens regler om samordning, digital høring og offentliggørelse finder anvendelse på såvel planer og programmer som på konkrete projekter [21].

Bekendtgørelse om vurdering af virkning på miljøet (VVM) af projekter vedrørende erhvervs- og Københavns Havn samt om administration af internationale naturbeskyttelsesområder og beskyttelse af visse arter for så vidt angår anlæg og udvidelse af havne (BEK nr. 450 af 08/05/2017) fastsætter bestemmelser om vurdering af virkninger på miljøet i forbindelse med opfyldning på havnens søområde, hvor Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen er VVM-myndighed [5]. Den midlertidige opfyldning i havnen er omfattet af bekendtgørelses bilag 2, pkt. 10 k) Kystanlæg til modvirkning af erosion og maritime vandbygningskonstruktioner, der kan ændre kystlinjerne, som fx diger, dæmninger, moler, bølgebrydere og andre konstruktioner til beskyttelse mod havet, bortset fra vedligeholdelse og genopførelse af sådanne anlæg.

7.2.2 Miljømålsloven

Miljømålsloven (LBK nr. 119 af 26/01/2017) har til formål er at fastlægge rammerne for planlægning inden for de internationale naturbeskyttelsesområder [22]. Loven er en væsentlig del af implementeringen af EF-habitatdirektivet og EF-fuglebeskyttelsesdirektivet.

Loven medfører, at der skal udarbejdes en Natura 2000-plan for hvert Natura 2000-område.

7.2.3 Habitatbekendtgørelsen

Habitatbekendtgørelsen (BEK nr. 1595 af 06/12/2018) har til formål at udpege internationale naturbeskyttelsesområder og fastsætte regler for administrationen af områderne [23]. Bekendtgørelsen er en væsentlig del af implementeringen af EU's habitatdirektiv og EU's fuglebeskyttelsesdirektiv.

Nærmeste Natura 2000-område nr. 143 Vestamager og området syd for, habitatområde H127 og fuglebeskyttelsesområde F111, ligger 2,7 km fra tunnelens udløb ved Kalvebod Brygge.

Habitatbekendtgørelsen medfører, at der skal foretages en vurdering af, om projektet i sig selv, eller i forbindelse med andre projekter, væsentligt kan påvirke et Natura 2000-område.

I forbindelse med arbejdet med afgrænsningen [24] af denne miljøvurdering er det vurderet, at det kan afvises, at der kan vil kunne forekomme væsentlige påvirkninger på Natura 2000-områdets målsætning om gunstig bevaringsstatus ved udledning af overfladevand fra Kalvebod Skybrudstunnel. Vurderingen bygger på disse argumenter:

- Afstanden til Natura 2000-området er stor (2,7 km),
- Indholdet af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer i udledningsvandet er lav grundet fortynding, og der vil ske yderligere fortynding ved udledning i recipienten,
- Udledningen vil forekomme i gennemsnit hvert 5.-10. år og dermed forholdsvist sjældent,
- Der til kommer vandets korte opholdstid, den store vandudskiftning i Kalveboderne og det forhold, at den samlede vandmængde, der ved skybrud tilløber havnen, ikke ændres væsentligt ved drift af tunnelen.

Der redegøres kort for, at der ikke forekommer væsentlige påvirkninger på Natura 2000-områdets målsætning i redegørelsens kapitel 15.

Planter og dyr, som er oplistet på habitatdirektivets bilag IV (bilag IV-arter), er strengt beskyttede. Bekendtgørelsens ordlyd er som udgangspunkt restriktiv og siger, at "der ikke må gives tilladelser eller vedtages planer mv., der kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rastepladser for visse dyrearter". Dette gælder også uden for habitatområderne. Vejledningen til habitatbekendtgørelsen beskriver en mere fleksibel beskyttelse, som baserer sig på en bredere økologisk forståelse, der stiler mod en opretholdelse af en vedvarende økologisk funktionalitet.

Det er i forbindelse med afgrænsningen af denne miljøvurdering vurderet, at ingen af de træer, som skal fældes rummer yngle- eller rasteområder for flagermus, på grund af deres ringe størrelse. Der vurderes ikke at være andre bilag IV-arter, som vil kunne blive påvirket af projektet. Projektet vil derfor ikke påvirke den økologiske funktionalitet for bilag IV-arter og emnet behandles ikke yderligere i miljøkonsekvensrapporten.

7.2.4 Vandplanlægningsloven

Vandplanlægningsloven (LBK nr. 126 af 26/01/2017) har blandt andet til formål at fastlægge rammer for beskyttelse og forvaltning af overfladevand og grundvand, og således forebygge yderligere forringelse af vandøkosystemernes tilstand samt at beskytte og forbedre disse, hvad angår vandbehovet [25]. Loven indeholder bestemmelser, der gennemfører dele af Vandrammedirektivet. Vandrammedirektivets formål er, at alle vandområder, grundvand, vandløb, søer og den kystnære del af havet, skal have "god tilstand" i 2015. Direktivet fastsætter en række

miljømål og opstiller overordnede rammer for den administrative struktur for planlægning og gennemførelse af tiltag og for overvågning af vandmiljøet [26].

Vandplanlægningsloven indeholder overordnede bestemmelser om vanddistrikter, myndigheders ansvar, miljømål, planlægning og overvågning mv. Loven medfører, at der skal udarbejdes en vandområdeplan for hvert hovedvandopland.

For perioden 2009 – 2015 er der udarbejdet Vandplaner, der satte rammerne for opfyldelse af målet i EU's vandrammedirektiv om, at alle vandområder – grundvand, vandløb, søer og den kystnære del af havet – skulle have "god tilstand" i 2015. De administrative rammer for den praktiske gennemførelse af vandrammedirektivet var de såkaldte vanddistrikter, der igen var opdelt i hovedvandoplande. Der var udarbejdet en vandplan for hvert hovedvandopland. De enkelte vandplaner indeholder målsætninger og retningslinjer, som blev udmøntet konkret i vandhandleplaner.

Vandplanerne er sidenhen afløst af vandområdeplaner, der er baseret på en opdatering og videreførelse af vandplanerne. Vandområdeplanerne gælder for perioden 2015 – 2021. Den relevante plan for projektområdet er Vandområdeplan 2015-2021 for Vandområdedistrikt Sjælland.

Beskrivelse og vurderinger af virkninger på overfladevand og vandkvalitet fremgår af kapitel 15.

7.3 National lovgivning

7.3.1 Planloven

Planloven (LBK nr. 287 af 16/04/2018) har til formål at sikre, at den sammenfattende planlægning forener de samfundsmæssige interesser i arealanvendelsen og medvirker til at værne om landets natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og for bevarelsen af dyre- og plantelivet [27].

Loven fastlægger rammerne for de danske plantyper, som er rangordnede, således at en plan af en given type ikke må stride mod planer på et højere niveau. Loven fastsætter bestemmelser om at hele landet zone-opdeles i byzoner, sommerhusområder og landzoner og definerer en kystnærhedszone på 3 km.

For undersøgelseskorridoren gælder Frederiksberg Kommuneplan [28] og Københavns Kommuneplan 2015 [29]. Planforhold beskrives nærmere i slutningen af dette kapitel.

7.3.2 Naturbeskyttelsesloven

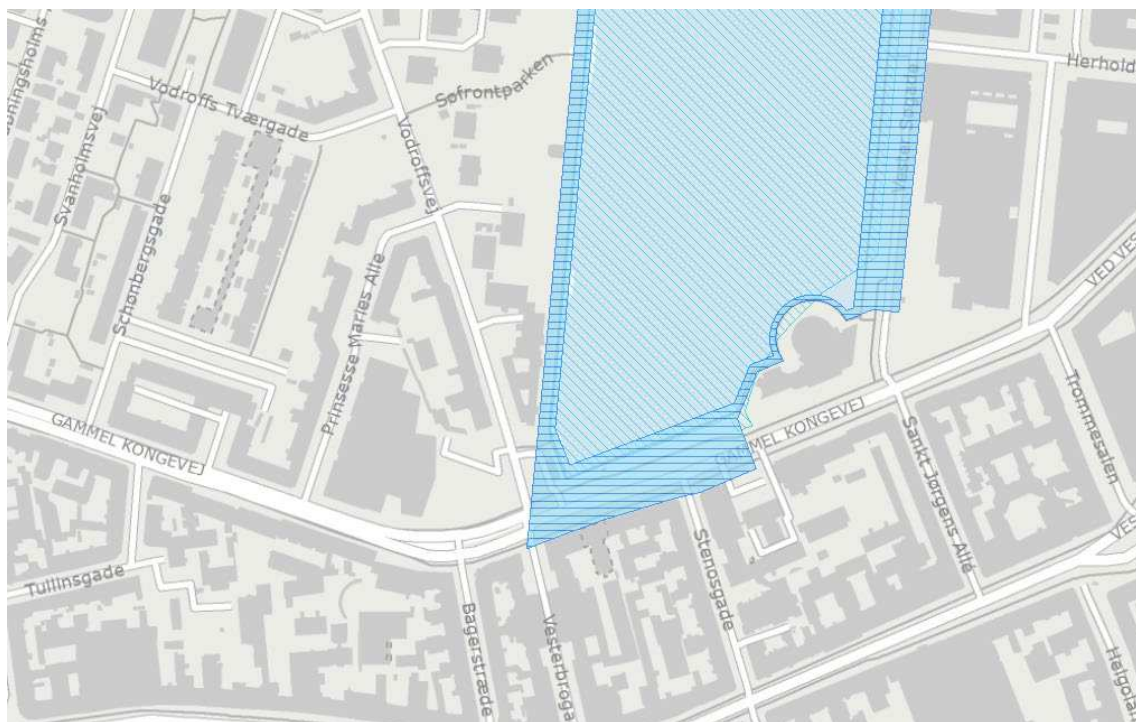
Naturbeskyttelsesloven (LBK nr. 240 af 13/3/2019) har til formål at medvirke til at værne landets natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og for bevarelsen af dyre- og plantelivet [30]. Loven omfatter bl.a. beskyttede naturtyper, å- og søbeskyttelseslinjer, fredning, skovbyggelinje, strandbeskyttelseslinje, kirkebyggelinjer og fortidsmindebeskyttelseslinje.

Beskyttede naturtyper omfatter følgende: Søer og vandhuller hvis de er mindst 100 m²; moser, enge, heder, overdrev, strandenge og strandsumpe, hvis de hver for sig eller i sammenhæng har et areal på mindst 2.500 m²; moser under 2.500 m², hvis de ligger ved beskyttede vandløb eller søer og udpegede vandløb. Ved søer forstås både naturlige og helt eller delvist menneskeskabte vandhuller, bassiner og damme.

Skt. Jørgens Sø er beskyttet efter naturbeskyttelseslovens §3. Rundt om søen udlagt en søbeskyttelseslinje. Søbeskyttelseslinjen fremgår af Figur 7.1. Inden for søbeskyttelseslinjen er det

ikke tilladt at ændre terrænet, bygge eller plante. Byggepladsen ligger inden for beskyttelseslinjen, og der skal derfor indhentes dispensation til midlertidig placering af oplag og opstilling af skure mv. på byggepladsen hos Københavns Kommune.

Skt. Jørgens Sø er omfattet af en arealfredning. Fredede områder har tilhørende fredningsbestemmelser. Efter naturbeskyttelseslovens regler kan fredningsnævnet meddele dispensation fra en fastsat fredningsbestemmelse, når det ansøgte ikke strider mod fredningens formål. Det fredede areal omfatter selve vandfladen og fremgår af Figur 7.1. Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø etableres uden for fredningslinjen, og der vil ikke være påvirkning af fredningen hverken i anlægs- eller driftsfase.



Figur 7.1: Skt. Jørgens Sø med arealer omfattet af fredning (skrå skravering), og arealer omfattet af søbeskyttelseslinje (vandret skravering).

7.3.3 Museumsloven

Museumslovens (LBK nr. 358 af 08/04/2014) formål er at fremme museernes virksomhed og samarbejde med henblik på at sikre Danmarks kultur- og naturarv samt adgang til og viden om denne og dens samspil med verden omkring [31].

Museumsloven har desuden til formål at sikre, at væsentlige bevaringsværdier både på land og til havs sikres for eftertiden. Dette sker ved at inddrage de lokale arkæologisk ansvarlige museer allerede i planlægningsfasen, således at museet kan foretage en arkivalisk kontrol, og eventuelle arkæologiske undersøgelses- og dokumentationsopgaver med henblik på at sikre, at der i planmaterialet tages hensyn til forekomsten af væsentlige bevaringsværdier.

Loven fastlægger bestemmelse om, at der ikke må foretages ændringer af tilstanden af beskyttede diger og fortidsminder. Skybrudstunnelen forløber i et område uden udpegede kultursarvsarealer og fredede fortidsminder og kulturarv behandles ikke yderligere i denne miljøkonsekvensrapport.

Bygherre vil i samarbejde med Københavns Museum vurdere, om der skal gennemføres arkæologiske forundersøgelser i forbindelse med anlægsarbejdet på land. I samarbejde med Vikingeskibsmuseet i Roskilde vil det vurderes, om havbunden ved Kalvebod Brygge skal undersøges for marinarkæologiske interesser.

7.3.4 Bygningsfredningsloven

Bygningsfredningslovens (LBK nr. 219 af 06/03/2018) formål er at værne landets ældre bygninger af arkitektonisk, kulturhistorisk eller miljømæssig værdi, herunder bygninger, der belyser bolig-, arbejds- og produktionsvilkår og andre væsentlige træk af den samfundsmæssige udvikling [32].

Loven fastlægger bestemmelser om fredede bygninger og bevaringsværdige bygninger. Fredede bygninger er udpeget af kulturministeren og alle bygningsarbejder vedrørende en fredet bygning kræver som udgangspunkt tilladelse fra kulturministeren, hvis arbejderne går ud over almindelig vedligeholdelse. Bevaringsværdige bygninger er udpeget i kommune- eller lokalplanlægningen. Kommunalbestyrelsen kan hindre nedrivning af bevaringsværdige bygninger.

Fredede og bevaringsværdige bygninger er beskrevet i kapitel 17.

7.3.5 Miljøbeskyttelsesloven

Miljøbeskyttelseslovens (LBK nr. 241 af 13/03/2019) formål er at medvirke til at værne natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og for bevarelsen af dyre- og plantelivet herunder bl.a. forebygge og bekæmpe forurening af luft, vand, jord og undergrund samt vibrations- og støjulemper [33].

I henhold til miljøbeskyttelsesloven kan det i projektet blive relevant at indhente tilladelser til håndtering af spildevand og grundvand, brug af stoffer i jord, støjgener mv. Støj, vibrationer og luftforurening er beskrevet i henholdsvis kapitel 9, kapitel 10 og kapitel 11, da det ikke kan afvises, at de har en væsentlig miljøpåvirkning.

Miljøaktivitetsbekendtgørelsens §20 (BEK nr. 844 af 23/06/2017) giver kommunerne hjemmel til at udstede lokale forskrifter for midlertidige aktiviteter som bygge- og anlægsarbejder [34]. Københavns Kommune har udstedt "Bygge- og anlægsforskrift i København" [35], mens Frederiksberg Kommune har udstedt; "Forskrift for begrænsning af støjende og støvende bygge- og anlægsarbejder i Frederiksberg Kommune" [36].

7.3.6 Vandforsyningsloven

Vandforsyningslovens (LBK nr. 118 af 22/02/2018) formål er at sikre, at udnyttelsen og den dertil knyttede beskyttelse af vandforekomster sker efter en samlet planlægning og vurdering, og at der sikres en samordning af den eksisterende vandforsyning med henblik på en hensigtsmæssig anvendelse af vandforekomsterne. Yderligere har loven til formål at sikre en planmæssig udbygning og drift af en tilstrækkelig og kvalitetsmæssig tilfredsstillende vandforsyning samt fastsætte kvalitetskrav til drikkevand til beskyttelse af menneskers sundhed [37].

I henhold til Vandforsyningsloven kortlægger Miljø- og fødevareministeren områder med særlige drikkevandsinteresser. Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø ligger i et område med særlige drikkevandsinteresser.

I henhold til vandforsyningsloven må eventuel bortledning af grundvand i forbindelse med anlægsarbejder, herunder eventuel grundvandssænkning, kun ske efter tilladelse fra den respektive kommune, såfremt grundvandet sænkes i mere end to år, og der indvindes mere end 100.000 m³ pr. år, og når der endvidere ikke inden for 300 m fra bortledningsanlægget findes anlæg til indvinding af grundvand.

Vandforsyning og drikkevandsinteresser i området er beskrevet i kapitel 16.

7.3.7 Jordforureningsloven

Formålet med jordforureningsloven (LBK nr. 282 af 27/03/2017) er at medvirke til at forebygge, fjerne eller begrænse menneskeskabt jordforurening og forhindre skadelig virkning fra jordforurening på grundvand, menneskers sundhed og miljøet i øvrigt [38].

Loven fastlægger reglerne for kortlægning (registrering) af forurenede og muligt forurenede arealer, kaldet henholdsvis kortlægning på vidensniveau 1 (V1), vidensniveau 2 (V2) og områdeklassificering. Et areal betegnes som kortlagt på vidensniveau V1 (måske forurenede), hvis der er tilvejebragt en faktisk viden om aktiviteter på arealet eller aktiviteter på andre arealer, der kan have været kilde til jordforurening på arealet. Et areal betegnes som kortlagt på vidensniveau V2, er der tilvejebragt et dokumentationsgrundlag, der peger hen på, at jordforureningen er af en sådan art og koncentration, at forureningen kan have skadelig virkning på mennesker og miljø. Områdeklassifikationen omfatter arealer, der i henhold til Jordforureningsloven kan betegnes som lettere forurenede områder. Alle arealer i Frederiksberg og Københavns Kommuner er omfattet af områdeklassificering.

For bygge- og anlægsarbejder på forureningskortlagte arealer skal der i visse tilfælde indhentes tilladelse i henhold til §8 i jordforureningsloven. Dette med henblik på at sikre, at projektet ikke skader miljøet, og at projektet ikke udgør et problem i forhold til, at regionen eventuelt på et senere tidspunkt vil oprense den pågældende forurening (offentlig indsats).

Jordforureningsloven regulerer derudover de overordnede forhold for håndtering af forurenede jord og er udmøntet i en række bekendtgørelser, hvoraf den vigtigste er jordflytningsbekendtgørelsen.

Jordflytningsbekendtgørelsen (BEK nr. 1452 af 07/12/2015) fastsætter regler for anmeldelse og dokumentation ved flytning af forurenede jord, og bekendtgørelsen gælder bl.a. jord fra forureningskortlagte arealer, områdeklassificerede områder og offentlige vejarealer. Hele projektområdet ligger inden for områder, som reguleres af jordflytningsbekendtgørelsen, og al opgravet og udboret jord skal således anmeldes og prøvetages i henhold til jordflytningsbekendtgørelsen i forbindelse med bortskaffelse.

De tre skakte skal etableres på arealer, som ikke er forureningskortlagte, og der skal således ikke indhentes §8-tilladelse til skaktene. Selve tunnelstrækningen løber under forureningskortlagte arealer ved henholdsvis "Kødbyen" og jernbanen. Tunnellen vil dog ligge min. 12 m under terræn, og det skal afklares med miljømyndigheden (Københavns Kommune) om §8-tilladelse er nødvendig.

Jordforurening er nærmere beskrevet i kapitel 19.

7.4 Kommuneplan

Københavns Kommuneplan 2015 [29] og Frederiksberg Kommuneplan 2017 [28] fastlægger de overordnede rammer for arealanvendelsen og byområdets udvikling. Kommuneplanerne indeholder overordnede målsætninger for håndtering af regnvand og skybrud.

Københavns Kommune vil forebygge miljøforringelser og reducere miljøbelastningen lokalt og globalt samt mindske ressourceforbruget.

Københavns Kommune vil forebygge forringelser af miljø og klima, tilpasse byen til klimaændringer, reducere miljøbelastningen generelt samt mindske ressourceforbruget. Kommunens klimaplan har som mål, at København bliver CO₂-neutral i 2025. Gennemførelsen af kommunens klimatilpasningsplan og skybrudsplan skal sikre byen imod virkninger af klimaændringer.

Københavns Kommune har som mål:

- At sikre etablering af en effektiv infrastruktur til regnvandshåndtering, der aflaster kloakken og i et samlet system bortleder vandet fra skybrud og voldsom regn til havet.

Frederiksberg Kommune har som mål:

- Frederiksberg arbejder målrettet med klimatilpasning, så fremtidens hyppigere skybrud og varmere somre kan håndteres. Frederiksberg skal være en robust by, der hurtigt kan fungere igen efter ekstremt vejr, så byens og kommunens drift påvirkes mindst muligt. Byens mangfoldige natur skal styrkes gennem udviklingen af den blågrønne by.

Skybrudstunnellen er således i overensstemmelse med begge kommuners overordnede planlægning.

7.5 Lokalplaner

7.5.1 Skt. Jørgens Sø

I området ved Skt. Jørgens Sø, hvor byggeplads med skakt og bygværk, placeres gælder to lokalplaner. Lokalplanområderne er vist på Figur 7.2.

Lokalplan nr. 13 for et område begrænset af Vodroffsvej, Danasvej og kommunegrænsen langs Svineryggen. Området hvor byggepladsen placeres er delvist omfattet af underområde I. Underområdet er udlagt til boligformål i selvstændige boliger, og der må ikke drives erhverv i området, bortset fra enkelte undtagelser. I underområdet må ikke opføres ny bebyggelse bortset fra mindre tilbygninger til den eksisterende bebyggelse, skure og lignende. De eksisterende træer i området må ikke fældes eller beskæres uden kommunalbestyrelsens tilladelse i hvert enkelt tilfælde.

På den anden side af Vodroffsvej ligger Codanhus, der er omfattet af Lokalplan nr. 119 for et område mellem Gammel Kongevej, Prinsesse Maries Allé og Vodroffsvej. Lokalplanen fastlægger rammerne for den nuværende bebyggelse og parkering. Det fastlægges, at tilkørsel til ny P-kælder skal ske via Vodroffsvej, udkørsel fra kælderen skal ske til Prinsesse Maries Allé, og at al varetilkørsel til matr.nr. 24 a skal ske via Vodroffsvej.



Figur 7.2: Lokalplanlagte områder i projektområdet ved Skt. Jørgens Sø.

7.5.2 Halmtorvet/Gasværksvej

I området ved Halmtorvet/Gasværksvej, hvor byggeplads med skakt og bygværk placeres, gælder to lokalplaner. Lokalplanområderne er vist på Figur 6.3.

Lokalplan 212 omfatter området begrænset af Gasværksvej, Halmtorvet, Eskildsgade og sydskellet af ejendommen matr.nr. 365 Udenbys Vester Kvarter, København. Formålet med lokalplanen er tilvejebringe plangrundlaget for byfornyelsesbeslutninger, herunder istandsættelser, ombygninger og eventuelle nedrivninger i forbindelse med byfornyelse af Vesterbro. Lokalplanområdet omfatter dele af Gasværksvej og Halmtorvet. De eksisterende vejlinjer mod Gasværksvej, Halmtorvet og Eskildsgade opretholdes.

Lokalplan 228 for 'Skomagerkarréen' omfatter området begrænset af Istedgade, Viktoriagade, Halmtorvet og Gasværksvej. Formålet med lokalplanen er at tilvejebringe plangrundlaget for byfornyelsesbeslutninger, herunder istandsættelser, ombygninger og eventuelle nedrivninger i forbindelse med byfornyelse af Vesterbro. Lokalplanområdet omfatter dele af Gasværksvej og Halmtorvet. De eksisterende vejlinjer opretholdes.

På modsatte side af Halmtorvet ligger den "Brune Kødbý", som er omfattet af lokalplan 262. Formålet med lokalplanen er at fastlægge rammer for omdannelse af "Brune Kødbý" med henblik på, at en række af Vesterbros behov for rekreative og kulturelle funktioner kan opretholdes.

Det nærmeste område omfattet af lokalplanen for den "Brune Kødbý" er omfattet af underområde II. Området fastlægges til erhverv. Der må indrettes lettere industri-, værksteds-, lager-, og engrosvirksomhed med dertil hørende administration og lignende. Endvidere kan der tillades virksomheder af offentlig/almennyttig karakter såsom tekniske anlæg og institutioner, der er forenelige med anvendelsen til erhverv. Der må ikke udøves virksomhed, som i mere end ubetydelig grad kan medføre forurening. Der kan tillades, at der indrettes bebyggelse til salg af udvalgsvarer med tilknytning til virksomheden. Væsentlige ændringer af bebyggelsesforholdene forudsætter tilvejebringelse af supplerende lokalplan.



Figur 7.3: Lokalplanlagte områder i nærheden af skakten ved Halmtorvet / Sønder Boulevard

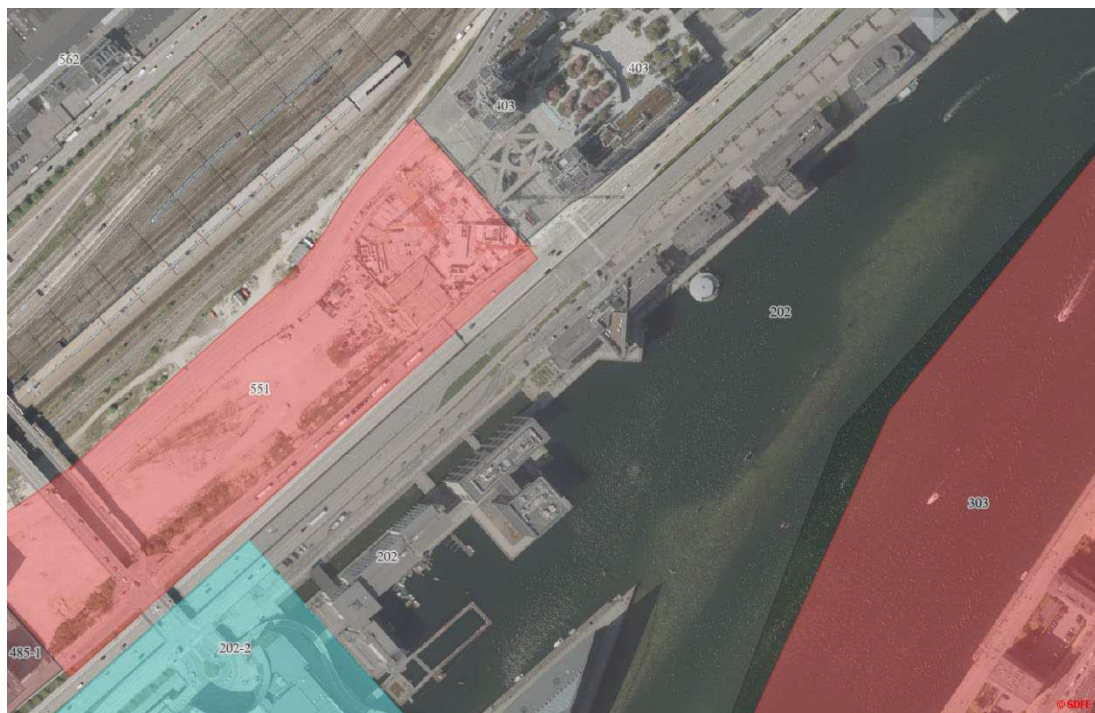
7.5.3 Kalvebod Brygge

I området ved Kalvebod Brygge, hvor byggeplads med pumpehus, skakt og bygværk placeres, gælder lokalplan 202. Lokalplanområdet er vist på Figur 6.4.

Arealet ved Kalvebod Brygge er omfattet af lokalplan 202 for Fisketorvet, delområde II, hvor området er fastlagt til erhvervsformål. Der må opføres eller indrettes bebyggelse til serviceerhverv, såsom administration, liberale erhverv, restauranter, butikker, undervisning, udstillings- og museumsvirksomhed, maritime fritidsformål og andre sportsanlæg, teater- og biografvirksomhed, håndværk samt andre virksomheder, der efter Københavns Kommunes skøn naturligt kan indpasses i området, og som højst medfører ubetydelig forurening.

Langs vandareal (kajkant) skal der anlægges offentligt tilgængelige promenader. Promenaderne skal med hensyn til placering, afgrænsning, belægning, belysning, inventar beplantning m.v. udformes efter kommunens nærmere anvisning. Promenaderne skal henligge uindhegnede.

Friarealet (ekskl. parkerings-, tilkørsels- og oplagsareal) skal være af størrelsesordenen 25 % af erhvervsetagearealet og 40 % af boligetagearealet, og der skal anlægges opholdsarealer for beboere og brugere efter Københavns Kommunes nærmere godkendelse. Mindst 2/3 af det til erhverv og 1/3 af det til boliger forskrevne friareal, hvori promenaderne indgår, skal være offentligt tilgængeligt. De offentligt tilgængelige friarealer, herunder promenader samt torve og pladser skal efter kommunens nærmere godkendelse udformes med en bymæssig karakter.



Figur 7.4: Luftfoto med lokalplanlagte områder i nærheden af arealet ved Kalvebod Brygge.

7.5.4 Sammenfatning vedrørende eksisterende lokalplaner

Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er ikke i konflikt med nogen af de gældende lokalplaner i området. Pumpestationen kan dog ikke anlægges uden ny lokalplan se afsnit 7.5.5.

7.5.5 Ny lokalplan for pumpehuset ved Kalvebod Brygge

Etablering af pumpehuset forudsætter udarbejdelse af en ny lokalplan, der muliggør denne bygning. Lokalplanen fastlægger rammerne for pumpehuset og adgangsforholdene ved drift af installationerne.

Området er i dag anlagt med et mindre haveanlæg og bænke mellem vej, fortov og havnepromenade. Havnepromenaden forløber fra nord rundt om Kalvebod Brygge 45 bygningsspids og videre via en bro ind under hjørnet på Nykredit-bygningen (Kalvebod Brygge 47) og mod Fisketorvet. Ved etablering af pumpestationen forsvinder det eksisterende haveanlæg for de omkringliggende bebyggelser, og som kompensation herfor forbedres forholdene for gående og cyklende langs havnepromenaden, og træbrygger langs havneløbet skaber nye opholdsmuligheder. Pumpestationen optager ca. 500 m² på hidtil ubebygget areal. Som kompensation for det inddragede areal indrettes pumpestationens omgivelser som nyt opholdsareal med en kombination af opholdsmuligheder langs Pumpestationens facade, ny promenade og et træbryggeanlæg. Tilsammen udgør det nye opholdsareal ca. 1.000 m².

Pumpestationen skal driftes af HOFOR, som får adgang til servicering af pumpestationen og indkørsel med kranbil fra Kalvebod Brygge mellem pumpestationen og Nykredit.

De eksisterende p-pladser bliver bevaret, og promenaden vil fortsat fungere som trafikalt forbindelse for cyklende og gående. Havnepromenaden foran pumpestationen vil stå på pæle,

men belægningen vil tydeligt understrege havnepromenadens ubrudte forløb for gående og cyklende.

7.6 Spildevandsplaner for Københavns og Frederiksberg Kommuner

Københavns Borgerrepræsentation vedtog i foråret 2018 tillæg nr. 8 til Spildevandsplan 2008, der tilvejebringer det planmæssige grundlag for anlægsprojekter på spildevandsområdet, herunder arealreservation for etablering af bygværker/skakte til Kalvebod skybrudstunnel [6]. Etablering af selve tunnelen kræver et tillæg til spildevandsplanen fra 2018. Tilsvarende er en spildevandsplan for Frederiksberg Kommune, hvor skybrudstunnelen indgår, under udarbejdelse.

7.7 Klimatilpasningsplan og skybrudsplan

Københavns Kommune udarbejdede i 2012 en skybrudsplan. Planen er udarbejdet i tæt samarbejde med Frederiksberg Kommune.

Skybrudsplanen er en udløber af Københavns og Frederiksbergs Klimatilpasningsplan. Skybrudsplanen beskriver de metoder, prioriteringer og tiltag, der anbefales for den del af klimatilpasningen, der handler om skybrud. Skybrudsplanen indeholder blandt andet disse anbefalinger:

- Der skal planlægges og investeres i løsninger, som både beskytter byen mod skybrud og aflaster kloakkerne på alle andre nedbørsdage. Det kan bedst betale sig samfundsøkonomisk set at vælge løsninger, der også håndterer den almindelige regn, der fremover falder mere af på grund af klimaforandringerne.
- Skybrudssikringen af København skal ideelt set kombinere løsninger, som gør byen mere grøn og blå ved at aflede regnvandet oven på jorden. Tunnelløsninger benyttes i de områder af byen, hvor der ikke er mulighed for alene at arbejde med overfladeløsninger.

Anlægget af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel understøtter og udgør ryggraden i skybrudssikringen af Vesterbro og Frederiksberg jf. Skybrudsplanen fra 2012 og skybrudskonkretiseringen fra 2014. Tunnelen skal efter anlæg bortlede vand fra skybrudsoplandet Ladegårds Å, Frederiksberg Øst og Vesterbro i et omfang, så det overordnede servicemål om maksimalt 10 cm vand på terræn i skel mellem privat og offentligt areal ved en 100-års regn om 100 år kan overholdes. I følge skybrudskonkretiseringen er der en række terrænnære skybrudsprojekter, som er planlagt til at afvande til tunnelen, herunder 15 projekter syd for Gammel Kongevej med direkte eller indirekte afledning til tunnelen ligesom en række projekter på Frederiksberg Øst og ved Ladegårdsåen, også vil have brug for tunnelen for at komme af med vandet i skybrudssituationer.

Skybrudsplanens analyser viser, at hvis vanddybden på kørebanen holdes på ca. 10 cm, er risikoen for, at vandet løber ind af kældervinduer minimal i København. Samtidig er det overkommeligt at tilpasse veje og kantstene samt beskytte kældernedgange mod, at vandet løber ned i kælderen.

I skybrudsplanen opdeles København i 26 vandoplande. På baggrund af risiko, implementering, sammenhæng med anlægsprojekter og synergi er vandoplande opdelt i høj, mellem og lav prioritet. Vesterbro og det østlige Frederiksberg indgår i planen med høj prioritet. I de fleste andre oplande skal der etableres nye hovedvandveje til at lede skybrudsvandet væk.

Kalvebod Brygge Skybrudstunnel indgår i skybrudsplanen som en del af et eksempel på en skybrudsløsning.

Konkretisering af skybrudsplan for skybrudsoplandene Ladegårds å, Frederiksberg Øst og Vesterbro [39] beskriver mulige skybrudsløsninger for Ladegårdsåen og Vesterbro. Som en del af skybrudskonkretiseringen for de to kommuner skal HOFOR og Frederiksberg Forsyning etablere Kalvebod Brygge Skybrudstunnel.

8 Trafik

Trafikken i lokalområdet omkring de tre byggepladser vil i anlægsperioden blive påvirket af den ekstra trafik som anlægsarbejderne genererer i form af bortkørsel af opgravet og udboret materiale samt tilkørsel af byggematerialer. Desuden vil trafikken påvirkes af de trafikomlægninger, der skal etableres, hvor byggepladsafspærringer inddrager vej- og parkeringsarealer. Det vurderes, hvorvidt anlægsarbejderne kan påvirke afviklingen af trafik på de nærliggende hovedfærdselsårer.

I driftsperioden beskrives påvirkningen af området ved Kalvebod Brygge som følge af de permanente anlæg i området og af trafik i forbindelse med drift og vedligehold af Kalvebod Skybrudstunnel.

8.1 Metode

Vurdering af de trafikale forhold i anlægsperioden bygger på en vurdering af byggepladstrafikens omfang, varigheden af arbejdet på den enkelte byggeplads samt de nødvendige inddragelser af areal i anlægsperioden, og de deraf følgende omlægninger af trafikken. Transporten af udboret og opgravet materiale samt byggematerialer er vurderet ud fra estimater af materalængder, der skal transporteres til og fra byggepladserne.

Ved tunnelering under Det Ny Teater på strækningen mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej, og ved krydsning af bane, metro, Kødbyen og pælefunderede bygninger på strækningen mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej er det nødvendigt at tunnelere 24/7 (24 timer i døgnet alle ugens 7 dage) for at minimere sætningsskader og undgå at boremaskinen sætter sig fast. Grundet disse driftsmæssige risici er der desuden et ønske om at tunnelere begge strækninger i deres fulde længde 24/7. For at undgå nat- og weekendarbejde (lør kl. 17 – man kl. 7) er en løsning med tunnelering 12 timer pr. dag, mandag til fredag (12/5) ligeledes vurderet på strækninger, hvor det ikke er påkrævet at tunnelere døgnet rundt.

For hver af de tre byggepladser er principper for afvikling af bil- og servicetrafikken (bus, renovation og beredskab) samt cykel- og gangtrafikken lokalt omkring byggepladsen skitseret i de faser, som udgør den samlede anlægsperiode for den enkelte byggeplads. De trafikale forhold er overordnet beskrevet med henblik på at vurdere de relevante påvirkninger af omgivelserne for naboer og trafikanter. I den senere mere detaljerede planlægning af projektet vil de trafikale løsninger i samarbejde med kommunerne blive udmøntet i konkrete projekter for arealinddragelse og trafikafvikling ved den enkelte byggeplads inden for rammerne at de forhold, der beskrives i denne rapport. Nye muligheder for trafikafvikling kan således blive undersøgt og indgå i projektet i en senere fase.

8.2 Eksisterende forhold

8.2.1 Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø

På hjørnet af Vodroffsvej og Gl. Kongevej ligger et offentligt parkeringsareal med plads til ca. 18 biler. Derudover er der plads til ca. 2 biler langs kantsten på Vodroffsvej. Se figur 8.1.



Figur 8.1: Luftfoto med eksisterende forhold på hjørnet af Vodroffsvej og Gl. Kongevej. På luftfotoet ses eksisterende parkering, svingbaner og trappe til stien rundt om Skt. Jørgens Sø

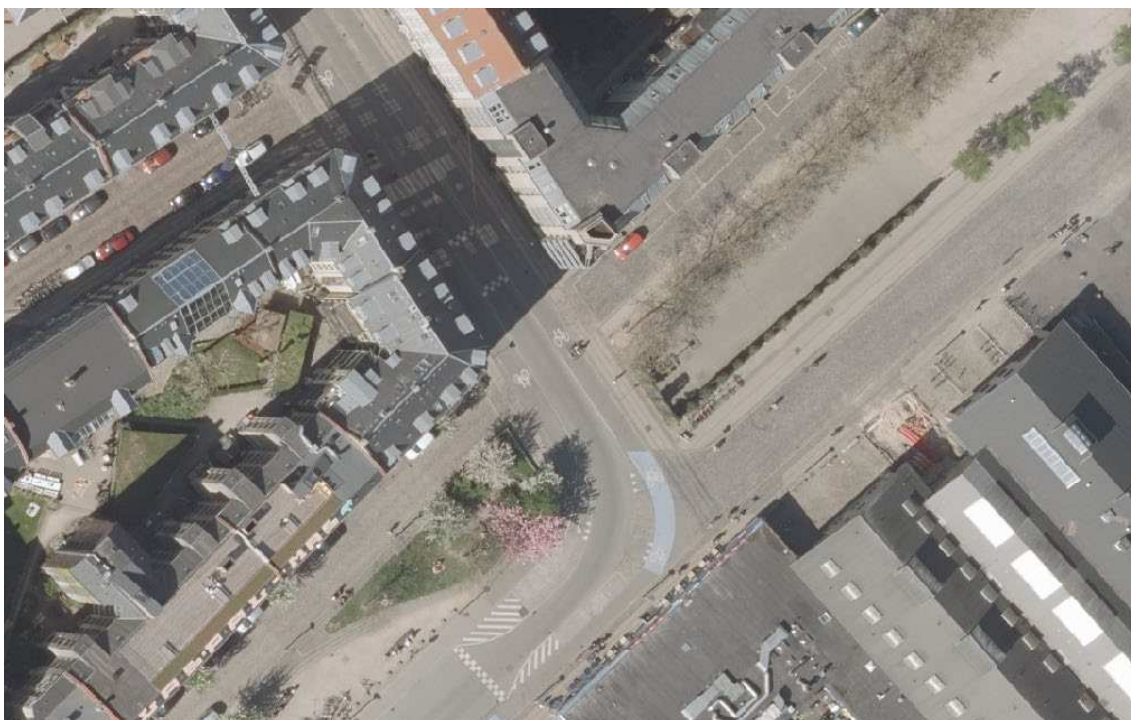
Vodroffsvej er en tosporet vej, som udvides til tre spor i krydset til Gl. Kongevej, med plads til separate svingbaner. Vodroffsvej er i begge sider forsynet med fortov, mens cykeltrafikken afvikles på kørebanearealet. Vejen har en trafikbelastning på ca. 3.900 køretøjer/døgn [40]. Vodroffsvej betjenes af buslinje 71.

Gl. Kongevej er en tosporet vej, men er lokalt omkring krydset med Vodroffsvej udvidet med en kombineret bus- og højresvingsbane samt en venstresvingsbane for biler fra øst og en venstresvingsbane mod Vodroffsvej for biler fra vest. Vejen er udstyret med bredt fortov og cykelsti. Gl. Kongevej har i dag en trafikbelastning på ca. 12.000 køretøjer/døgn, heraf ca. 4% tunge køretøjer, svarende til ca. 480 køretøjer i døgnet [41].

I busbanen på Gl. Kongevej, lige før den kombinerede busbane og højresvingsbane, er placeret et busstoppested for bus nr. 9A og 31.

8.2.2 Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej

Gasværksvej er i dag ensrettet for biltrafik i retning mod nord; med cykelsti og fortov i begge sider. Modstrøms cykeltrafik er således tilladt. Se figur 8.2.



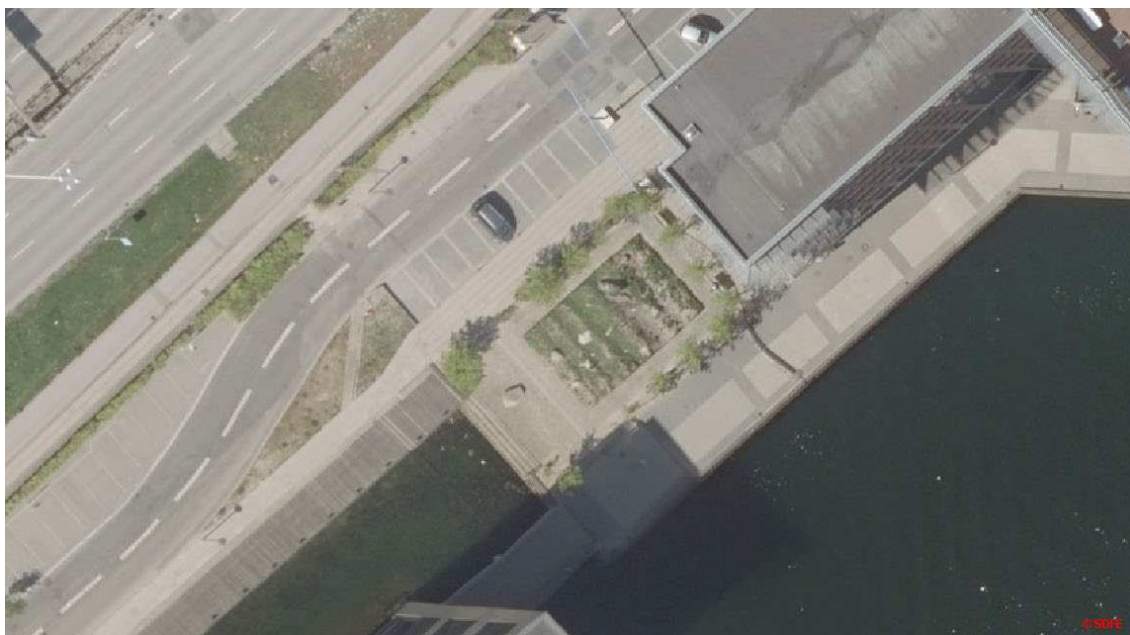
Figur 8.2: Luftfoto, der viser hjørnet mellem Halmtorvet og Gasværksvej. På luftfotoet ses eksisterende forhold med parkering og trafik fra Halmtorvet mod Gasværksvej.

Den sydlige del af Halmtorvet (mod Kødbyen) har i dag dobbeltrettet biltrafik. Halmtorvet er lukket for gennemkørende biltrafik øst for Staldgade, hvor der er placeret steler på tværs af vejen, og har som sådan karakter af en blind vej. Den nordlige del af Halmtorvet er ensrettet i retning mod Gasværksvej, med kantstensparkering i den nordlige side. Mellem de to trafikarealer af Halmtorvet er der anlagt en basketballbane.

Gasværksvej har i dag en trafikbelastning på ca. 3.600 køretøjer/døgn, heraf ca. 3% lastbiler. Halmtorvet (vest for Gasværksvej) har i dag en trafikbelastning på ca. 3.200 køretøjer/døgn, heraf ca. 3% lastbiler

8.2.3 Byggeplads ved Kalvebod Brygge

Kalvebod Brygge er en overordnet indfaldsvej til Københavns centrum. Årsdøgntrafikken er 38.100 med 5% tung trafik [41]. Langs selve Kalvebod Brygge findes på sydsiden en lokalgade med parkering og adgang til ejendomme langs vejen. Se Figur 8.3.



Figur 8.3: Luftfoto, der viser området ved Kalvebod Brygge mellem nr 45 og 47. På luftfotoet ses lokalgaden, eksisterende parkering og haveanlæg

8.3 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

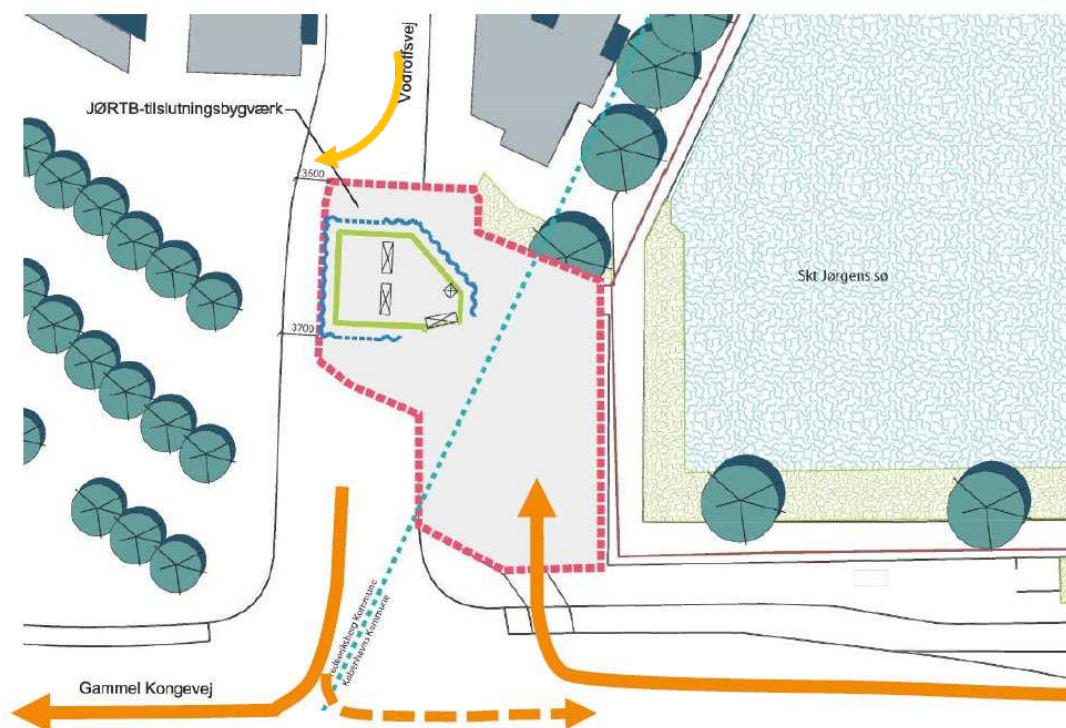
8.3.1 Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø

Byggepladsen vil være i drift i ca. 2½ år (30 måneder). Perioden vil dække over perioder med intensiv byggepladsaktivitet – og deraf følgende forøget lastbiltrafik – og perioder med lavere aktivitet Tabel 8.1. Total over byggepladsperioden forventes en lastbiltrafik på ca. 1.100 lastbiler til og fra byggepladsen.

Det offentlige parkeringsareal på hjørnet af Vodroffsvej/Gl. Kongevej inddrages i hele byggeperioden med i alt 20 parkeringspladser. Trappeadgangen i parkeringspladsens nordøstlige ende med adgang til sti omkring Skt. Jørgens Sø rykkes midlertidigt lidt mod nord, hvorved adgangen fra stien til Vodroffsvej opretholdes i anlægsfasen. Selve stien rundt om Skt. Jørgens Sø påvirkes ikke af anlægsarbejdet. I byggeperioden opretholdes vejadgang til p-kælderen under Codanhus med adgang fra Vodroffsvej, se Figur 8.4.

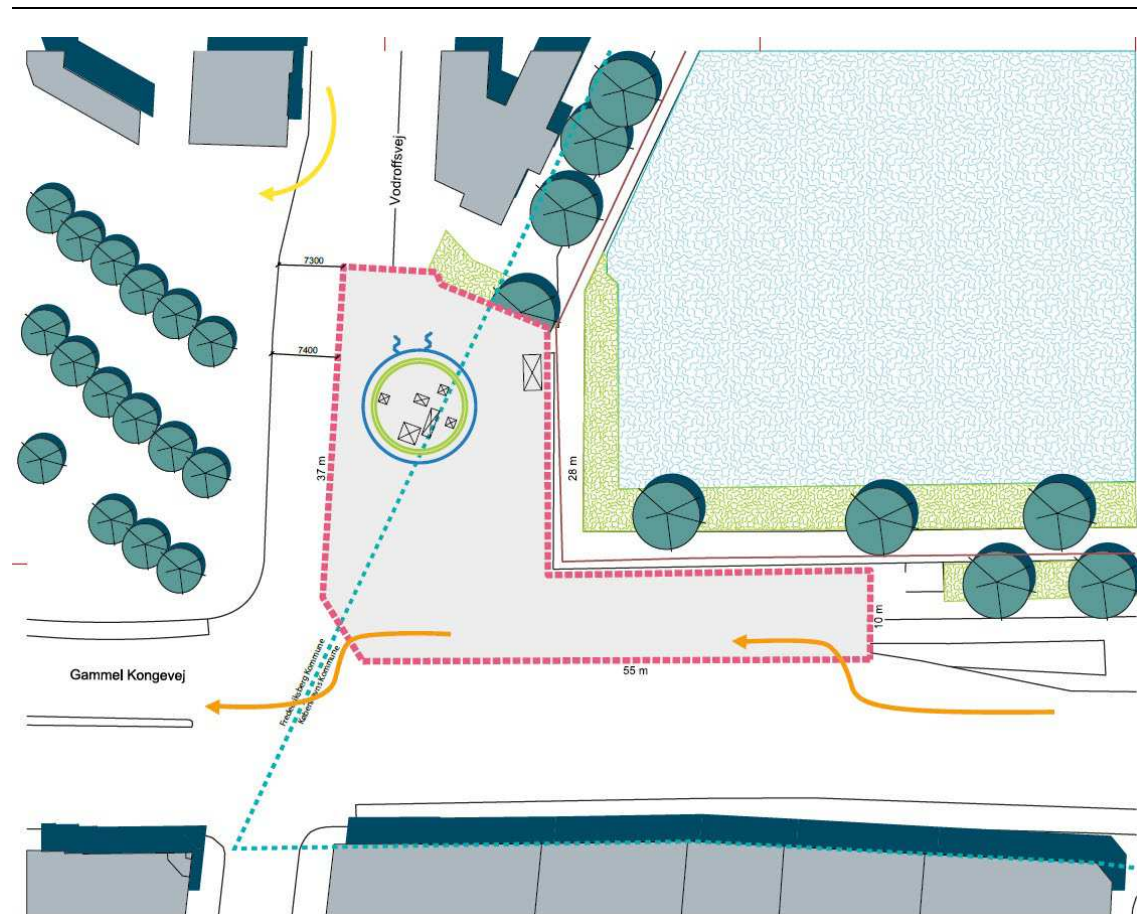
Byggepladsen følger to faser, først med etablering af tilslutningsbygværk og dernæst med etablering af skakt til tunnelering.

I fase 1 etableres et tilslutningsbygværk, hvor vand fra det eksisterende regnvandssystem kan ledes til skybrudstunnelen. Denne byggefase varer ca. 35 uger, heraf effektiv arbejdsperiode på ca. 17 uger. I denne fase inddrages en stor del af Vodroffsvej, og det vil kun være muligt at afvikle ensrettet bil- og servicetrafik forbi byggepladsen. Det foreslås at prioritere biltrafik i retning mod syd, dvs. mod Gl. Kongevej. Vodroffsvej vil fortsat kunne afvikle servicetrafik i form af renovation og beredskab. Buslinje 71 kan eventuelt omlægges til alternativ rute for at frigive kapacitet til den øvrige trafik langs byggepladsen. I fase 1 sker der ingen fysisk indskrænkning af Gl. Kongevej. Udstrækningen af byggepladsen i fase 1 er illustreret på Figur 8.4. Vodroffsvej lukkes helt i ca. 1 uge i starten og 1 uge i slutningen af fase 1.



Figur 8.4: Afgrænsning af byggeplads ved Skt. Jørgens Sø, fase 1 (etablering af tilslutningsbygværk). Rød linje angiver den overordnede byggepladsafgrænsning i perioden; gul pil angiver indkørsel til p-kælder under Codanhus. Grøn linje er tilslutningsbygværket, der ligger under jorden og blå er de spunsen rundt om. De orange pile viser forventede til- og frakørselsforhold for byggeplads trafik vist med fuldt optrukne orange linjer. Stiplede linjer angiver en alternativ mulighed for frakørsel retur ad Gl. Kongevej mod øst.

I fase 2 etableres en skakt, der skal fungere som afsenderskakt for tunnelboremaskinen. Denne byggefase varer ca. 95 uger, heraf effektiv arbejdsperiode på ca. 65 uger. I denne fase indskrænkes byggepladsen, hvorved afspærringen af Vodroffsvej mindskes, og det vil være muligt at afvikle dobbeltrettet bil- og servicetrafik her, som i dag. I denne del af byggeperioden inddrages det nordlige fortov, cykelsti og inderste kørespor (kombineret bus- og højresvingsbane) på Gl. Kongevej, som således indskrænkes til et kombineret kørespor. Det vurderes nødvendigt at anlægge en midlertidig cykel- og fodgængerbane forbi byggepladsen, hvilket yderligere indskrænker det effektive kørebaneareal. Bus- og servicetrafik må derfor afvikles i ét spor, og det anbefales at indføre højresvingsforbud mod Vodroffsvej af hensyn til fremkommeligheden. Eksisterende busstoppested skal rykkes til en placering vest for krydset. Udstrækningen af byggepladsen i fase 2 er illustreret på Figur 8.5.



Figur 8.5: Afgrænsning af byggeplads ved Sct. Jørgens Sø, fase 2 (etablering af skakt). Rød linje angiver den overordnede byggepladsafgrænsning i perioden; gul pil angiver indkørsel til p-kælder under Codanhus). Grøn linje er skakten, der ligger under jorden og blå er de sekantpælevæggen rundt om. De orange pile viser forventet afvikling af byggepladstrafik.

Tabel 8.1: Forventet varighed af fasearbejderne, angivelse af effektive arbejdsperioder og lastbiltrafikmængder ved Skt. Jørgens Sø. Trafikken i fase 2 er opdelt i 4a, som beskriver forholdene ved tunnelering i døgndrift, mens 4b beskriver forholdene ved tunnelering 12 timer om dagen på 5 hverdage.

	Samlet periode	Effektiv arbejdsperiode [dage]	Forventet lastbiltrafikmængde [antal]	Lastbiler /døgn [antal]
Fase 1: Tilslutningsbygværk				
1. Ledningsomlægninger/mobilisering	10 dage/2 uger	5	9	2-3
2. Etablering af spuns	15 dage/3 uger	6	5	1-2
3. Udgravning af byggegrube	10 dage/2 uger	10	30	2-3
4. Betonarbejder stadie 1	45 dage/9 uger	25	10	0-1
5. Installation af udstyr	10 dage / 2 uger	-	-	-
6. Betonarbejder stadie 2	60 dage/12 uger	30	10	1-2
Fase 2: Etablering af skakt og tunnelering				
1.Ledningsomlægninger/mobilisering	20 dage/4 uger	10	5	1-2
2. Etablering af skaktvæg (sekantpæle)	70 dage/14 uger	70	90	1-2
3. Udgravning af skakten og etablering af bundplade	55 dage/11 uger	30	180	5-6
4a. Tunnelering med bortskaffelse af jord	90 dage/16 uger	40	630	12 - 16
4b. Tunnelering med bortskaffelse af jord	130 dage/24 uger	80	630	6-8
5. Støbning af skakt (armering/beton/installationer)	175 dage/35 uger	100	50	

Tabel 8.1 viser den forventede trafik i de forskellige anlægsfaser. Det ses, at trafikintensiteten varierer meget i byggeperioden. De arbejdsprocesser, der skaber mest trafik er udgravning af skakten og tunnelering, hvor der bortkøres jord og tilkøres materialer. I de travleste perioder forventes en trafikbelastning på henholdsvis 12-16 eller 6-8 tunge køretøjer dagligt afhængig om tunneleringen foregår i døgndrift eller 12 timer om dagen 5 dage om ugen. Ud over lastbiltrafikken vil byggepladsen medføre en varierende mængde trafik med personbiler og varebiler.

Der kører i dag ca. 480 lastbiler i døgnet på Gl. Kongevej, og trafikken til byggepladsen vil således medføre en forøgelse på maksimalt 4% af den nuværende tunge trafik. Tunnelering 12 timer om dagen 5 dage om ugen vil mindske den maksimale trafik fra anlægsarbejdet, men samtidig forlænge anlægsperioden med ca. 8 uger, og dermed de trafikale ændringer i området. Påvirkningen af trafikmængden og de lokale trafikomlægninger vurderes på samlet set som **ubetydelig**, og forventes kun at have **ubetydelige** indvirkning på den trafikale afvikling, trafiksikkerhed og barriere virkning i området.

8.3.2 Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej

Byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej forventes at være i funktion i ca. 2,5 år (ca. 145 uger). Perioden vil omfatte perioder med større byggepladsaktivitet, og deraf følgende forøget lastbiltrafik, og perioder med lavere aktivitet (Tabel 8.2). I hele anlægsperioden forventes en

total lastbiltrafik på ca. 650 lastbiler relateret til byggepladsaktiviteterne. Ud over lastbiltrafikken vil byggepladsen medføre en varierende mængde trafik med personbiler og varebiler.

Byggepladsen følger to faser: Etablering af tilslutningsbygværk og etablering af skakt til tunneling. Der nedlægges et mindre antal p-pladser langs Halmtorvet i byggeperioden; ca. 4 i fase 1 og ca. 5 i fase 2. Skakten skal anvendes som modtagekammer for tunnelboremaskinen fra henholdsvis nord og syd, og der vil således være længere perioder under tunneleringen, hvor der ikke er aktivitet eller trafik til byggepladsen (se anlægstidsplanen afsnit 5.3).

I fase 1 etableres et tilslutningsbygværk i den sydlige ende af Gasværksvej ved Halmtorvet. Byggefasen varer ca. 35 uger (med effektiv arbejde i ca. 17 uger). Byggepladsen inddrager et areal på Halmtorvet ud for Halmtorvet 28-30, og denne lukkes for biltrafik ud mod Gasværksvej. Se Figur 8.6. Af hensyn til den generelle fremkommelighed i nærområdet foreslås det, at genåbne den sydlige del af Halmtorvet ved Øksnehallen, hvor der i dag er opstillet steler, som hindrer gennemkørsel.



Figur 8.6: Afgrænsning af byggeplads Halmtorvet/Gasværksvej for kommende byggeskakt, fase 1 (etablering af tilslutningsbygværk) Rød linje angiver den overordnede byggepladsafgrænsning i perioden; den grønne stiplede linje en 3 ugers udvidelse; og den blå stiplede linje en 4 ugers udvidelse. . Grøn linje er tilslutningsbygværket, der ligger under jorden og blå er de spursen rundt om. Potentiel til- og frakørselsvej via Sønder Boulevard for byggeplads trafik vist med fuldt optrukne orange linjer. Midterhellen i Halmtortorvet vest for byggepladsen indskrænkes, så der fortsat er plads til adskillelse af cyklister og fodgængere fra biltrafikken. Nuværende anlæg er vist med stiplet signatur.

Første del af fase 1 medfører ikke en fysisk indskrænkning af gaderummet på Gasværksvej, og biltrafik og servicetrafik i form af renovation og beredskab vil derfor kunne afvikles som i dag, dvs. i ensretning mod nord. Anden del af fase 1 medfører kortvarige indskrænkninger af gaderummet (hhv. 3 uger og 4 uger) lokalt forbi byggepladsen. Dele af det grønne areal vest for byggepladsen inddrages til vejareal og bil- og servicetrafikken vil fortsat kunne afvikles i ensretning mod nord i disse korte perioder.

Den sydlige del af Halmtorvet og de sidegader, der støder op hertil, vil derfor skulle betjenes fra øst (fra rundkørslen ved Abel Katrines Gade). Sidegaderne Staldgade og Slagtehusgade vil ligeledes kunne trafikbetjenes fra øst.

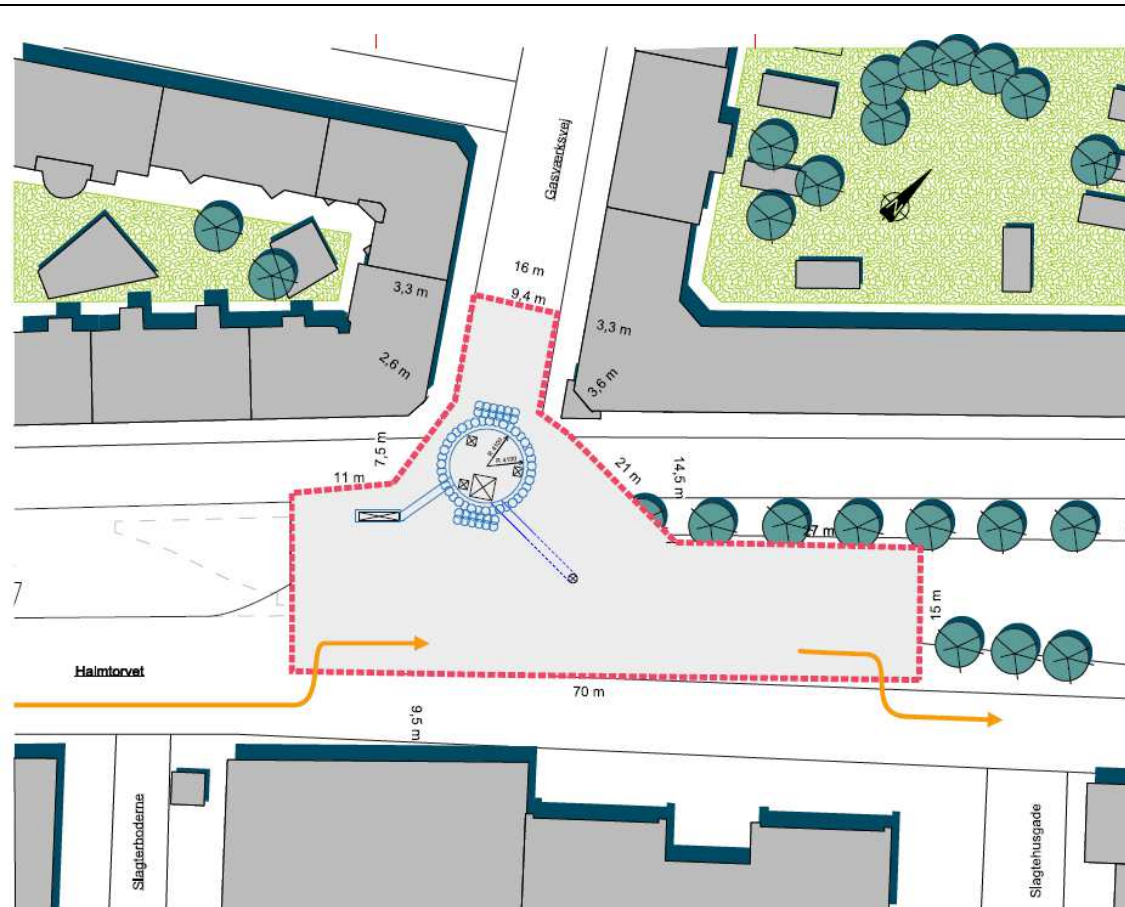
Tabel 8.2: Estimeret trafik i anlægsperiodens fase 1 og fase 2 ved byggeplads Halmtorvet/Gasværksvej. Længden af pkt. 5 i fase 2 afhænger af, i hvor høj grad, der tunneleres i døgndrift.

	Samlet periode	Effektiv arbejdsperiode [dage]	Forventet lastbiltrafik-mængde [antal]	Lastbiler / døgn [antal]
Fase 1: Tilslutningsbygværk				
1. Ledningsomlægninger/mobilisering	22 dage/4,5 uger	10	15	1-2
2. Etablering af spuns	17 dage/3,5 uger	5	5	0-1
3. Udgravning af byggegrube	8 dage/1,5 uger	8	45	4-6
4. Betonarbejder stadie 1	20 dage/4 uger	10	5	0-1
5. Tilfyldning	2 dage / 0,5 uge	2	6	2-4
Fase 2: Skakt				
1. Ledningsomlægninger/mobilisering	15 dage/3 uger	10	5	0-1
2. Etablering af skaktvæg (sekantpæle)	15 dage/3 uger	5	10	1-2
3. Udgravning af byggegrube	11 dage/2 uger	11	95	7-9
4. Betonarbejder stadie 1	45 dage/9 uger	25	10	2-3
5. Pause mens tunnelboremaskinerne kører	4-6 mdr.			0
6. Tilfyldning	3 dage / 1 uge	3	9	2-4
7. Retablering	15 dage/3 uger	10	15	1-2

Som det ses af Tabel 8.2 varierer effektiviteten i de enkelte perioder, og dermed også trafikintensiteten omkring byggepladsen. Typisk er der markante spidsbelastninger i de indledende konstruktionsfaser og i perioden med jordhåndtering (bortskaffelse af jord).

Trafikken relateret til arbejderne i fase 1 er estimeret til total ca. 220 lastbiler (10 m³) over en effektiv periode på ca. 17 uger, hvor tilslutningsbygværket etableres. I de travleste perioder forventes en trafikbelastning på 7-9 tunge køretøjer dagligt.

I hele fase 2 vil der være lukket for ind- og udkørsel mellem Gasværksvej og Halmtorvet.



100

Tabel 8.2 viser den forventede trafik i de forskellige anlægsfaser. Det ses, at trafikintensiteten varierer meget i byggeperioden. De arbejdsprocesser, der skaber mest trafik er udgravning af byggegrube i fase 1 og 2, hvor der bortkøres materialer. I de travleste perioder forventes en trafikbelastning på henholdsvis 4-6 eller 7-9 tunge køretøjer dagligt. Disse perioder er ret afgrænsede, da det forventes at vare henholdsvis 1½ uge og 3 uger. Ud over lastbiltrafikken vil byggepladsen medføre en varierende mængde trafik med personbiler og varebiler.

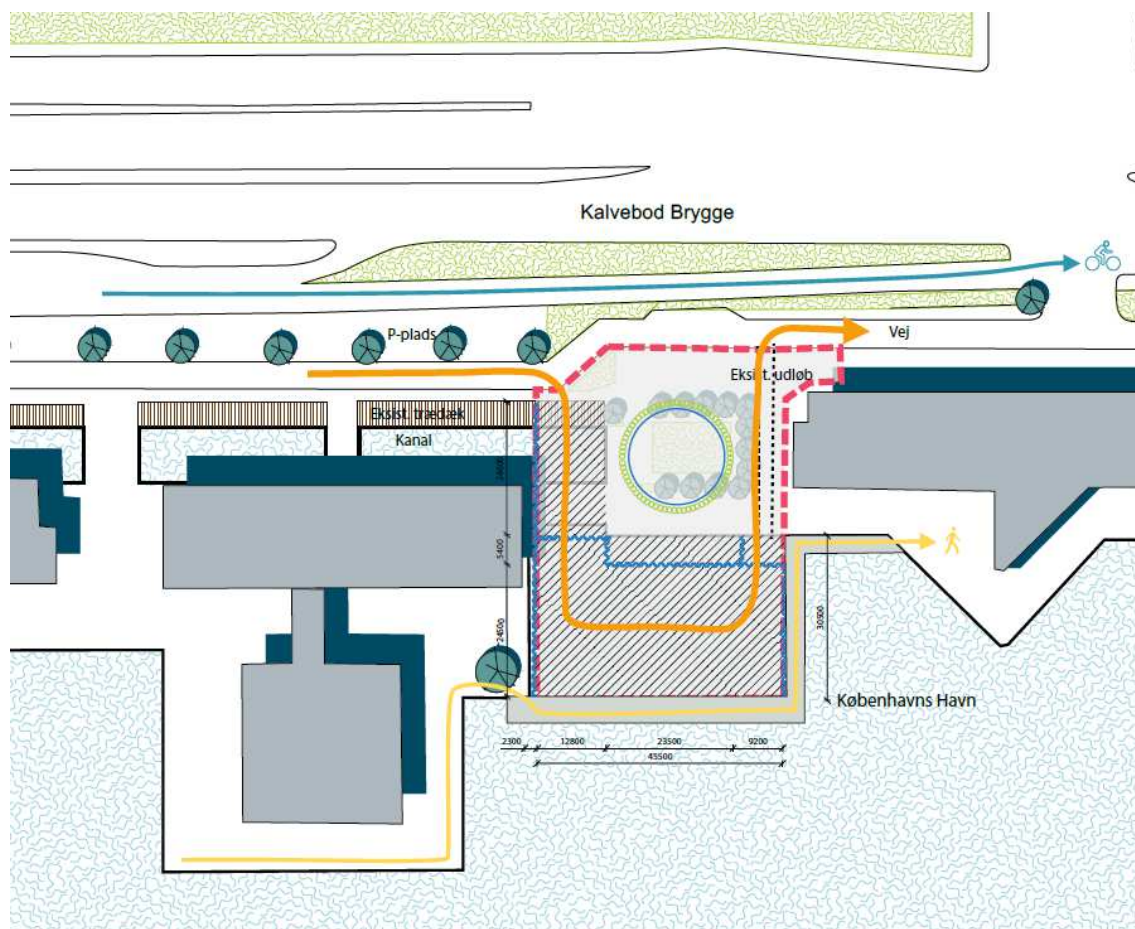
Gasværksvej har i dag en trafikbelastning på ca. 3.600 køretøjer/døgn, heraf ca. 3% lastbiler. Halmtorvet (vest for Gasværksvej) har i dag en trafikbelastning på ca. 3.200 køretøjer/døgn, heraf ca. 3% lastbiler. Set i forhold til de eksisterende trafikmængder i området vurderes mertrafikken på op til 9 tunge køretøjer om dagen, at være relativ lille, og forventes kun at have ubetydelige indvirkning på den trafikale afvikling, trafiksikkerhed og barriere virkning. Den største påvirkning kommer fra indskrænkning af Halmtorvet og Gasværksvej, som nødvendigvis gør, at lukningen af Halmtorvet ophæves for at kunne trafikbetjene området øst for byggepladsen. De trafikale konsekvenser løses ved at fjerne den nuværende afspærring med steler, der er placeret umiddelbart vest for Øksnehallen og spærre for gennemkørsel ad Halmtorvet mod øst. Herved vil der være adgang til sidegaderne Staldgade og Slagtehusgade i byggeperioden.

Efter endt anlægsperiode nedtages byggepladshegnet, og overfladerne retableres til original standard. Af hensyn til drift af anlægget etableres dæksler (i terræn) i Gasværksvej og på basketballbanen. Der etableres et bygværk/styreskab i det sydlige skel af basketballbanen og umiddelbart vest for Gasværksvej.

Årsdøgntrafikken på Halmtorvet er 3.200 køretøjer/døgn med 3% tung trafik. Set i forhold til de eksisterende trafikmængder i området vurderes mertrafikken på op til 9 tunge køretøjer i døgnet at være relativ lille, og forventes kun at have ubetydelige indvirkning på den trafikale afvikling, trafiksikkerhed og barriere virkning. Den største trafikale påvirkning vil de lokale trafikomlægninger som følge af perioden med lukning af Gasværksvej og indskrænkning af vejarbejdet på Halmtorvet. Tunnelering 12 timer om dagen 5 dage om ugen vil forlænge anlægsperiodens længde, og dermed den periode, hvor Gasværksvej er afspærret. Med de indarbejdede afværgeforanstaltninger vurderes påvirkningen af de trafikale forhold at være **mindre**.

8.3.3 Byggeplads ved Kalvebod Brygge

Byggepladsen på Kalvebod Brygge forventes at være i brug ca. 3 år og 7 måneder. Perioden vil dække over perioder med intensiv byggepladsaktivitet – og deraf følgende øgede trafikmængder – og perioder med lavere aktivitet (Tabel 8.3). Total over byggepladsperioden forventes en lastbiltrafik på knap 6.000 lastbiler relateret til byggepladsaktiviteterne. Ud over lastbiltrafikken vil byggepladsen medføre en varierende mængde trafik med personbiler og varebiler.



Figur 8.8: Afgrænsning af byggepladsen ved Kalvebod Brygge. De orange pile viser forventede til- og frakørselsforhold for byggepladstrafik, ligesom omdirigering af gående og cyklister er vist. Blå linje er skakten, der ligger under jorden og grøn er de sekantpælevæggen rundt om. Den krøllede blå streg viser spunsen om den midlertidige opfyldning i havnebassinet.

Det er vurderet, at et kørselsprincip, hvor byggepladstrafikken kører ind på byggepladsen fra lokalgaden fra sydvest, ud igen mod øst og videre ud i signalkrydset O2/Arni Magnussons Gade/lokalgade, er det trafikalt mest robuste. Dette begrundes i, at løsningen i mindst mulig grad påvirker fremkommeligheden på O2/Kalvebod Brygge, idet det kun er udkørende lastbiler, som belaster krydset O2/Arni Magnussons Gade/lokalgade. Pga. manøvreforhold medfører løsningen nedlæggelse af i alt 12-13 p-pladser langs byggepladsen og bygningsfacaden i nr. 45. Se Figur 8.8

Kørselsprincippet kræver, at den ensretning af lokalgaden ud for Fisketorvet, som Metroselskabet har fået gennemført i forbindelse med anlæg af metrostation på Havneholmen syd for Fisketorvet skal opretholdes; herunder også den midlertidige adgangsvej nord for Metroselskabets byggeplads ved rundkørslen til Havneholmen. Det anbefales, at der i det videre arbejde gennemføres en mere detaljeret kapacitetsvurdering af signalkrydset O2/Arni Magnussons Gade/lokalgade. Der er igangsat dialog med Metroselskabet om dette.

I Tabel 8.3 vises den estimerede trafik ved anlæg af skakt og pumpehus ved Kalvebod Brygge.

Tabel 8.3: Forventet varighed af fasearbejderne, angivelse af effektive arbejdsperioder og lastbiltrafikmængder ved Kalvebod Brygge. Trafikken i fase 2 er opdelt i 4a, som beskriver forholdene ved tunnelering i døgndrift, mens 4b beskriver forholdene ved tunnelering 12 timer om dagen på 5 hverdage.

	Samlet periode	Effektiv arbejdsperiode [dage]	Forventet lastbiltrafikmængde [antal]	Lastbiler /døgn [antal]
1. Arbejdsplads i havn/mobilisering /fjernelse af eksisterende ankre	90 dage/18 uger	70	1.500	18-20
2. Etablering af skaktvæg (sekantpæle)	70 dage/14 uger	65	460	6-8
3. Udgravning af skakten og etablering af bundplade	90 dage/18 uger	70	700	10-12
4a. Tunnelering med bortskaffelse af jord	110 dage/22 uger	60	940	14-18
4b. Tunnelering med bortskaffelse af jord	170 dage/34 uger	120	940	7-9
5. Støbning af skakt (armering/beton/installationer)	240 dage/48 uger	125	625	4-6
6. Installationer i skakt	180 dage/36 uger	80	400	4-6
7. Bortskaffelse af opfyld fra arbejdsplads i havn	53 dage/11 uger	50	1.280	24-26
8. Retablering	65 dage/13 uger	40	30	0-2

Da byggepladsen anlægges ud over eksisterende kajkant, ved en opfyldning ud i havnen, spærres promenaden (Havneringen) for gang-/cykeltrafik. Der skal derfor anvises alternative ruter for fodgængere og cyklister i byggeperioden. Det anbefales, at cyklister henvises fra promenaden til cykelstien langs Kalvebod Brygge, og føres langs lokalgaden forbi byggepladsen og ned på Havneringen igen umiddelbart inden Fisketorvet. For fodgængere bør der opretholdes en stiforbindelse rundt om byggepladsen (Figur 8.8). En stiforbindelse kan anlægges som en flydebro på ydersiden af byggepladsen, og forbindes til promenaden mod nord (Swedbank i nr. 45) og syd (Nykredit i nr. 49). Stiforbindelsen bør have en bredde på minimum 2,5 m af hensyn til dobbeltrettet fodgængertrafik.

Servicetrafik i form af renovation og beredskab kan afvikles som i dag.

Årsdøgntrafikken på Kalvebod Brygge er 38.100 med 5% tung trafik. Set i forhold til de eksisterende trafikmængder i området vurderes mertrafikken på op til 26 tunge køretøjer i døgnet at være relativ lille, og forventes kun at have **ubetydelige** indvirkning på den trafikale afvikling, trafiksikkerhed og barriere virkning. Den største trafikale påvirkning vil være tilkørende trafik til byggepladsen, da dette kræver opretholdelse af den nuværende midlertidige ensretning af lokalgaden samt inddragelse af parkeringspladser. Tunnelering 12 timer om dagen 5 dage om ugen vil forlænge anlægsperioden, og dermed længden af de trafikale afspærringer i området.

8.3.4 Samlet vurdering

Anlægsarbejderne vil medføre en relativ lille mertrafik i forhold til den eksisterende tunge trafik i områderne, der kun forventes at have **ubetydelige** indvirkning på den trafikale afvikling, trafiksikkerhed og barrierevirkning. Tunnelering 12 timer pr. dag, mandag til fredag (12/5) vil

medføre lidt færre lastbiler pr. dag, men over en længere anlægsperiode, og vil ligeledes have **ubetydelig** indvirkning på den trafikale afvikling, trafiksikkerhed og barriere virkning.

De lokale trafikomlægninger vil medføre **ubetydelige** miljøpåvirkninger for de trafikale forhold ved Vodroffsvej og ved Kalvebod Brygge, mens de vurderes at være **mindre** betydende for de trafikale forhold ved Gasværksvej/Halmtorvet.

8.4 Kumulative effekter

I den periode, hvor Kalvebod Skybrudstunnel anlægges, vil der sandsynligvis være andre anlægsprojekter, som lige som anlæg af skybrudstunnelen inddrager vejarealer og medfører trafik med tunge køretøjer til anlægsarbejdet.

Det forventes, at Kalvebod Skybrudstunnel vil blive anlagt i perioden fra marts 2021 og 4 år frem. Tidsplanen er endnu ikke endeligt fastlagt og kan ændre sig. Det kan have betydning for vurdering af de kumulative effekter, hvor samtidighed mellem flere anlægsprojekter har betydning. Tidsplanen for øvrige anlægsprojekter kan ligeledes ændre sig.

HOFOR har sammen med Københavns Kommune [42] afdækket planlagte anlægsprojekter i områderne ved de tre byggepladser.

Der er ikke kortlagt væsentlige bygge- og anlægsprojekter ved Skt. Jørgens Sø, der kan medføre kumulative effekter vedrørende trafik.

I forhold til byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej forventes byggeriet af en ny skole på hjørnet af Skelbækgade og Ingerslevgade at være afsluttet i 2022. Der er således et overlap i anlægsperioden. Det vurderes dog, at effekten er begrænset på grund af afstanden mellem de to anlægsarbejder, og fordi trafikken til begge anlægsarbejder er relativ begrænset.

I forhold til byggepladsen ved Kalvebod Brygge forventes byggeriet af metrostationen Havneholmen ved sydgavlen af Fisketorvet og udbygningen Fisketorvet at ske samtidig. Byggeplads-trafikken til disse byggerier vil også anvende lokalgaden langs Kalvebod Brygge og dermed passere forbi tunnelbyggepladsen og byggeriet af pumpestationen ved Kalvebod Brygge, hvorved der vil ske en trafikal belastning af lokalgaden, som vil være til gene for folk, der skal parkere og som kan skabe utryghed for lette trafikanter. De helt konkrete kumulative effekter vil afhænge af den detaljerede planlægning af tidsplanerne for de forskellige byggerier. Når køretøjerne er ude på selve Kalvebod Brygge forventes den nuværende trafik at være så stor at byggepladstrafikken kun udgør en meget lille del af en samlede trafik og dermed ikke vil have kumulativ betydning og dermed en ubetydelig påvirkning.

8.5 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Der vurderes ikke, at der er manglende viden, der gør at de trafikale og miljømæssige konsekvenser ikke kan vurderes på dette niveau. Det er ikke afgjort, hvor overskudsjord og tunnelmuck skal køres hen (se kapitel 19). Dermed kendes det anvendte vejnet til jordkørslerne ikke, men da trafikken er begrænset, vurderes det ikke som en mangel med betydning for vurderingerne i denne miljøvurdering.

8.6 Afværgeforanstaltninger

Ved indretningen af byggepladserne er de trafikale forhold indrettet, så trafikken kan afvikles uden de store konsekvenser for det overordnede vejnet.

Ved Skt. Jørgens Sø er det nødvendigt at flytte et busstoppested, som placeres et andet sted på Gammel Kongevej. Trappeadgangen i parkeringspladsens nordøstlige ende med adgang til sti omkring Skt. Jørgens Sø rykkes midlertidigt lidt mod nord, hvorved adgangen fra stien til Vodroffsvej opretholdes.

Ved Halmtorvet er det nødvendigt at fjerne stelerne umiddelbart vest for Øksnehallen, der hindrer gennemkørsel frem til rundkørslen ved Abel Katrines gade. Dele af det grønne areal vest for byggepladsen inddrages til vejareal og bil- og servicetrafikken vil fortsat kunne afvikles i ensretning mod nord i disse korte perioder.

Ved Kalvebod Brygge kræver kørselsprincippet, at den ensretning af lokalgaden ud for Fiske-torvet, som Metroselskabet har fået gennemført i forbindelse med anlæg af metrostation på Havneholmen syd for Fisketorvet skal opretholdes; herunder også den midlertidige adgangsvej nord for Metroselskabets byggeplads ved rundkørslen til Havneholmen. Det anbefales, at der i det videre arbejde gennemføres en mere detaljeret kapacitetsvurdering af signalkrydset O2/Arni Magnussons Gade/lokgaden.

I den senere mere detaljerede planlægning af projektet vil de trafikale løsninger i samarbejde med kommunerne blive udmøntet i konkrete projekter for arealinddragelse og trafikafvikling ved den enkelte byggeplads inden for rammerne at de forhold, der beskrives i denne rapport.

9 Støj

Der er foretaget beregning af ekstern støj fra de forskellige byggefaser for de tre byggepladser. Støjberegningerne er dokumenteret i et støjnotat, der udgør bilag 1 til denne miljøkonsekvensrapport.

9.1 Metode

Beregningerne omfatter støjpåvirkning af alle relevante anlægsaktiviteter i forbindelse med etablering af skakte, anlæg af tilslutningsbygværker samt driften af tunnelarbejdspladserne. Beregningerne omfatter således alle relevante anlægsscenarier, herunder tunnelering i døgn-drift og med alle relevante støjklender. Ved tunnelering i dagtimerne på hverdage (12/5) vil aktiviteterne med drift af tunnelarbejdspladserne uden for dagtimerne bortfalde, og de gennemførte beregninger for støj om natten vil ikke være relevante.

Beregningerne er udført i henhold til anvisninger beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993 – Beregning af ekstern støj fra virksomheder [43]. Alle støjberegninger udføres i programmet SoundPLAN ver. 8.0, der er godkendt af Miljøstyrelsen til udførelse af støjberegninger i kvalitet "Miljømåling ekstern støj".

Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune har efter § 20 i miljøaktivitetsbekendtgørelsen udarbejdet forskrifter for bygge- og anlægsarbejder. Forskrifterne fastlægger rammerne for støjende arbejder og særligt støjende arbejder [7] [8].

Tabel 9.1: Støjkrav for bygge- og anlægsarbejder i Københavns og Frederiksberg kommuner. Grænseværdierne er angivet som det ækvivalente, korrigerede støjniveau i dB(A), bortset fra maksimalværdierne. Grænseværdier for støjbelastning målt udendørs.

	Tidsrum	Støjgrænse
Grænseværdier for støjbelastning målt udendørs	København: Hverdage mandag til fredag kl. 7 - 19, samt lørdag kl. 8 - 17	70 dB(A)
	Frederiksberg: Hverdage mandag til fredag kl. 7 - 18	
	Andre tidsrum	40 dB(A)
	Maksimalværdi om natten (kl. 22 - 7)	55 dB(A)

Ud over de ovennævnte støjkrav gælder, at nedenstående særligt støjende aktiviteter er undtaget fra støjkravene, men kun må foregå i tidsrummet mandag – fredag mellem kl. 8 – 17 (kl. 16 i Frederiksberg Kommune).

- Nedramning af spuns, pæle eller lignende.
- Etablering af slidsevægge, sekantpæle og jordankre.
- Skærende og slibende aktiviteter, fx betonskæring, asfaltskæring, metalskæring og lignende.
- Betonnedbrydning.
- Tilsvarende særligt støjende aktiviteter.

Ifølge Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1984: "Måling af ekstern støj fra virksomheder" [44] skal der til L_{Aeq} -værdien adderes 5 dB, såfremt støjen i beregningspunkterne vurderes at indeholde tydeligt hørbare toner eller tydeligt hørbare impulser.

Ved miljøpåvirkninger i anlægsfasen er det beskrevet hvilke faser (støjklender), der vurderes at indeholde hørbare impulser. Da hørbare impulser er baseret på en subjektiv vurdering, kan det først endeligt vurderes om en støjkilde indeholder hørbare impulser ved et målepunkt, når støjklenden er i drift på stedet. Jo længere væk fra støjklenden et målepunkt er, og jo mere baggrundsstøj, der er mellem støjklenden og målepunktet, jo mindre er sandsynligheden for at impulsen er hørbar. Der stilles krav til entreprenører om støj- og impulsdæmpende tiltag ved alle støjende arbejder. Der må forventes en del baggrundsstøj fra trafik ved alle 3 skatte i dag- og aften timer. De beregnede støjresultater beskrives både med og uden impulstillæg, da visse aktiviteter vil have tydelige impulser, mens andre aktiviteter kan have impulser i større eller mindre grad, hvor impulstillægget må betragtes som konservativ vurdering af støjpåvirkningen.

De beregnede støjniveauer er vurderet i forhold til krav og grænseværdier beskrevet i Københavns Kommunes forskrift, da det meste af arbejdet foregår i Københavns Kommune, se Tabel 9.1. Det forventes, at HOFOR vil søge en dispensation for Frederiksberg Kommunes forskrift for arbejderne ved Skt. Jørgens Sø, således at støjgrænserne og arbejdstiderne er de samme på begge sider af kommunegrænsen. Støjpåvirkningen er derfor i afsnit 9.3 vurderet i forhold Københavns Kommunes forskrift.

Københavns Kommune har i forbindelse med afgrænsningen af indholdet i denne miljøkonsekvensrapport (se afsnit 3.1.1 og kommunens afgrænsningsudtalelse [12]) vurderet, at det er uhensigtsmæssigt at foretage en vurdering af støj om aftenen og om natten med udgangspunkt i forskrifterne, der i praksis ikke tillader arbejde om aftenen og natten, qua en grænseværdi på 40 dB.

HOFOR og Frederiksberg Forsyning har med henvisning til WHO's rapport Guidelines for community Noise' fra 1999 [9] vurderet, at støj uden for soveværelser om natten kan vurderes i forhold til organisationens 'guideline value for community noise in specific environments' for støj på 45 dB midlet over 8 timer, og en max værdi på 60 dB.

Det forventes, at støj i de byggefasen og fra aktiviteter, hvor forskrifterne ikke kan overholdes, vil blive reguleret med påbud efter miljøbeskyttelseslovens §42.

9.2 Eksisterende forhold

Skybrudstunnelens byggepladser etableres i tæt bebygget område, og de omkringliggende boliger og andre støjfølsomme funktioner er således i forvejen udsat for et baggrundsstøjsniveau fra byens liv og trafik. Alle tre områder, hvor der skal være byggepladser, er præget af støj fra trafikken på de nærliggende veje i større eller mindre grad. Trafikstøjen er kortlagt af Københavns og Frederiksberg kommuner og kan ses på Støj-Danmarkskortet [45].

9.2.1 Omkringliggende boliger og andre støjfølsomme funktioner

Ved Skt. Jørgens Sø består nabobygningerne syd for Gammel Kongevej og langs Vodroffsvej generelt af blandet boliger og erhverv, herunder butikker og Det ny Teater. Mod vest findes et moderne kontorbyggeri.

Ved Halmtorvet består nabobygningerne nordvest for Halmtorvet generelt af boligejendomme. Mod øst findes Den Brune Kødbý, hvor der ligger kultur- og uddannelsesinstitutioner. Mod syd findes Den Hvide Kødbý, hvor der ligger en blanding af kreative erhverv, restauranter mv.

Ved Kalvebod Brygge består nabobygningerne af moderne kontorbyggerier og nyere hoteller.

9.3 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

Støjberegninger for anlægsfasen er dokumenteret i et støjnotat, der udgør bilag 1 til denne miljøkonsekvensrapport.

9.3.1 Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø

Ved Skt. Jørgens Sø skal der etableres et tilslutningsbygværk og en skakt. I kapitel 4 findes en mere detaljeret anlægsbeskrivelse. Byggepladsen skal fungere som tunnelarbejdsplads, hvorfra boring af tunnelrør, optagning af tunnelmuck og nedsænkning af tunnelelementer skal ske. Støjberegningerne er gennemført på tunnelboring med EPB-metoden, se afsnit 5.2.4. Tunnelarbejdspladsen vil være i drift hele den periode, hvor der bores fra Skt. Jørgens Sø til skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej. Byggepladsen indrettes med oplagsplads for tunnelrør og muck/jord. Der kan således tunneleres hele døgnet uden til- og frakørsel med lastbiler udenfor dagtimerne (se afsnit 5.1).

For byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø er der gennemført støjberegninger i 11 byggefaser. Byggefaserne, hvor der er gennemført støjberegninger, er overordnet beskrevet i Tabel 9.2. Byggefaserne med støjkluder, kildestyrker og driftsperioder er nærmere beskrevet i støjnotatet.

Tabel 9.2 Byggefaser og støjkluder for byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø, hvor støjen er beregnet. Byggefase 1a og 2 omfatter særligt støjende arbejder, hvor der ikke er grænseværdier i de kommunale forskrifter. Øvrige faser omfatter arbejder, der er omfattet af en grænseværdi på 70 dB. *Varigheden af tunnelering afhænger af om der tunneleres 24/7 eller 12/5, se afsnit 5.2.4..

Bygge-fase	Længde [uger]	Beskrivelse	Støjkluder
1a	4	Tilslutningsbygværk – Københavnervej/forboret spurs	Københavnervej/spursning (forboret), lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler. Kildestyrken for etablering af københavnervej og forboret spurs er den samme
1a alt	1	Tilslutningsbygværk	Spursning, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler
1b	2	Tilslutningsbygværk - udgravning	Gravemaskine, kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt pumpe til afvanding
1c	8	Tilslutningsbygværk - Støbning af vægge	Diamantskærer, kran, betonpumpe og betonlastbiler, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt pumpe til afvanding
2	14	Etablering af sekantvægge	Boring af sekantpæle, kran, kørsel med lastbiler, betonlastbiler og betonpumpe
3	6	Etablering af jordankre	Kran, borerig jordankre samt kørsel med lastbiler
4	4	Udgravning af skakt	Gravemaskine, hydraulisk hammer i skakt, kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt pumpe til afvanding
5	2	Kapning af pæletoppe	Diamantskærer, diverse støjende udstyr samt kørsel med lastbiler
6	7	Etablering af bundplade og forberedelse til tunnelering	Kran, kørsel med lastbiler samt betonpumpe og betonlastbiler
7	16/24*	Drift af tunnelarbejdsplads	Kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt diverse støjende udstyr og ventilationsanlæg
7nat	16	Drift af tunnelarbejdsplads	Kran, ventilationsanlæg
8	35	Støbning af skakt	Kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt betonpumpe og betonlastbiler

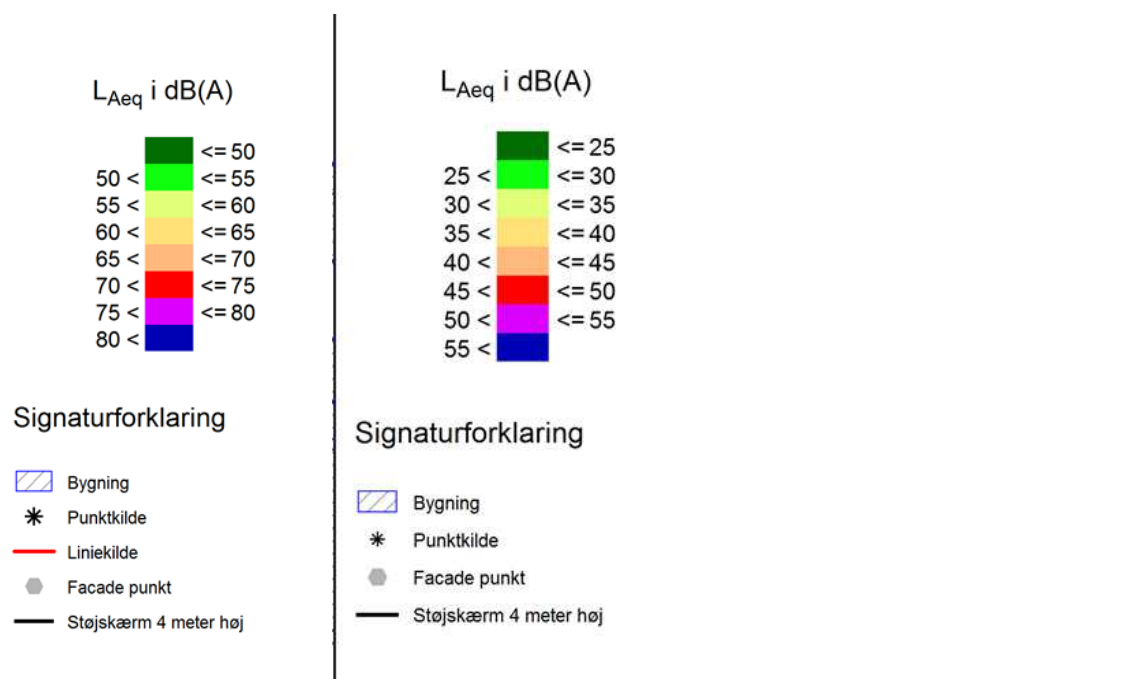
Byggefase 1a, 2, 3, 4 og 5 omfatter særligt støjende arbejder, der i henhold til de Københavns Kommunes forskrift må udføres i dagtimerne i perioden kl. 8 – 17. Der er i forskriften ikke grænseværdi for støj fra de særligt støjende arbejder.

Det er vurderet, at byggefase 1a, 2, 3 og 4 omfatter anlægsaktiviteter, hvor der må forventes tydeligt hørbare impulser. Som beskrevet ovenfor omfatter disse byggefaser tillige særligt støjende arbejder.

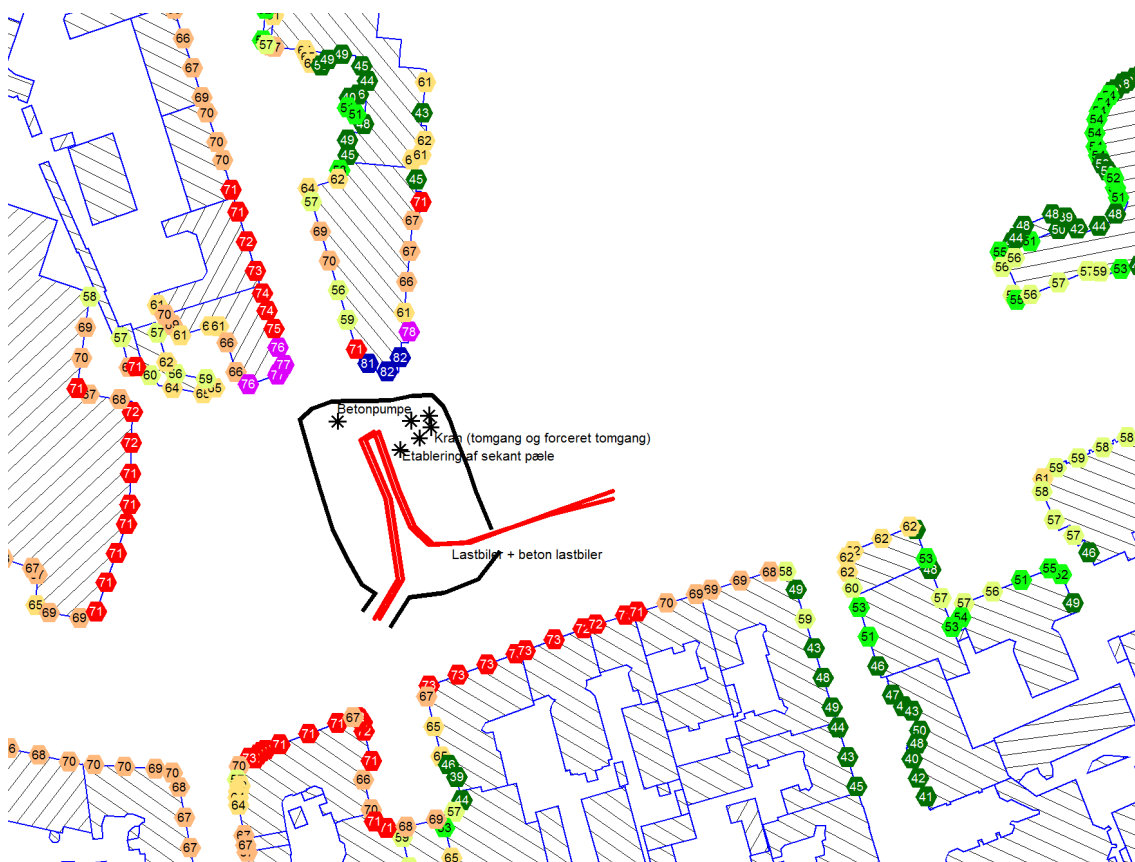
I de øvrige byggefaser er det mere usikkert, om der vedvarende er tydeligt hørbare impulser, da det som beskrevet i afsnit 9.1, afgøres af en konkret vurdering. Der forventes ikke vedvarende tydeligt hørbare impulser, men impulsstøj kan forekomme fx fra håndtering af støbeforme og armeringsjern, højtryksspuling samt håndtering og tømning af muckcontainere. Der vil ligeledes forekomme impulser, hvis der tabes noget, en bildør smækkes, nogen råber eller lignende. Der er ingen af de maskiner, som er i drift i disse faser, der giver anledning til tydelig impulsstøj.

Byggefase 1a, der omfatter etablering af københavnergæde (alternativt spunsning med forboret spuns) i forbindelse med etablering af tilslutningsbygværket, medfører den højeste støjpåvirkning af omgivelserne. Støjberegningerne for Københavnergæde og forboret spuns, som har samme kildestyrke, viser op til 81 dB, hvilket bliver til 86 dB inkl. impulstillæg på 5 dB ved de nærmeste boliger i ejendommen Vodroffsvej 2. Der kan forekomme op til 5 dage, hvor det er nødvendigt med nedramning af spuns uden forboring, se afsnit 5.2.1. Ved nedramning af spuns viser støjberegningerne op til 90 dB, hvilket bliver til 95 dB inkl. impulstillæg på 5 dB ved de nærmeste boliger i ejendommen Vodroffsvej 2. Byggefase 1a forventes at vare ca. 20 dage. Byggefase 2, hvor der etableres sekantpæle til indfatning af skakten, vil medføre støj på op til 82 dB, hvilket bliver 87 dB inkl. impulstillæg på 5 dB på facaden ved de nærmeste boliger. Byggefase 2 forventes at vare 70 dage. Støjen i fase 2 er vist i Figur 9.2. Støjkortene medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.

Byggefase 4 og 5 kan, selvom de indeholder elementer af særligt støjende arbejder, overholde grænseværdien på 70 dB inkl. impulstillæg på 5 dB.

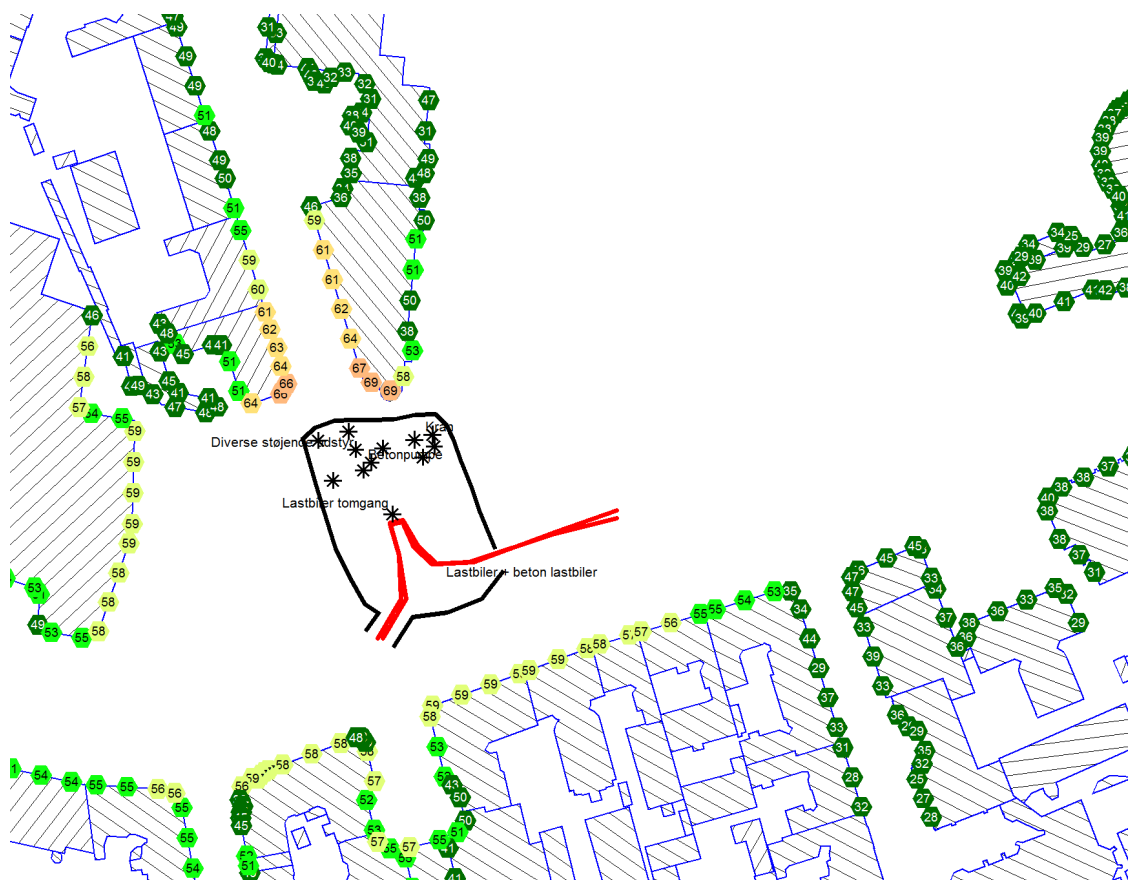


Figur 9.1: Signaturforklaring til støjkort; dag og nat (Figur 9.4, Figur 9.9 og Figur 9.10). For dagperioden gælder, at grænseværdien for støj overskrides ved den røde farvemarkering, dvs. 70 dB. For natperioden overskrides WHO's anbefalede grænseværdi på 55 dB om natten ved den røde farvemarkering.



Figur 9.2: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 2 for byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø, hvor der etableres sekantpæle til skakten. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.

I byggefase 1b, 1c, 6, 7 og 8 skal der ikke udføres særligt støjende arbejder. Støjen fra anlægsarbejdet er derfor underlagt en støjgrænse på 70 dB på hverdage kl. 7 – 19, og lørdage kl. 8 – 17 (gælder kun Københavns Kommune) i henhold til den kommunale forskrift. Støjberegningerne viser, at med et 4 m højt støjdæmpende byggepladshegn, kan støjgrænsen overholdes i byggefase 1c og 7. Selv når det beregnede støjniveau øges med 5 dB i impulstillæg. Byggefase 8 er den længste byggefase, ca. 187 dage, og medfører op til 69 dB, hvilket bliver til 74 dB inkl. impulstillæg på 5 dB på facaden ved den nærmeste bolig. Støjen i fase 8 er vist i Figur 9.3. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB. Støjberegningerne viser, at støjen i fase 1b og 6 er henholdsvis 71 og 72 dB inkl. impulstillæg på 5 dB.



Figur 9.3: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 8 for byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø, færdiggørelse og overdækning af skakt. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.

Byggefase 7 omfatter drift af tunnelarbejdspladsen. I dagtimerne kan støjten fra anlægsaktiviteterne overholde støjgrænsen på 70 dB, som beskrevet ovenfor. Uden for dagtimerne vil der udelukkende foregå aktiviteter, der er nødvendige for drift af tunnelboremaskinen. Tunnellementer sænkes ned i skakten og tunnelmuck løftes op, derudover er der et anlæg for ventilation af tunnelen i drift. Øvrige nødvendige aktiviteter som bortkørsel og levering af materialer vil foregå i dagtimerne. Byggefase 7 forventes samlet set at vare 90 dage, hvis der tunneleres i døgndrift. Heraf forventes 40 nætters arbejde med tunnelering, og dermed med natstøj fra anlægsarbejderne. Støjen i fase 7 nat er afhængig af den konkrete indretning af byggepladsen, som entreprenøren kommer til at stå for. Støjregninger viser et støjniveau på 49 dB ved den nærmeste facade, se Figur 9.4. Bemærk at støjintervallernes farver er forskellige på denne figur i forhold til øvrige figurer (se Figur 9.1). Støjen om natten er beregnet som en middelværdi over 8 timer jf. WHO's anbefaling om, at udendørsstøj om natten maksimalt er 45 dB, se beskrivelsen i afsnit 9.1. Da de anvendte støjklender i natperioden er ventilationsanlæg og kran, der typisk har konstante støjniveauer uden impulsholdig støj, vurderes det, at det beregnede ækvivalente støjniveau vil ligge tæt på det maksimale støjniveau. Det vurderes derfor, at det ikke vil overstige 60 dB, der er WHO's anbefaling for max-niveau om natten, se beskrivelsen i afsnit 9.1.



Figur 9.4: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 7 for byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø, ved drift af tunnelarbejdspladsen om natten. Støjen er beregnet med en midlingstid på 8 timer jf. WHO's guideline.

9.3.2 Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej

Ved Halmtorvet/Gasværksvej skal der etableres et tilslutningsbygværk og en skakt. Skakten er modtageskakt for de tunnelboremaskiner, der anlægger de borede tunneller fra tunnelarbejdspladserne ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge, og der vil dermed ikke være aktiviteter på byggepladsen i perioden, hvor tunnelen bores.

For byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej er der gennemført støjberegninger i 10 byggefaser. Der er desuden en periode på ca. 7 måneder, hvor byggepladsen ligger stille, mens tunneleringen foregår, se kapitel 5. Byggefaserne, hvor der er gennemført støjberegninger, er overordnet beskrevet i Tabel 9.3. Byggefaserne med støjkloder, kildestyrker og driftsperioder er nærmere beskrevet i støjnotatet.

Tabel 9.3 Byggefaser og støjkloder for byggepladsen ved Halmtovet/Gasværksvej, hvor støjen er beregnet. Byggefase 1a, 3, 4, 5 og 6 omfatter særligt støjende arbejder, hvor der ikke er grænseværdier i den kommunale forskrift. Øvrige faser omfatter arbejder, der er omfattet af en grænseværdi på 70 dB.

Byggefase	Længde [uger]	Beskrivelse	Støjkloder
1a	4	Tilslutningsbygværk – Københavnerg / forboret spuns	Københavnerg/spunsning (forboret), lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler. Kildestyrken for etablering af københavnerg og forboret spuns er den samme.
1a alt	1	Tilslutningsbygværk	Spunsning, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler
1b	2	Tilslutningsbygværk - udgravning	Gravemaskine, kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt pumpe til afvanding
1c	9	Tilslutningsbygværk - Støbning af vægge	Diamantskærer kran, betonpumpe og betonlastbiler, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt pumpe til afvanding
2	9	Ledningsomlægninger ifb med etablering af skakt	Gravemaskine, kran kørsel med lastbiler
3	14	Etablering af sekantvægge	Boring af sekantpæle, kran, kørsel med lastbiler, betonlastbiler og betonpumpe
4	6	Etablering af jordankre	Kran, borerig jordankre samt kørsel med lastbiler
5	4	Udgravning af skakt	Gravemaskine, hydraulisk hammer i skakt, kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt pumpe til afvanding
6	2	Kapning af pæletope	Diamantskærer, diverse støjende udstyr samt kørsel med lastbiler
7	8	Etablering af bundplade i skakt og klargøring til modtagelse af tunnelboremaskine	Kran, kørsel med lastbiler samt betonpumpe og betonlastbiler
8	17-26	Pause	Ingen byggepladsaktivitet
9	4	Støbning af skakt og færdiggørelse	Kran, betonpumpe og betonlastbiler, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler

Byggefase 1a, 3, 4, 5 og 6 omfatter særligt støjende arbejder, der i henhold til den kommunale forskrift må udføres i dagtimerne i perioden kl. 8 – 17. Der er i forskriften ikke grænseværdi for støj fra de særligt støjende arbejder.

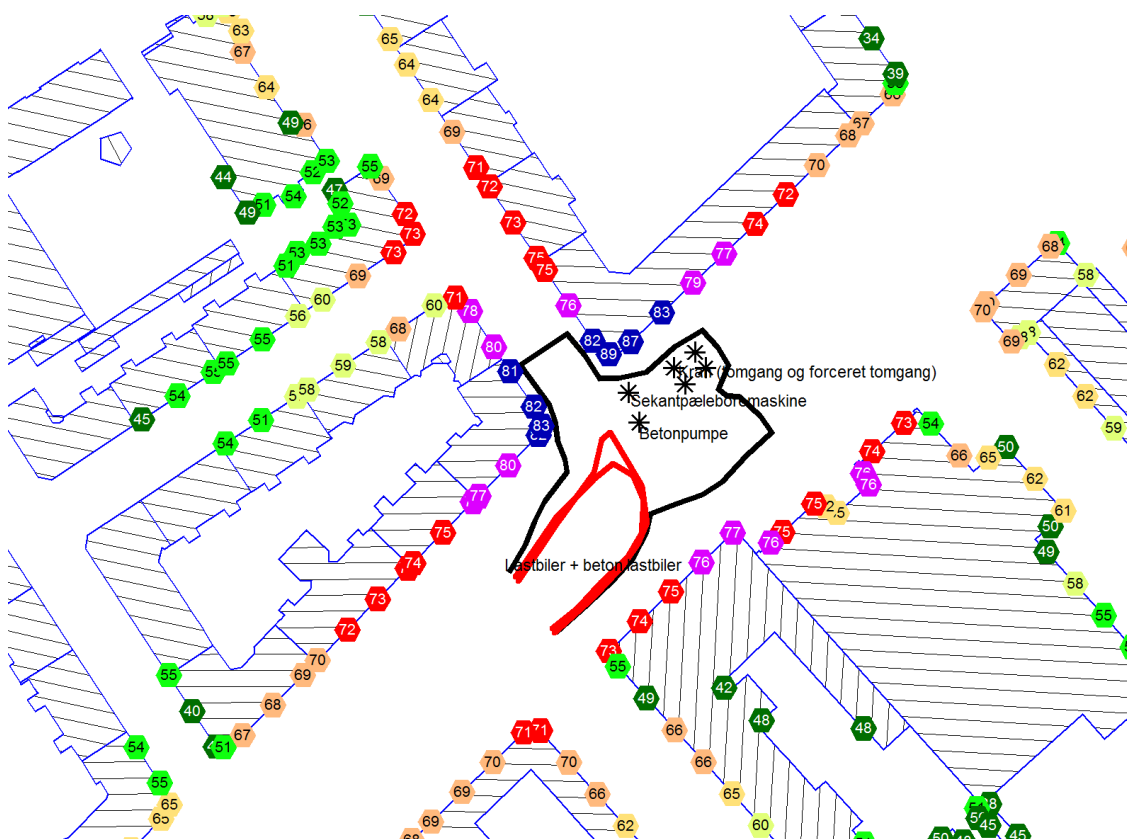
Det er vurderet, at byggefase 1a, 3, 4 og 5 omfatter anlægsaktiviteter, hvor der må forventes hørbare impulser. Som beskrevet ovenfor omfatter disse byggefaser tillige særligt støjende arbejder.

I de øvrige byggefaser er det mere usikkert om der vedvarende er tydeligt hørbare impulser, da det som beskrevet i afsnit 9.1, afgøres af en konkret vurdering. Der forventes ikke vedvarende tydeligt hørbare impulser, men impulsstøj kan forekomme fx fra håndtering af støbeforme og armeringsjern, højtryksspuling samt håndtering og tømning af muckcontainere. Der vil ligeledes forekomme impulser, hvis der tapes noget, en bildør smækkes, nogen råber eller lignende. Der er ingen af de maskiner, som er i drift i disse faser, der giver anledning til tydelig impulsstøj.

Byggefase 1a, der omfatter etablering af københavnerg og forboret spuns, som har samme kildestyrke, medfører op til 87 dB, hvilket bliver til 92 dB inkl. impulstillæg på 5 dB ved de

nærmeste boliger for ejendommen Gasværksvej 38. Der kan forekomme op til 5 dage, hvor det er nødvendigt med nedramning af spuns uden forboring, se afsnit 5.2.1. Ved nedramning af spuns viser støjberegningerne op til 96 dB, hvilket bliver til 101 dB inkl. impulstillæg på 5 dB ved de nærmeste boliger i Gasværksvej 38. Byggefase 1a forventes at vare ca. 20 dage. Byggefase 3, hvor der etableres sekantpæle til indfatning af skakten, vil medføre støj på op til 89 dB, hvilket bliver til 94 dB inkl. impulstillæg på 5 dB på facaden ved de nærmeste boliger, og er dermed den mest støjende fase. Byggefase 3 forventes at vare 100 dage. Støjen i fase 3 er vist i Figur 9.5. Støjkortene medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.

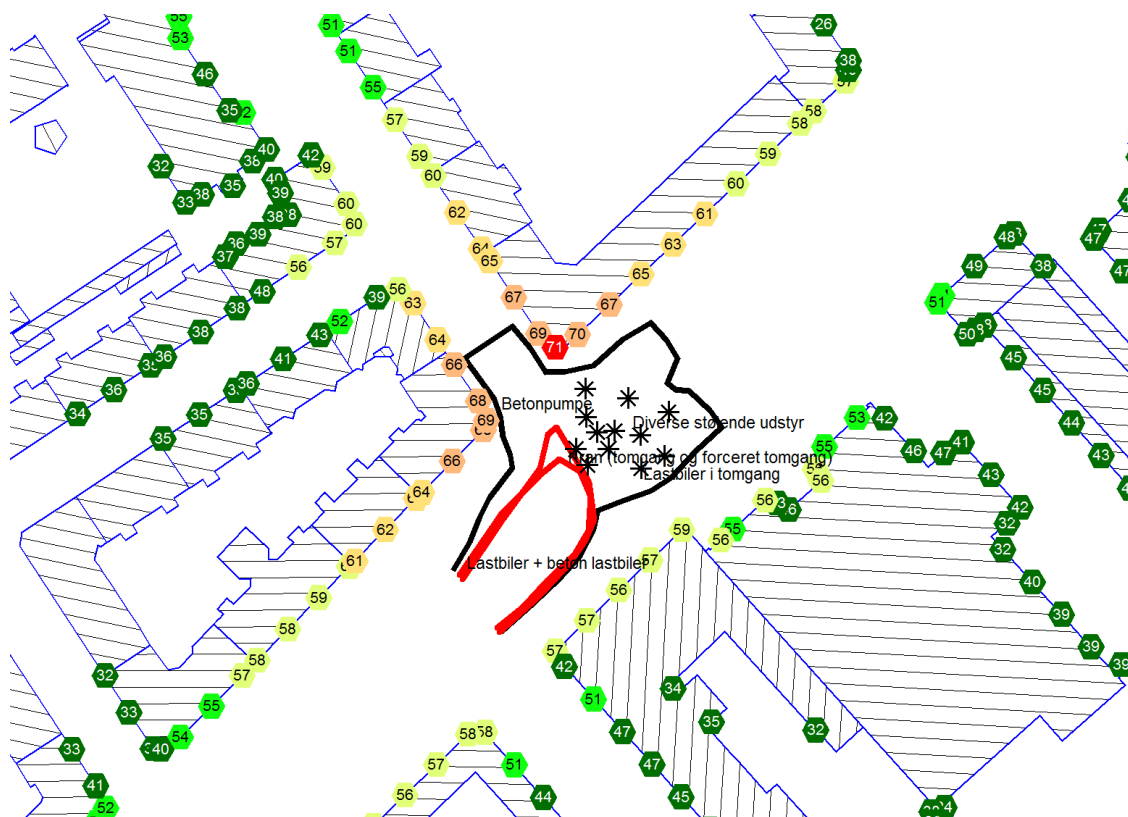
Byggefase 5 og 6 kan, selvom de indeholder elementer af særligt støjende arbejder, overholde grænseværdien på 70 dB inkl. impulstillæg på 5 dB.



Figur 9.5: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 3 for byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej, hvor skaktindfatningen etableres med sekantpælevægge. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.

I byggefase 1b, 1c, 2, 7 og 9 skal der ikke udføres særligt støjende arbejder. Støjen fra anlægsarbejdet er derfor underlagt en støjgrænse på 70 dB på hverdage kl. 7 – 19, og lørdage kl. 8 – 17 i henhold til den kommunale forskrift. Støjberegningerne viser, at med et 4 m højt støjdæmpende byggepladshegn kan støjgrænsen overholdes i byggefase 5 og 6. I byggefase 1b, 1c, 2 og 7 vil der forekomme overskridelser af grænseværdien på 70 dB med 2-3 dB, når der inkluderes impulstillæg på 5 dB. Byggefase 9 er den længste byggefase, ca. 168 dage, og medfører op til 71 dB hvilket bliver til 76 dB inkl. impulstillæg på 5 dB på facaden ved den nærmeste bolig, hvilket er en overskridelse af støjgrænsen med 1 eller 6 dB afhængig af om

der medregnes impulstillæg. Støjen i fase 9 er vist i Figur 9.6. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.



Figur 9.6: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 9 for byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej; færdiggørelse og overdækning af skakt. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.

9.3.3 Byggeplads ved Kalvebod Brygge

Ved Kalvebod Brygge skal der etableres en skakt. Skakten skal fungere som startskakt (pres-segrube) for tunnelboremaskinen, der skal bore det sydlige tunnelrør mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej. Pladsen skal således fungere som tunnelarbejdsplads, hvorfra boring af tunnelrørene, optagning af tunnelmuck og nedsænkning af tunnelelementer skal ske. Tunnelarbejdspladsen vil være i drift hele den periode, hvor der bores. Byggepladsen placeres på land, dog med dele af byggepladsen ude i Københavns Havn på en midlertidig opfyldning. Efter afslutning af anlægsarbejdet fjernes opfyldningen. Til driftsfasen ombygges skakten til pumpestation.

For byggepladsen ved Kalvebod Brygge er der gennemført støjberegninger i 9 byggefaser. Byggefaserne, hvor der er gennemført støjberegninger, er overordnet beskrevet i Tabel 9.4. Byggefaserne med støjkloder, kildestyrker og driftsperioder er nærmere beskrevet i støjnotatet. For tunnelering er der gennemført støjberegninger på to forskellige metoder; EPB og Slurry, som begge fremgår af Tabel 9.4, se en beskrivelse af metoderne i afsnit 5.2.4.

Tabel 9.4 Byggefaser og støjkloder for byggepladsen ved Kalvebod Brygge, hvor støjen er beregnet. Byggefase 1, 2, 3, 4 og 5 omfatter særligt støjende arbejder, hvor der ikke er grænseværdier i den kommunale forskrift. Øvrige

faser omfatter arbejder, der er omfattet af en grænseværdi på 70 dB. *Varigheden af tunnelering afhænger af, om der tunneleres 24/7 eller 12/5, se afsnit 5.2.4.

Byggefase	Længde [uger]	Beskrivelse	Støjklider
1	13	Etablering af sekantpæle	Boring af sekantpæle, kran, kørsel med lastbiler, betonlastbiler og betonpumpe
2	14	Spunsning i havnen	Spunsning (silent pilling), gravemaskine, kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt pumpe til afvanding
3	6	Etablering af jordankre	Borerig, kran og kørsel med lastbiler
4	14	Udgravning af skakt	Gravemaskine, hydraulisk hammer, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt pumpe til afvanding
5	2	Kapning af pæletoppe	Diamantskærer, diverse støjende udstyr samt kørsel med lastbiler
6a	34*	Drift af tunnelarbejdsplads (EPB)	Kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt diverse støjende udstyr og ventilationsanlæg
6a nat	22	Drift af tunnelarbejdsplads (EPB)	Kran og ventilationsanlæg
6b	34*	Drift af tunnelarbejdsplads (Slurry)	Kran, lastbiler i tomgang og kørsel med lastbiler samt diverse støjende udstyr, separationsanlæg og ventilationsanlæg
6b nat	22	Drift af tunnelarbejdsplads (Slurry)	Kran, ventilationsanlæg og separationsanlæg
7	22	Støbning af skakt	Kran, betonpumpe og betonlastbiler

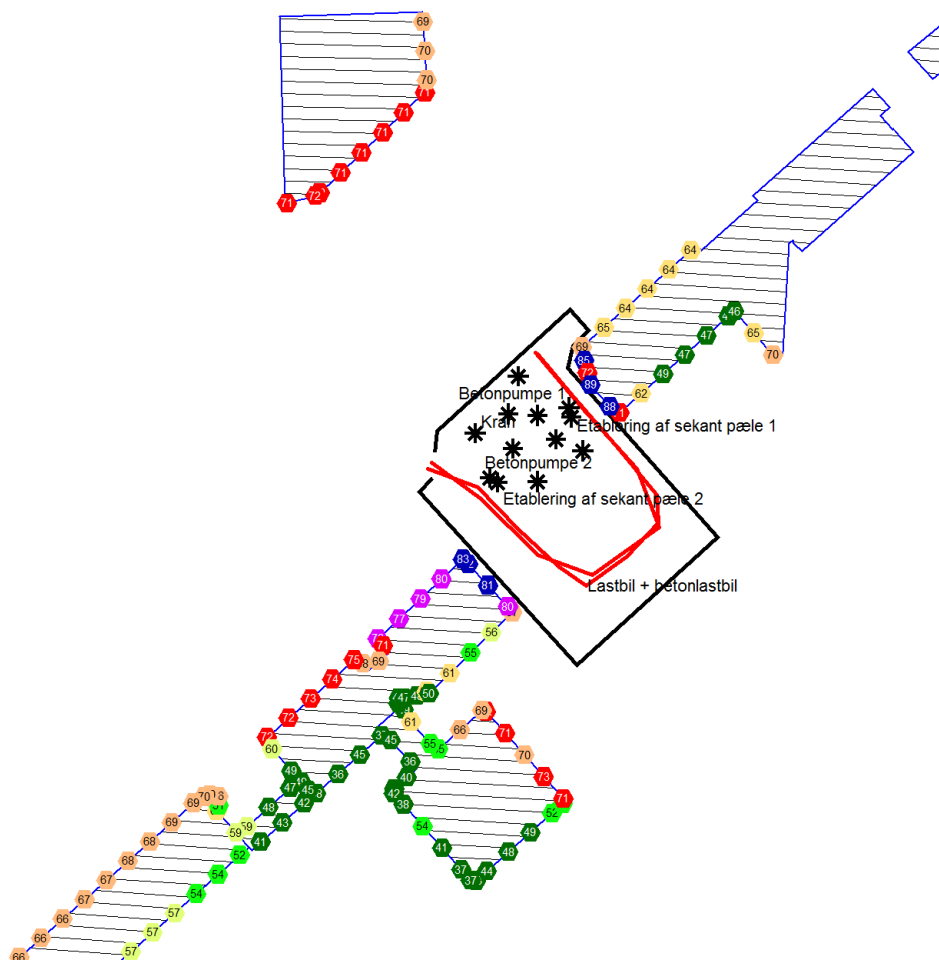
Byggefase 1, 2, 3, 4 og 5 omfatter særligt støjende arbejder, der i henhold til den kommunale forskrift må udføres i dagtimerne i perioden kl. 8 – 17. Der er i forskriften ikke grænseværdier for støj fra de særligt støjende arbejder.

Det er vurderet, at byggefase 1a, 3 og 4 omfatter anlægsaktiviteter, hvor der må forventes hørbare impulser. Som beskrevet ovenfor omfatter disse byggefaser tillige særligt støjende arbejder.

I de øvrige byggefaser er det mere usikkert om der vedvarende er tydeligt hørbare impulser, da det som beskrevet i afsnit 9.1, afgøres af en konkret vurdering. Der forventes ikke vedvarende tydeligt hørbare impulser, men impulsstøj kan forekomme fx fra håndtering af støbeforme og armeringsjern, højtryksspuling samt håndtering og tømning af muckcontainere. Der vil ligeledes forekomme impulser, hvis der tabes noget, en bildør smækkes, nogen råber eller lignende. Der er ingen af de maskiner, som er i drift i disse faser, der giver anledning til tydelig impulsstøj.

Byggefase 1, hvor der etableres sekantpæle til indfatning af skakten, medfører den største støjpåvirkning af omgivelserne. Støjberegningerne viser op til 89 dB, hvilket bliver til 94 dB inkl. impulstillæg på 5 dB ved de nærmeste kontorer i ejendommen Kalvebod Brygge 45. Støjberegningerne viser op til 71 dB, hvilket bliver til 76 dB inkl. impulstillæg på 5 dB ved det nær-

meste hotel. Støjen i fase 1 er vist i Figur 9.7. Byggefase 1 forventes at vare 65 dage. Byggefase 2, hvor spunsen om den midlertidige opfyldning etableres, vil medføre støj på op til 76 dB, hvilket bliver 81 dB inkl. impulstillæg på 5 dB på facaden ved de nærmeste kontorer. Byggefase 2 forventes at vare 70 dage. Byggefase 3, hvor der etableres jordankre, vil medføre støj op til 82 dB, hvilket bliver til 87 dB inkl. impulstillæg på 5 dB ved nærmeste facade. Byggefase 3 forventes at vare 30 dage.

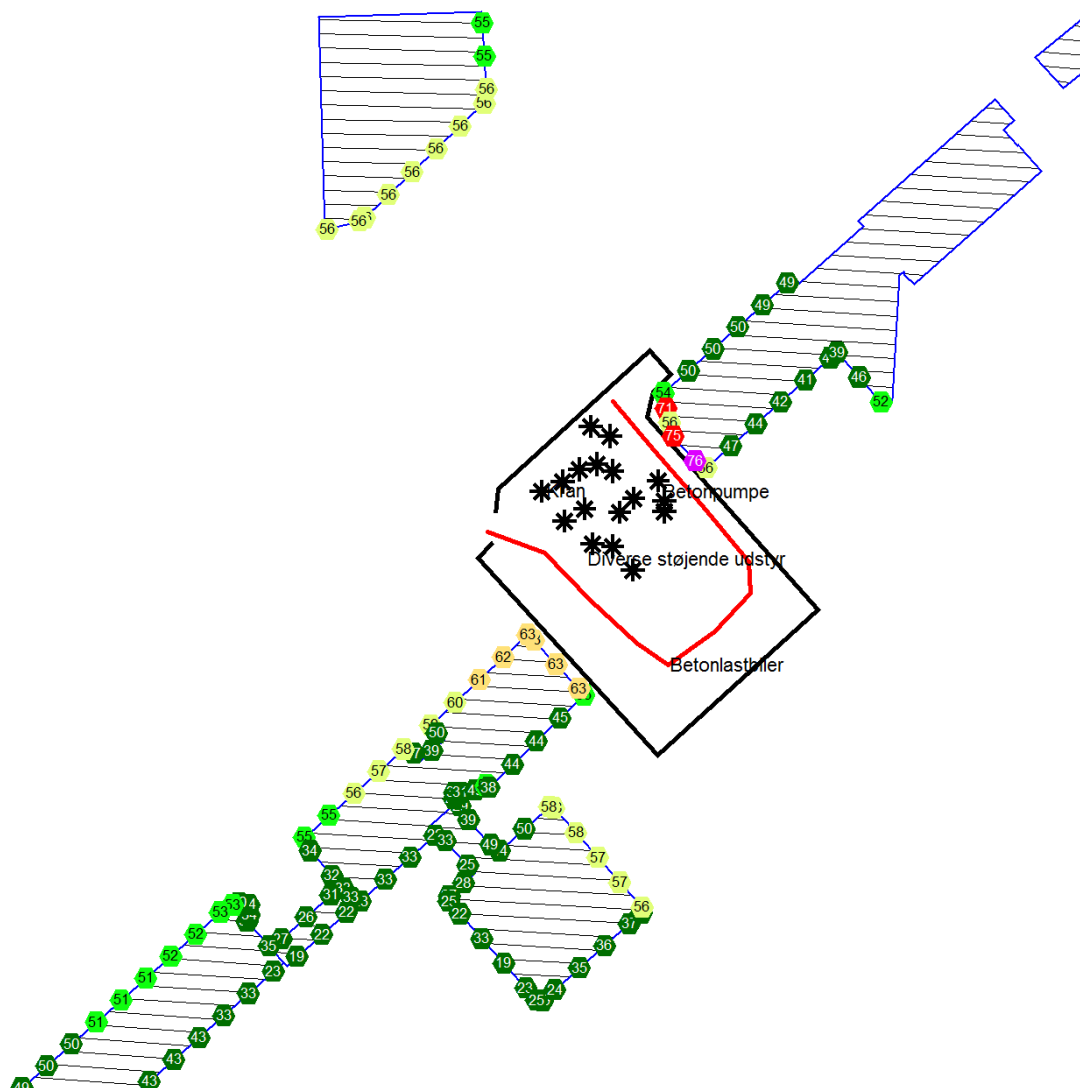


Figur 9.7: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 1 for byggepladsen ved Kalvebod Brygge, hvor skaktindfatningen etableres med sekantpæle. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.

I byggefase 6 og 7 skal der ikke udføres særligt støjende arbejder. Støjen fra anlægsarbejdet er derfor underlagt en støjgrænse på 70 dB på hverdage kl. 7 – 19, og lørdage kl. 8 – 17 i henhold til den kommunale forskrift.

Støjberegningerne viser, at med et 4 m højt støjdæmpende byggepladshegn, som vist på Figur 9.8, kan støjgrænsen inkl. impulstillæg på 5 dB overholdes i byggefase 6. Byggefase 7 er den længste byggefase, ca. 150 dage, og medfører op til 76 dB, som bliver til 81 dB inkl. impulstillæg på 5 dB på facaden ved det nærmeste kontor, hvilket er en overskridelse af støjgrænsen med 6 eller 11 dB afhængig af om der er impulstillæg på 5 dB. Støjen i fase 7 er vist i Figur

9.8. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB. Støjen i fase 5, der varer 2 uger, er beregnet til 73 dB inkl. impulstillæg på 5 dB. Støjen i byggefase 6 er 68 dB inkl. impulstillæg på 5 dB. Støjkortene medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.



Figur 9.8: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 7 for byggepladsen ved Kalvebod Brygge; støbning af skakt. Støjkortet medtager ikke tillæg for hørbare impulser på 5 dB.

Der er gennemført støjberegninger af støjen om natten for drift af tunnelarbejdspladsen ved tunnelering med enten EPB-metoden eller slurry-metoden, se afsnit 5.2.4. Støjberegningerne er gennemført både med en midlingstid på ½ time, som beskrevet i Københavns Kommunes forskrift og med en midlingstid på 8 timer jf. WHO's guideline, se afsnit 9.1. Resultaterne af disse beregninger er vist i Tabel 9.5.

Tabel 9.5: Natstøj ved tunnelering med EPB- eller Slurrymetoden – Kalvebod Brygge

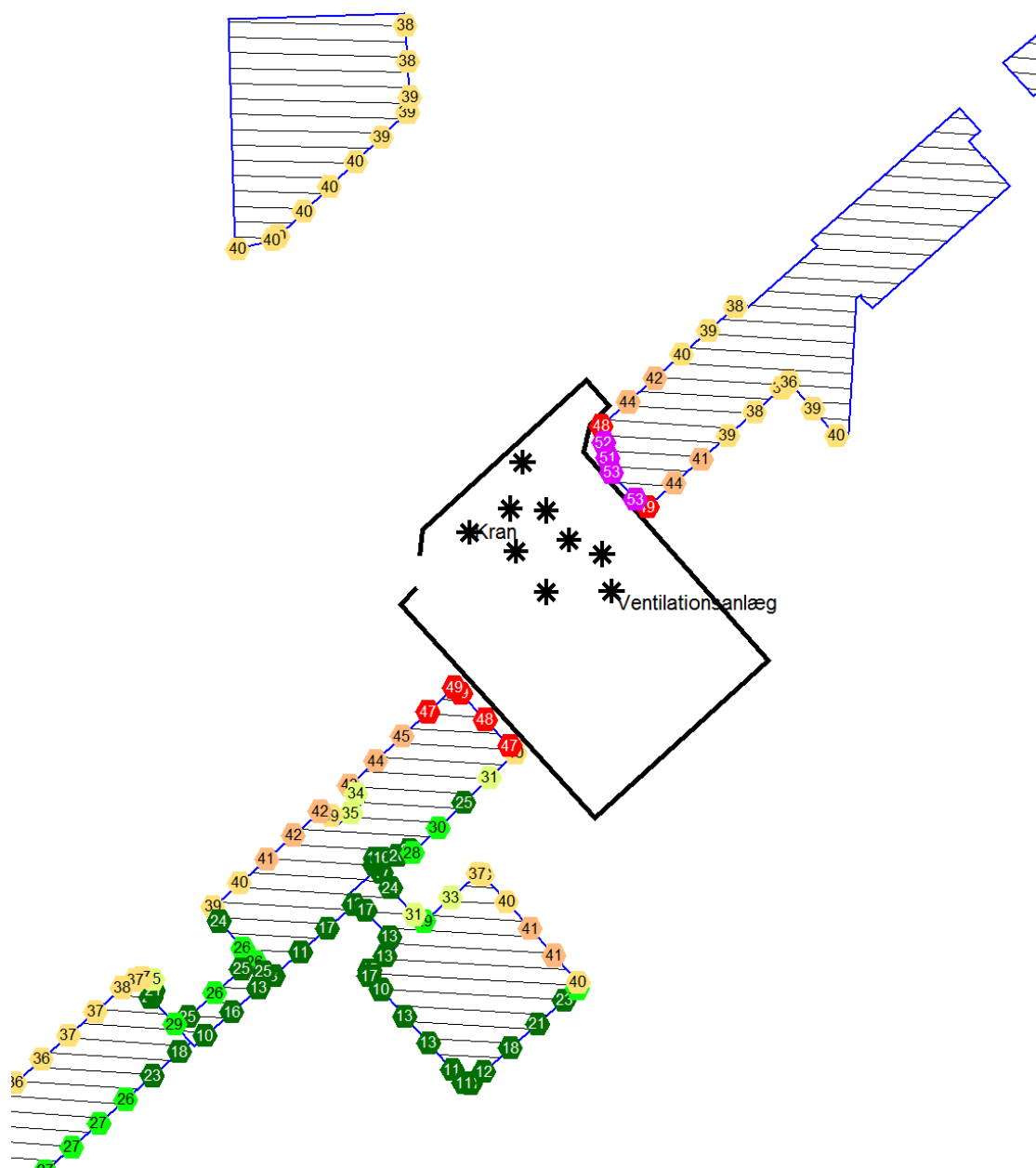
	L _{Aeq} , 8 timer (guideline 45 dB) uden / med impulstillæg		L _{Aeq} , ½ time (grænseværdi 40 dB) uden / med impulstillæg	
	Kontor	Hotel	Kontor	Hotel
EPB	53/58	40/45	57/62	44/49
Slurry	51/56	38/43	58/63	44/49

Støjberegningerne for EPB-metoden, med en midling på 8 timer, der skal sammenlignes med en guideline på 45 dB, viser op til 53 dB eller 58 dB inkl. impulstillæg ved de nærmeste bygninger, der er kontorer, hvor der ikke forventes at være mennesker, der overnatter. Ved nærmeste hotel viser støjberegningerne 40 dB eller 45 dB inkl. impulstillæg om natten. Guidelinen på 45 dB er overholdt ved beboelse, herunder beboelsen på Islands Brygge. Støjkort for denne situation er vist i Figur 9.9.

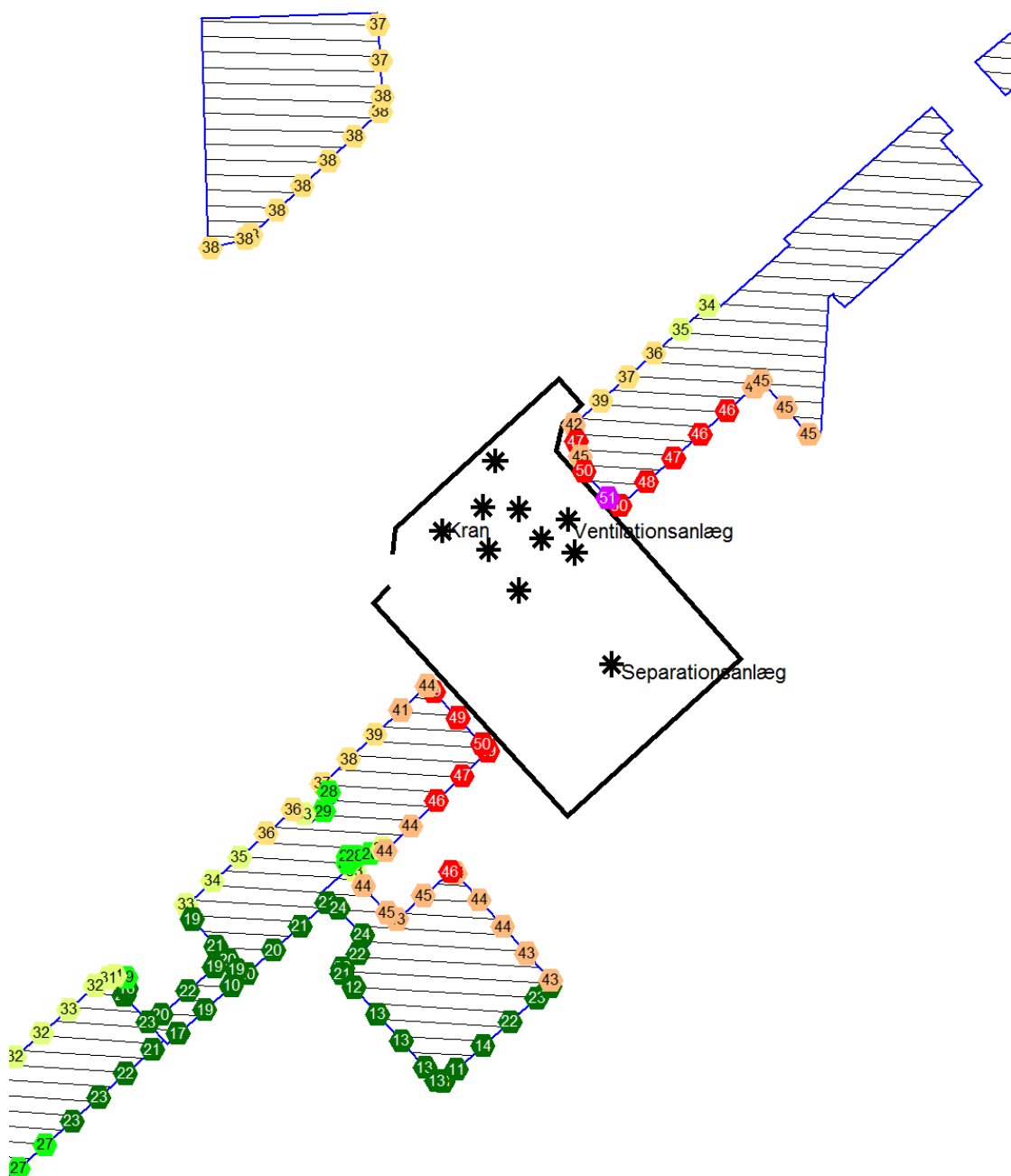
Støjberegningerne for slurry-metoden, med en midling på 8 timer, der skal sammenlignes med en guideline på 45 dB, viser op til 51 dB eller 56 dB inkl. impulstillæg ved de nærmeste bygninger, der er kontorer, hvor der ikke forventes at være mennesker, der overnatter. Ved nærmeste hotel viser støjberegningerne 38 dB eller 43 dB inkl. impulstillæg om natten. Guidelinen på 45 dB er overholdt ved beboelse, herunder beboelsen på Islands Brygge. Støjkort for denne situation er vist i Figur 9.10.

Støjberegningerne for EPB-metoden, med en midling på ½ time, der skal sammenlignes med en grænseværdi på 40 dB, viser op til 57 dB eller 62 dB inkl. impulstillæg ved de nærmeste bygninger, der er kontorer, hvor der ikke forventes at være mennesker, der overnatter. Ved nærmeste hotel viser støjberegningerne 44 dB eller 49 dB inkl. impulstillæg om natten. Støjgrænsen på 40 dB overskrides således ved det nærmeste hotel, og overholdes ved den nærmeste beboelse, herunder beboelsen på Islands Brygge.

Støjberegningerne for slurry-metoden, med en midling på ½ time, der skal sammenlignes med en grænseværdi på 40 dB, viser op til 58 dB eller 63 dB inkl. impulstillæg ved de nærmeste bygninger, der er kontorer, hvor der ikke forventes at være mennesker, der overnatter. Ved nærmeste hotel viser støjberegningerne 44 dB eller 49 dB inkl. impulstillæg om natten. Støjgrænsen på 40 dB er overholdt ved beboelse, herunder beboelsen på Islands Brygge.



Figur 9.9: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 6a nat for byggepladsen ved Kalvebod Brygge; drift af tunnelarbejdsplads ved EPB-metoden. Støjen er beregnet med en midlingstid på 8 timer jf. WHO's guideline.



Figur 9.10: Støj fra anlægsarbejder i byggefase 6b nat for byggepladsen ved Kalvebod Brygge; drift af tunnelarbejdsplads ved slurry-metoden. Støjen er beregnet med en midlingstid på 8 timer jf. WHO's guideline.

Samlet set vurderes, at der er begrænset forskel i støjbelastningen om natten fra de to anlægsmetoder. Der er overskridelse af grænseværdien på 40 dB om natten ved nærmeste hoteletter, men guidelinen på 45 dB overholdes ved bygninger, hvor mennesker overnatter.

9.3.4 Sammenfatning af støjdæpende foranstaltninger (BAT)

I anlægsprojektet er indarbejdet en hel række foranstaltninger og valg af arbejdsmetoder, som mindsker støjpåvirkningen i omgivelserne.

Der etableres en 4 m høj lydabsorberende støjskærm ved alle tre byggepladser. I byggepladsegnene er kun de nødvendige åbninger for ind- og udkørsel. Åbningerne i støjskærmene er primært placeret i forhold til de trafikale forhold, men er alle steder vendt væk fra de mest støjbelastede boliger. Alle byggepladser og tunnelboremaskiner forsynes med strøm fra elnettet. Der vil således ikke være strømgeneratorer på byggepladserne. Der etableres nødgenerator i tilfælde af strømdufald.

Derudover er der foretaget optimering af arbejdsmetoder og arbejdets tilrettelæggelse.

Ved etablering af tilslutningsbygværker på byggepladserne ved Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej anvendes københavnerlæg alternativt forboret spuns i stedet for at ramme stålprofilerne ned til endelig dybde. Københavnerlæg og forboret spuns har samme kildestyrke, hvilket svarer til boring af sekantpæle, og er ca. 9 dB lavere end ved traditionel rammet spuns.

Ved etablering af den midlertidige opfyldning i havnen til byggeplads ved Kalvebod Brygge anvendes 'silent piling', se anlægsbeskrivelsen i afsnit 5.2.2. Silent piling støj markant mindre end traditionel ramning eller vibrering af spuns.

Ved etablering af skaktene anvendes sekantpæle. Da indfatningsvæggene skal være tætte og samtidig føres dybt ned i undergrunden til kalken, kan disse ikke udføres som spuns eller københavnerlæg.

Særligt støjende arbejder udføres mandag til fredag fra kl. 8 – 17, almindeligt støjende arbejder udføres hverdage mandag til fredag kl. 7 - 19, samt lørdag kl. 8 - 17. Uden for dette tidsrum udføres kun de funktioner, der er nødvendige for, at tunneleringen kan foregå. Tunneleringen er nærmere beskrevet i anlægsbeskrivelsen i afsnit 5.2.4. Dette betyder, at der uden for normal arbejdstid kun vil være de helt nødvendige arbejder, hvor tunnelmuck hejses op fra skakten (eller separationsanlæg ved slurry-metoden) og betonringe til tunnelføring hejses ned. Der er gjort plads ved siden af skakten, således at kranen ikke skal køre med hverken muckvogne eller betonelementer, men alene krane vogne og elementer op og ned i skakten. Ventilationsanlægget skal køre for at sikre luftkvaliteten i tunnelen.

9.3.5 Sammenfatning af støj i anlægsfasen

Støjen fra de tre byggepladser, udover særligt støjende arbejde, overholder generelt støjgrænserne i de kommunale forskrifter i forhold til anlægsarbejder.

Skt. Jørgens Sø

På byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø skal der gennemføres særligt støjende anlægsarbejder i fem byggefaser. De særligt støjende arbejder vil foregå mandag til fredag fra kl. 8 – 17 og være samlet set ca. 30 uger. Tidsrummet, hvori arbejderne må foregå, forventes at blive reguleret ved påbud. I disse byggefaser vil støjen, trods støjdæpende foranstaltninger, medføre høje støjniveauer hos de nærmeste naboer.

Forskrifternes støjgrænser for dagperioden er overholdt for fase 1b, 1c, 4, 5, 6, 7 og 8, hvis det vurderes, at der ikke er impulser i støjen, som medfører et tillæg på 5 dB. I byggefase 1b, 6 og 8 er forskriftens støjgrænse på 70 dB overholdt uden impulstillæg på 5 dB, mens der vil forekomme overskridelser på 1-4 dB med impulstillæg på 5 dB. Der vurderes at være risiko for impulsstøj i kortere perioder i disse byggefaser. Indregning af impulstillæg på 5 dB må derfor betragtes som en konservativ tilgang i forhold til vurdering af de oplevede støjgener hos naboerne.

Ved drift af tunnelarbejdspladsen om natten (fase 7) er forskrifternes støjgrænse på 40 dB markant overskredet, idet støjgrænsen er fastsat, så anlægsaktiviteter i praksis ikke kan gennemføres i natperioden i områder med beboelse. Vurderes støjen i forhold til WHO's guideline for støj om natten på 45 dB er der en overskridelse på 4 dB ekskl. evt, impulstillæg på 5 dB. Der vil således forekomme overskridelser af WHO's guideline for støj om natten ved drift af tunnelarbejdspladsen. Da de anvendte støjkluder i natperioden er ventilationsanlæg og kran, der typisk har konstante støjniveauer uden impulsholdig støj, vurderes det, at det beregnede ækvivalente støjniveau vil ligge tæt på det maksimale støjniveau. Det vurderes derfor, at det ikke vil overstige 60 dB, der er WHO's anbefaling for max-niveau om natten

Støjen fra anlægsaktiviteterne på byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø vil således medføre væsentlige gener for beboerne i de nærmeste ejendomme i fire byggefaser. Støjgenerne begrænses ved, at arbejdstiderne for de særligt støjende arbejder er begrænset til 8 – 17 på hverdage. Støj fra andre anlægsaktiviteter overholder støjgrænserne i de kommunale forskrifter og er begrænset til dagtimerne. På den baggrund vurderes støjen i dagtimerne som **moderat**.

Støj om natten vil foregå i en enkelt byggefase, der forventes samlet set at vare 90 dage, hvis hele den nordlige tunnelstrækning tunneleres i døgndrift (24/7). Heraf forventes 40 nætters arbejde med tunnelering, og dermed med støj fra anlægsarbejderne om natten. Støjen kan ikke overholde WHO's guideline for støj om natten ved de nærmeste ejendomme. Støjen må således forventes at medføre væsentlige gener for beboerne i de nærmeste ejendomme, men da der er tale om et begrænset antal beboere i en begrænset periode på 40 nætter vurderes støjpåvirkningen som **moderat**. De oplevede gener ved støjen kan reduceres ved god information til naboerne om tidspunkter og varighed af støjgener i omgivelserne.

Halmtorvet/Gasværksvej

På byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej skal der gennemføres særligt støjende anlægsarbejder i fem byggefaser. De særligt støjende arbejder vil foregå mandag til fredag fra kl. 8 – 17 og varer samlet set ca. 30 uger. I disse byggefaser vil støjen, trods støjdæmpende foranstaltninger, medføre høje støjniveauer hos de nærmeste naboer. Forskrifternes støjgrænser er overholdt for fase 1b, 1c, 2, 5, 6 og 7, hvis det vurderes, at der ikke er impulser i støjen, som medfører et tillæg på 5 dB. I byggefase 1b, 1c, 2 og 7 er forskriftens støjgrænse på 70 dB overholdt uden impulstillæg på 5 dB, mens der vil ske overskridelser på 2-3 dB med impulstillæg på 5 dB. Der vurderes at være risiko for impulsstøj i kortere perioder i disse byggefaser. Indregning af impulstillæg på 5 dB må derfor betragtes som en konservativ tilgang i forhold til vurdering af de oplevede støjgener hos naboerne.

I fase 9 ses der en overskridelse på 1-6 dB afhængig af om impulstillæg på 5 dB indregnes. Der vil ikke være støj fra anlægsaktiviteter uden for dagtimerne.

Støjen fra anlægsaktiviteterne på byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej vil således medføre væsentlige gener for beboerne i de nærmeste ejendomme i tre byggefaser med særligt støjende arbejder. Støjgenerne begrænses ved at arbejdstiderne for de særligt støjende arbejder er begrænset til 8 – 17 på hverdage. Støj fra anlægsaktiviteterne i byggefase 5 og 6i er begrænset til dagtimerne og overholder forskriftens grænseværdi på 70 dB selv med impulstillæg på 5 dB. Byggefase 1b, 1c, 2 og 7 overholder forskriften hvis det vurderes, at der ikke er impulser i støjen, som medfører et tillæg på 5 dB, mens der vil ske overskridelser på 2-3 dB med impulstillæg på 5 dB. I byggefase 8 vil der ske overskridelse af grænseværdien på 70 dB på 6-11 dB afhængig af, om der medregnes impulstillæg på 5 dB. Der vurderes at være risiko for impulsstøj i kortere perioder i disse byggefaser. Indregning af impulstillæg på 5 dB må derfor betragtes som en konservativ tilgang i forhold til vurdering af de oplevede støjgener hos naboerne.

På den baggrund vurderes støjpåvirkningen som **moderat**. De oplevede gener ved støjen kan reduceres ved god information til naboerne om tidspunkter og varighed af støj i omgivelserne.

Kalvebod Brygge

På byggepladsen ved Kalvebod Brygge skal der gennemføres særligt støjende anlægsarbejder i byggefase 1, 2, 3, 4 og 5. De særligt støjende arbejder vil foregå mandag til fredag fra kl. 8 – 17 og være samlet set ca. 49 uger. I disse byggefaser vil støjen, trods støjdæmpende foranstaltninger, medføre høje støjniveauer hos de nærmeste naboer, der er kontorbygninger. Forskrifternes støjgrænser for dagperioden er overholdt for fase 5, 6, 7 og 8. I fase 8 er der en overskridelse på 6-11 dB afhængig af impulstillæg på 5 dB. Der vurderes at være risiko for impulsstøj i kortere perioder i disse byggefaser. Indregning af impulstillæg på 5 dB må derfor betragtes som en konservativ tilgang i forhold til vurdering af støjgener hos naboerne.

Ved drift af tunnelarbejdspladsen om natten (fase 6) er forskrifternes støjgrænse på 40 dB markant overskredet ved de nærmeste kontorbygninger, idet støjgrænsen er fastsat, så anlægsaktiviteter i praksis ikke kan gennemføres i natperioden. Støjgrænsen på 40 dB er overholdt ved den nærmeste beboelse, mens der er mindre overskridelser ved nærmeste hotel. Ved nærmeste hotel er WHO's guideline for støj om natten på 45 dB overholdt.

Støjen fra anlægsaktiviteterne på byggepladsen ved Kalvebod Brygge vil således medføre gener for de nærmeste kontorejendomme i perioden med særligt støjende arbejder. Støj fra andre anlægsaktiviteter overholder støjgrænserne i den kommunale forskrift. Støj fra drift af tunnelarbejdspladsen om natten vil ikke medføre væsentlige påvirkninger, da der ikke overnattes i kontorbygningerne. Støjen fra spunsning er begrænset ved anvendelse af 'silent piling', støj-svag spunsning. På den baggrund vurderes støjpåvirkningen som **mindre**. De oplevede gener ved støjen kan reduceres ved god information til naboerne om tidspunkter og varighed af støj i omgivelserne.

Samlet vurdering

Samlet set vurderes støjpåvirkningen som **moderat** ved Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej og som **mindre** ved Kalvebod Brygge. De oplevede gener ved støjen reduceres ved god information til naboerne om tidspunkter og varighed af støj i omgivelserne. Ved tunnellering i dagtimerne på hverdage (12/5) på strækninger, hvor det af byggetekniske, sikkerhedsmæssige eller fremdriftsmæssige forhold ikke er påkrævet at tunnelere døgnet rundt, vil perioderne med arbejde uden for normal arbejdstid reduceres. Den samlede støjpåvirkning ved Skt. Jørgens Sø vurderes dog stadig som **moderat**.

9.4 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Når anlægget er etableret, vil der ved normal drift ikke være støjpåvirkninger. Der kan forekomme støjpåvirkninger i forbindelse med vedligeholdelsesarbejder og test af pumper, samt når tunnelen er i funktion hvert 5. til 10. år.

Pumperne er placeret i bunden af pumpestationen ca. 10 m nede i bygningen, og forventes ikke at medføre ekstern støj af betydning.

Vedligeholdelsesarbejder vurderes at være kortvarige og have et omfang, der svarer til vedligehold af andre anlæg i byen.

Det forventes, at pumpestationen testes 3-4 gange om året (se afsnit 4.2 vedr. drift af tunnelen). En test kan tage op til 6-10 timer. I toppen af pumpestationen findes dæksler og åbne riste, som sammen med glaspartiet i pumpestationen (se afsnit 13.4) kan medføre støj fra det plaskende vand til omgivelserne. Støjen forventes at være begrænset, og den kan, hvis det viser sig nødvendigt, dæmpes ved at dække ristene med støjdæmpende materialer ved pumpe-test. Derudover vil der i detailprojekteringen blive taget stilling til, om det er nødvendigt at sætte støjdæmpende glas i vinduet mod Havnepromenaden og støjisolere dækslerne.

I driftsfasen forventes støjen fra vedligeholdelsesarbejder samt drift og test af pumpestationen på Kalvebod Brygge at være begrænset og kortvarig, og støjpåvirkningerne vurderes at være **ubetydelige**.

9.5 Kumulative effekter

I den periode, hvor Kalvebod Skybrudstunnel anlægges, er der ikke kendskab til andre anlægsprojekter, som vil medføre støj på de samme boliger og andre støjfølsomme aktiviteter som dette anlægsprojekt.

9.6 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Der vurderes ikke at være manglende viden, der gør at de støjmæssige konsekvenser ikke kan vurderes på dette niveau.

9.7 Afværgeforanstaltninger

Valg af maskiner, arbejdsmetoder og indretning af arbejdspladsen skal ske, så omgivelserne generes mindst muligt af støj og vibrationer. Der må således udelukkende anvendes støjdæmpede maskiner og værktøj.

Der etableres en 4 m høj lydabsorberende støjskærm rundt om alle tre byggepladser. Placering af skærmene ses på støjkortene.

Ventilationsanlæg støjdæmpes.

Byggepladserne ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge indrettes med oplagsplads for tunnelrør og muck/jord, således at der kan tunneleres hele døgnet uden til- og frakørsel med lastbiler uden for dagtimerne og i weekenden (lør kl. 17 – man kl. 7), se afsnit 9.3.1 og 9.3.3.

Etablering af spuns ved Kalvebod Brygge sker ved 'silent piling'.

Arbejdet i aften- og natperioden samt weekend (lør kl. 17 – man kl. 7) begrænses til det minimum, der skal til for at holde tunnelboremaskinen kørende. Der vil skulle hejSES muck op fra udgravning med kran og hejSES tunnelrør ned i skakten. Byggepladserne er af en størrelse, så tunnelrør og muck/jord kan opbevares og ikke skal transporteres på pladsen i aften- og natperioden samt weekend (lør kl. 17 – man kl. 7). Der vil heller ikke blive leveret materialer eller blive bortkørt muck og der vil således ikke være til- og frakørsel med lastbiler i aften- og natperioden.

Forud for de enkelte byggefaser gives information til naboerne om tidspunkter og varighed af støj i omgivelserne.

10 Vibrationer

Etableringen af tilslutningsbygværker og skakte kan ikke undgå at påvirke omgivelserne med vibrationer. Potentielt vibrationsgivende aktiviteter omfatter ramning og/eller vibrering af spuns, boring af huller til sekantpæle, opbrydning af kalk, optrækning af spuns samt kørsel med lastbiler og tungt entreprenørmateriel.

10.1 Metode

Vurderingen af vibrationer omfatter en gennemgang af de planlagte vibrationsgivende aktiviteter og en vurdering af hver aktivitets potentielle vibrationspåvirkning på omgivelserne. I modsætning til vurdering af støjudbredelse, så er der ikke nogen autoriserede beregningsmetoder til vurdering af vibrationsudbredelse.

Det vurderes som mest hensigtsmæssigt at foretage vurderinger pba. erfaringstal indhentet ved en række allerede gennemførte anlægsprojekter af lignende karakter i Københavnsområdet, fremfor at gennemføre beregninger af vibrationspåvirkningerne. Det vurderes, at der ikke opnås en mere præcis vurdering af omfanget af vibrationspåvirkninger på bygninger ved at foretage beregninger, da udbredelsen af vibrationer i høj grad afhænger af kendskab til de detaljerede geologiske forhold.

Udstrækningen af påvirkningen af hver vibrationstype vurderes derfor ud fra erfaringer i form af målinger gennemført ifm. udførelsen af tilsvarende skakte i København, herunder Metroen, Damhusledningen og fjernvarmetunnelen under Københavns Havn samt Kronprinsesse Marys Bro (se bilag 5). Der er således ikke udført beregninger af potentielle vibrationer i dette projekt.

Vibrationsudbredelsen kan således afvige fra erfaringstallene, da udbredelsen afhænger af de lokale forhold, herunder lokale geologiske forhold. Det samme vil gælde beregning af vibrationer. Eventuelle afvigelser vurderes ikke at være signifikante.

Vurderingerne baseret på målte erfaringstal vil give et billede af, for hvilke bygninger anlægsarbejderne kan være kritiske og dermed, hvor der skal iværksættes afværgetiltag.

Der udføres en overordnet kortlægning af alle bygninger, der potentielt udsættes for vibrationspåvirkninger og den enkelte bygnings vibrationsfølsomhed vurderes, ligesom potentielt vibrationsfølsomme virksomheder identificeres. Kortlægningen er foretaget på grundlag af ortofotos, oplysninger fra OIS/BBR-registret samt gadefotos.

Muligheder for overvågning og afværgetiltag beskrives.

Vibrationerne vurderes som henholdsvis bygningsskadelige vibrationer, komfortvibrationer, strukturlyd og infralyd.

Vurderingerne foretages på baggrund af erfaringer fra tilsvarende anlægsarbejder i København samt:

- DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen [46]
- Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 9 1997, Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø [47]
- F. Deckner, Ground vibrations due to pile and sheet pile driving – influencing factors, predictions and measurements, KTH Stockholm, 2013 [48]
- Vejdirektoratet, Parallelmåling af bygningsskadelige vibrationer ifm. 'sheet pile press system', 12. oktober 2017 [49].

10.1.1 Grænseværdier

Bygningsskadelige vibrationer

Med bygningsskadelige vibrationer forstås en vibrationspåvirkning, som er tilstrækkelig kraftig til at forårsage skader på omkringliggende ejendomme. Typiske bygningsskader er opståen af revner eller udvidelse af eksisterende revner.

Det tilladelige vibrationsniveau i forhold til bygningsskader styres således af, at vibrationsniveauet skal holdes så lavt, at naboejendommene ikke beskadiges. For at opnå dette anvendes sædvanligvis den tyske norm DIN 4150-3 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkung auf bauliche Anlagen, 2016 [46].

DIN 4150-3 angiver vejledende grænseværdier som, hvis de overholdes, erfaringsmæssigt ikke vil give anledning til en formindskelse af bygningens brugsværdi. For *boligbyggeri* og det der i DIN 4150-3 kaldes *særligt vibrationsfølsomt byggeri*, defineres en 'formindskelse af bygningens brugsværdi' som opståen af revner i pudsede vægge eller udvidelse af eksisterende revner, mens en formindskelse for industri- og erhvervsbyggeri defineres i forhold til bygningens strukturelle integritet.

De vejledende grænseværdier i forhold til DIN 4150-3 er gengivet i Tabel 10.1

Tabel 10.1 Vejledende grænseværdier for bygningsskadelige vibrationer i mm/s i henhold til DIN 4150-3. For korterevarende påvirkninger målt på fundamentet med en frekvens over 10 Hz interpoleres lineært i de angivne intervaller ud fra den målte frekvens.

** Grænseværdier for længerevarende påvirkninger er også gældende for påvirkninger målt andre steder på konstruktionen. ** For frekvenser over 100 Hz anvendes grænseværdien for 100 Hz.*

Bygningskategori	Korterevarende påvirkninger			Længerevarende påvirkninger	
	Fundament			Øverste etageadskillelse, vandret	Øverste etageadskillelse, vandret*
	1-10 Hz	10-50 Hz	50-100 Hz**	Alle frekvenser	Alle frekvenser
1. Erhvervs- og industribyggeri mv.	20	20-40	40-50	40	10
2. Boligbyggeri o.l.	5	5-15	15-20	15	5
3. Særligt vibrationsfølsomt og beskyttet (fx fredet eller bevaringsværdigt) byggeri	3	3-8	8-10	8	2,5

I forbindelse med den seneste opdatering af DIN 4150-3 i 2016 er der sket en indskærpelse af, at en bygning både skal vurderes som særlig vibrationsfølsom og samtidig være fredet eller bevaringsværdig, for at de lave grænseværdier i bygningskategori 3 er gældende.

Komfortvibrationer

Med komfortvibrationer forstås en vibrationspåvirkning, som virker til gene for beboere og brugere af omkringliggende ejendomme. Opfattelsen af, hvorvidt en vibrationspåvirkning er generende, er individuel og afhænger, ud over påvirkningens vibrationsniveau, bl.a. af påvirkningens varighed, hyppighed og tidspunktet på døgnet. Endvidere afhænger vibrationsniveauet i en bygning af målepunktets placering og bygningens konstruktion.

Miljøstyrelsen angiver i Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 9 1997 – Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø [47] foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer, som gengivet i Tabel 10.2.

Tabel 10.2 Foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer i dB re 10⁻⁶ m/s². Grænseværdierne er gældende for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning S.

Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområde kl. 18-7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområde kl. 7-18 Kontorer, undervisningslokaler, o.l. Særligt vibrationsfølsomme virksomheder	80
Erhvervsbebyggelse	85

De foreslåede grænseværdier anvendes sædvanligvis i forbindelse med miljøgodkendelse af permanente virksomheder, herunder virksomheder, der udsender en konstant vibrationspåvirkning. Da etableringen af skybrudstunnelens skakte og tilslutningsbygværker er midlertidig, og de vibrationsgivende aktiviteter er af mere sporadisk karakter, med et begrænset antal vibrationsgivende hændelser eller aktiviteter, vil de fleste godt kunne acceptere et vibrationsniveau omkring de foreslåede grænseværdier i OfM 9/1997 eller højere i korte perioder.

Føletærsklen for vibrationer ligger på ca. 71-72 dB, hvilket er lige under den laveste foreslåede grænseværdi.

Det skal endvidere bemærkes, at hverken påvirkningens varighed eller hyppighed indgår i grænseværdierne ved vurdering af komfortvibrationer.

Strukturlyd og infralyd

Strukturlyd opstår når en vibrationspåvirkning sætter en bygningsdel i svingninger, således at bygningsdelen fungerer som en højttaler og udsender en lavfrekvent hørbar støj, typisk i intervallet 10-160 Hz, mens infralyd er støj med en frekvens på under 20 Hz.

Miljøstyrelsen angiver i Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 9 1997 – Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø [47] foreslåede grænseværdier for struktur- og infralyd, som gengivet i Tabel 10.3.

Tabel 10.3 Foreslåede grænseværdier for strukturlyd og infralyd i dB re 20 µPa. Grænseværdierne er gældende for ækvivalentniveauet over det 10-minuttersinterval hvor støjen er kraftigst. Såfremt støjen indeholder impulser fratrækkes 5 dB fra grænseværdierne.

Anvendelse		Strukturlyd A-vægtet lydtrykniveau (10-160 Hz) dB	Infralyd G-vægtet infralydniveau dB
Beboelsesrum, herunder i børneinstitutioner og lignende.	Aften/nat (kl. 18-7)	20	85
	Dag (kl. 7-18)	25	85
Kontorer, undervisningslokaler og andre lignende støjfølsomme rum		30	85
Øvrige rum i virksomheder		35	90

Strukturlyd kan i relation til anlægsarbejde for eksempel opstå i forbindelse med tunnelering eller kørsel med arbejdstog. I forbindelse med anlæg af Damhusledningen og fjernvarmetunnelen under Københavns Havn, har hverken strukturlyd eller infralyd givet anledning til problemer i forbindelse med etablering af skakte. I forbindelse med afgrænsningen af indholdet i denne miljøkonsekvensrapport [24], [12] er det besluttet, at der kan ses bort fra påvirkninger fra strukturlyd og infralyd i forbindelse med etablering af skaktene, hvorfor strukturlyd og infralyd ikke behandles yderligere.

10.2 Eksisterende forhold

Afsnittet indeholder dels en beskrivelse af de fysiske forhold, det vil sige bygningerne omkring skaktene, og dels en beskrivelse af vibrationspåvirkninger i den eksisterende situation.

10.2.1 Omkringliggende bygninger

Ved Skt. Jørgens Sø består bygningsmassen syd for Gammel Kongevej og langs Vodroffsvej generelt af klassiske københavnerejendomme af teglsten i op til fem etagers højde, opført i sidste halvdel af 1800-tallet eller starten af 1900-tallet. Flere af disse er klassificeret som bevaringsværdige og ejendommen på Vodroffsvej 2 er fredet. Mod vest findes et moderne kontorbyggeri.

Ved Halmtorvet består bygningsmassen nordvest for Halmtorvet generelt af klassiske københavnerejendomme af teglsten i op til fem etagers højde, opført i sidste halvdel af 1800-tallet eller starten af 1900-tallet. Ejendommen umiddelbart nord for skakten er dog noget nyere; opført i 1998. Mod øst findes Den Brune Kødbý, bestående af et antal murstensbygninger, hvoraf den ældste er fra 1878 og mod syd findes Den Hvide Kødbý som er opført i 1930'erne. Ejendommen Skomagersvendebroderskabets Stiftelse på Gasværksvej 25-27, samt flere bygninger i både Den Brune Kødbý og Den Hvide Kødbý er fredede.

Ved Kalvebod Brygge består bygningsmassen af moderne kontorbyggerier og nyere hoteller.

Særligt vibrationsfølsomme virksomheder

Visse typer virksomheder og institutioner kan have aktiver eller aktiviteter som er særligt vibrationsfølsomme. Det kan fx være i form af biografer, kirker, trykkerier eller serverrum, hvor

en kraftig vibrationspåvirkning potentielt kan beskadige kulturarv eller begrænse en virksomheds drift.

Af potentielt vibrationsfølsomme virksomheder er identificeret:

- Codan Forsikring A/S, Gammel Kongevej 60, 1790 København V
- Det Ny Teater, Gammel Kongevej 29, 1610 København V
- Kødbyens Maskincentral, Ingerslevsgade 56, 1705 København V
- Lejere i kontorejendommen Kalvebod Brygge 45, 1560 København V
- Lejere i kontorejendommen Kalvebod Brygge 47, 1560 København V

Forholdene omkring disse potentielt vibrationsfølsomme virksomheder bør undersøges på et mere detaljeret grundlag inden anlægsarbejderne igangsættes.

10.2.2 Eksisterende vibrationspåvirkninger

Skybrudstunnelens skakter etableres i tæt bebygget område, og de omkringliggende bygninger er således i forvejen udsat for et baggrundsvibrationsniveau, som primært stammer fra trafik, herunder trafik med tunge køretøjer i form af busser og lastbiler.

En generel forudsigelse af baggrundsvibrationsniveauets størrelse er vanskelig, men måling af baggrundsvibrationsniveauerne vil kunne gennemføres med relativ lethed. Baggrundsvibrationsniveauet i bygninger afhænger desuden af målepunktets placering og bygningens konstruktion.

10.3 Vibrationer i anlægsfasen

De aktiviteter som erfaringsmæssigt kan give anledning til vibrationspåvirkninger omfatter

- Ramning af spuns
- Vibrering af spuns
- Etablering af københavnergæde / nedbringning af spuns vha. forboring
- Boring af huller til sekantpæle
- Opbrydning af kalk
- Optrækning af spuns
- Kørsel med lastbiler og tungt entreprenørmateriel

10.3.1 Nedbringning og optrækning af spuns

Ramning og vibrering af spuns påfører den omkringliggende jord en betragtelig vibrationspåvirkning som udbreder sig til omgivelserne. Spunsning kan, alt afhængig af spunsdimensioner, nedbringningsmetode, jordbundsforhold, afstande til nabokonstruktioner samt konstruktionstype og -tilstande, være kritisk i forhold til risiko for bygningsskader.

Vibrationspåvirkningen fra henholdsvis ramning og vibrering har forskellige varigheder og dermed forskellige vejledende grænseværdier for bygningsskader (se Tabel 10.1).

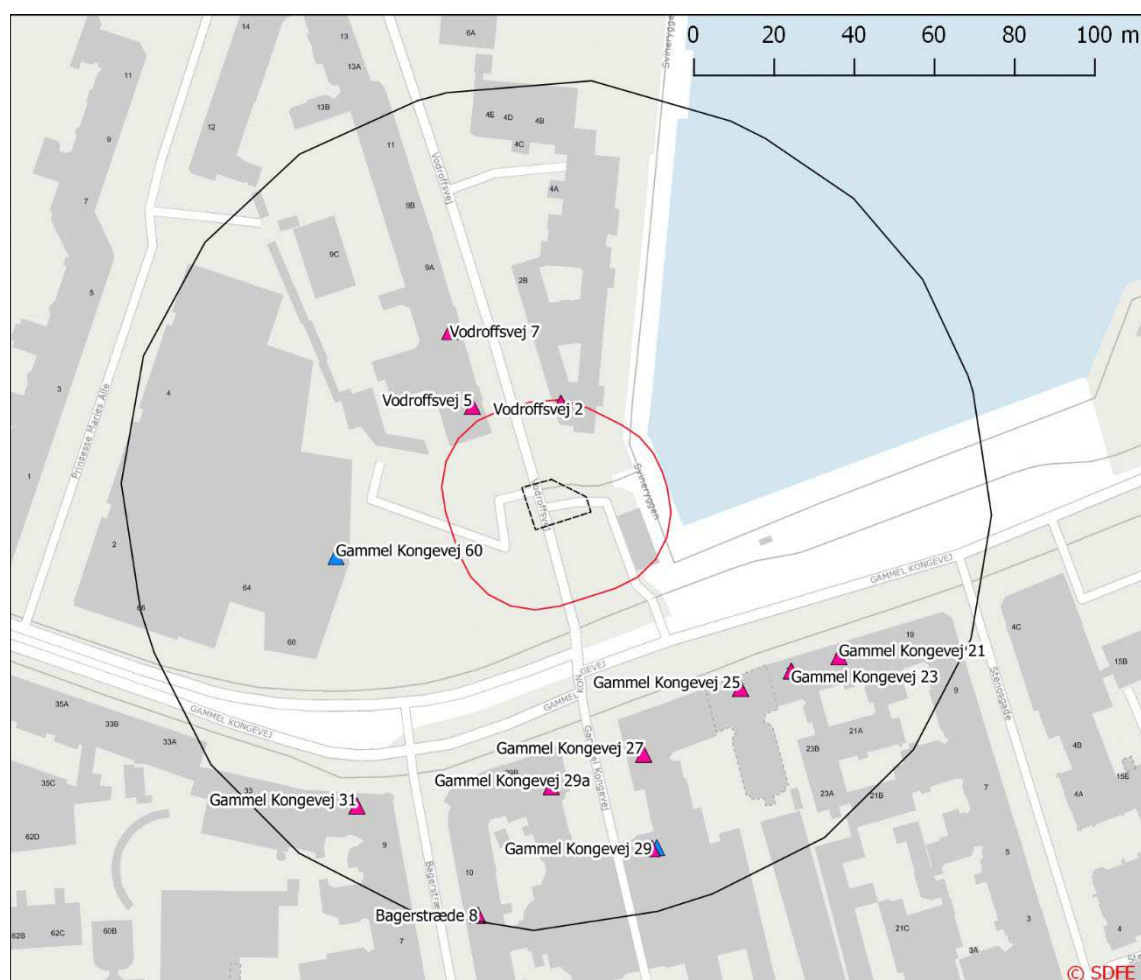
Vibrationspåvirkninger fra ramning og vibrering medfører en risiko for skader på bygninger ud til afstande på ca. 10-20 m. Skader på større afstande ses yderst sjældent. Vibrationerne kan ikke desto mindre opleves som særdeles voldsomme for personer, der opholder sig i bygninger helt nær aktiviteten. Under ugunstige forhold vil vibrationerne endvidere kunne overskride de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer ud til afstande på ca. 100 m, men oftest drejer det sig om kortere afstande på ca. 30-50 m [48].

Vibrationspåvirkningen fra ramning og vibrering af spuns kan i visse tilfælde reduceres ved forboring. Forboring udføres ved at bore huller i jorden, hvori spunsen efterfølgende placeres,

hvilket reducerer modstanden under spunsens nedbringelse. Forboringens betydning for vibrationspåvirkningen afhænger bl.a. af de lokale jordbundsforhold, og der vil ikke kunne forbores i alle situationer. Fx vil man ikke kunne forbore til større dybde end udgravningens bundkote eller i fuld bredde af et spunsjern. Forboring vil blive foretaget ved anlægsaktiviteter, hvor det vurderes muligt, og hvor det vil medføre en reduktion for støj og/eller vibrationer. Det er i anlægsbeskrivelsen vurderet, at ramning uden forboring vil forekomme op til 5 dage ved hvert tilslutningsbygværk (se afsnit 5.2.1). En reduktion af vibrationspåvirkningen som følge af forboring er ikke medtaget i vurderingen af vibrationspåvirkningen fra ramning eller vibrering af spuns, da der ikke foreligger erfaringstal. Vibrationspåvirkning fra etablering af Københavner-væg svarer til forboret spuns eller er mindre.

Vurdering af vibrationspåvirkninger som følge af nedbringning af spuns er således baseret på en afstand fra anlægsarbejdet på 20 m ift. bygningsskade og 100 m ift. komfortvibrationer.

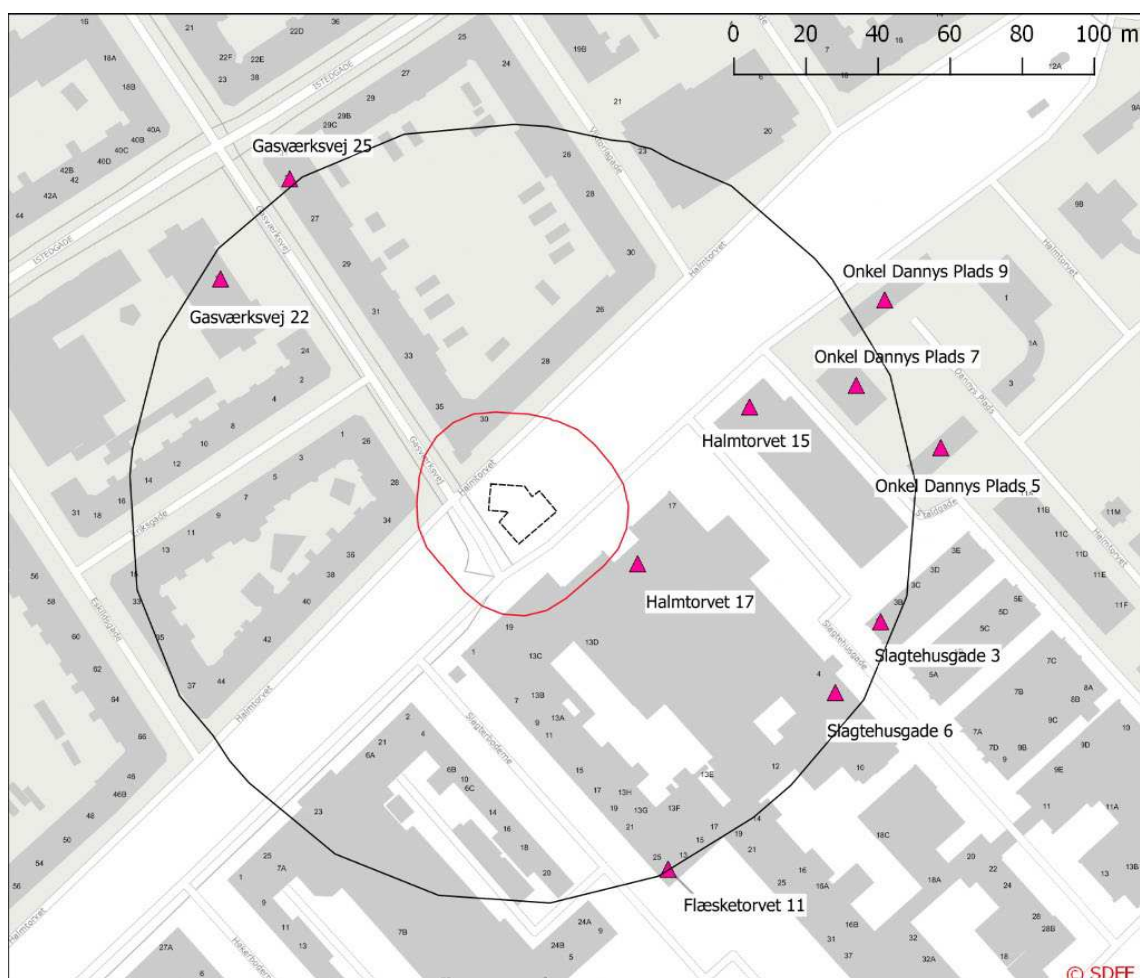
Optrækning af spuns foregår principielt på samme måde, og med samme materiel som vibrering af spuns, hvorfor den associerede vibrationspåvirkning forventes at være i samme størrelsesorden som denne.



Figur 10.1: Vibrationspåvirkninger fra traditionel ramning og vibrering ved Skt. Jørgens Sø. Området hvor der er risiko for bygningsskader er markeret med rød streg, mens området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til hhv. 20 og 100 m fra den vibrationsgivende aktivitet. Fredede

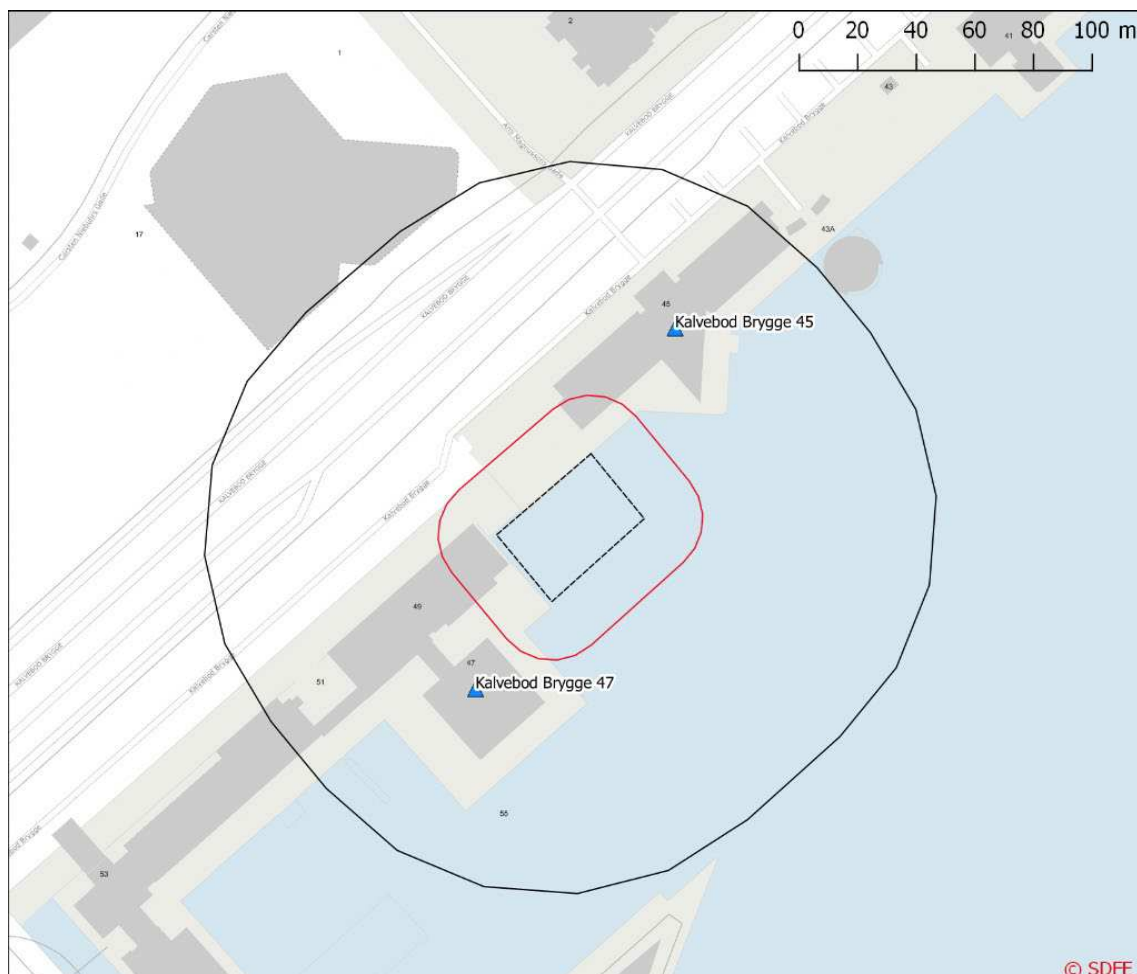
og bevaringsværdige bygninger samt potentiel vibrationsfølsom virksomhed er markeret med hhv. rød og blå trekant

Figur 10.1 viser, at der er risiko for overskridelse af den vejledende grænseværdi for bygnings-skadelige vibrationer ved anlæg af tilslutningsbygværket ved den sydligste del af ejendom-mene Vodroffsvej 2 og 5. Der er risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer i et område omkring bygværket, hvor der bor og arbejder en del menne-sker. Ved etablering af Københavnervæg alternativt forboret spuns, hvor det er anlægsteknisk muligt, vil vibrationspåvirkningen kunne reduceres. Det er vurderet, at traditionel ramning højst er af 5 dages varighed.



Figur 10.2: Vibrationspåvirkninger fra traditionel ramning og vibrering af spuns ved Gasværksvej/Halmtorvet. Området, hvor der er risiko for bygningsskader er markeret med rød streg, mens området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til hhv. 20 og 100 m fra den vibrationsgivende aktivitet. Fredede og bevaringsværdige bygninger er markeret med rød trekant.

Figur 10.2 viser, at der ved anlæg af tilslutningsbygværket er risiko for overskridelse af den vejledende grænseværdi for bygningsskadelige vibrationer ved ejendommene Halmtorvet 30/Gasværksvej 35, Halmtorvet 34/Gasværksvej 28 og Halmtorvet 17 og 19. Der er risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer i et område omkring skakten, hvor der bor og arbejder en del mennesker. Ved etablering af Københavnervæg alternativt forboret spuns, hvor det er anlægsteknisk muligt, vil vibrationspåvirkningen kunne redu-ceres.



Figur 10.3: Vibrationspåvirkninger fra optrækning af spuns ved vibrering ved Kalvebod Brygge. Området hvor der er risiko for bygningsskader er markeret med rød streg, mens området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til hhv. 20 og 100 m fra den vibrationsgivende aktivitet. Potentiel vibrationsfølsom virksomhed er markeret med blå trekant.

Figur 10.3 viser, at der ved anlæg af midlertidig byggeplads i havnen er risiko for overskridelse af den vejledende grænseværdi for bygningsskadelige vibrationer ved ejendommene Kalvebod Brygge 45, 47 og 49. Der er risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer i et område omkring skakten, hvor der arbejder en del mennesker.

10.3.2 Boring af huller til sekantpæle og silent piling

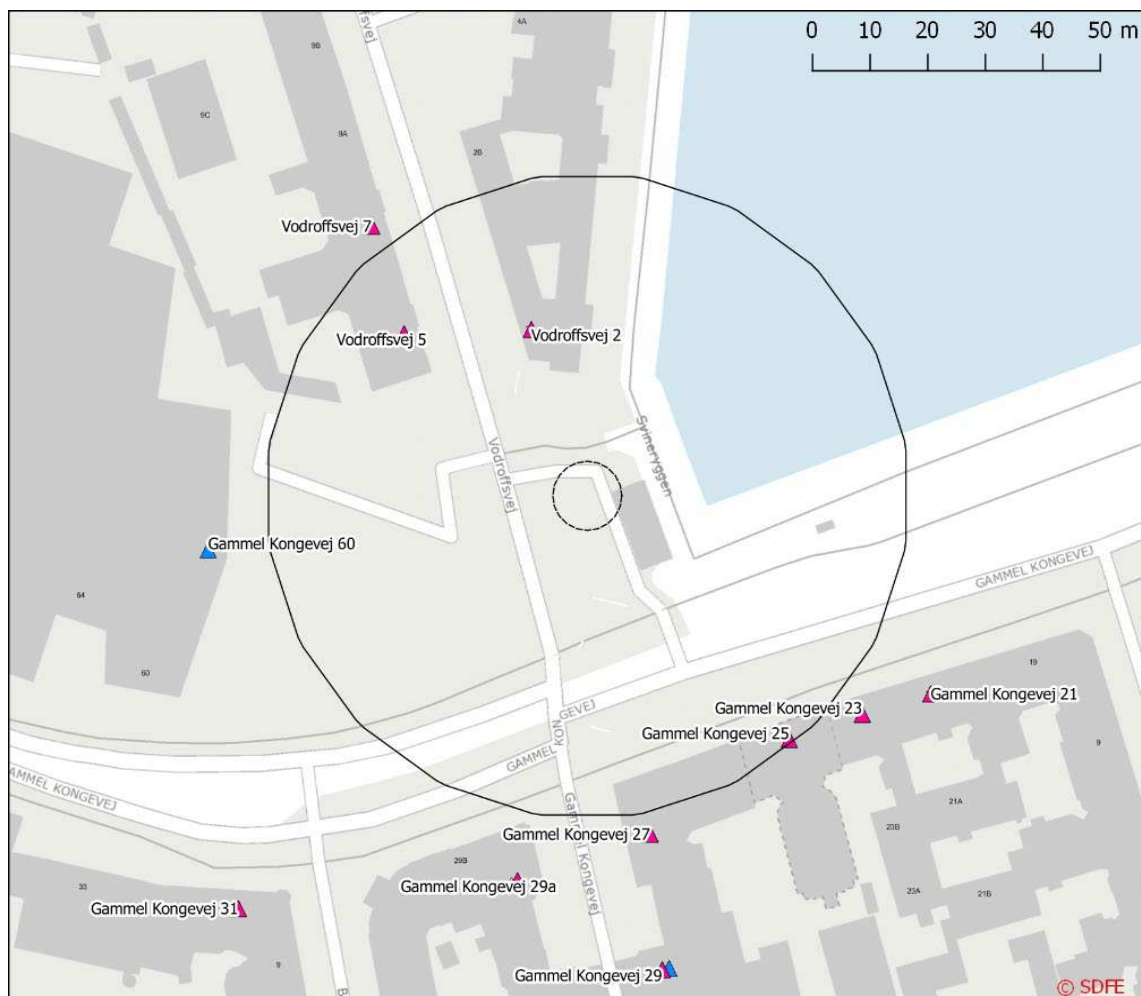
Boring af huller til sekantpæle og silent piling giver anledning til mindre vibrationspåvirkninger end ramning og vibrering af spuns.

Erfaringer fra etablering af skakte i forbindelse med Damhusledningen, fjernvarmetunnelen under Københavns havn og Metro-trappen mellem Nørreport Station og Frederiksborggade viser, at vibrationsniveauet fra boring af huller til sekantpæle, selv på helt kort afstand, sjældent overskrider en vibrationshastighed på $v_{\text{peak}} = 1,5 \text{ mm/s}$, hvilket er betragteligt under den vejledende grænseværdi for bygningsskadelige vibrationer, selv for særligt vibrationsfølsomt byggeri. Under ugunstige forhold vil vibrationerne kunne overskride de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer ud til afstande i størrelsesorden ca. 25-30 m, men oftest drejer det sig om kortere afstande.

I visse tilfælde kan der stødes på forhindringer i forbindelse med boringen, fx i form af større sten eller flintlag i kalken. Gennembrydning af forhindringer kan foretages ved hjælp af fx faldmejsel eller sprængning, hvoraf sprængning vurderes at medføre den mindste vibrationspåvirkning på omgivelserne, forventeligt $v_{\text{peak}} < 3 \text{ mm/s}$. Under ugunstige forhold vil vibrationerne uanset metoden kunne overskride de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer ud til afstande i størrelsesorden ca. 30-50 m, men oftest drejer det sig om kortere afstande.

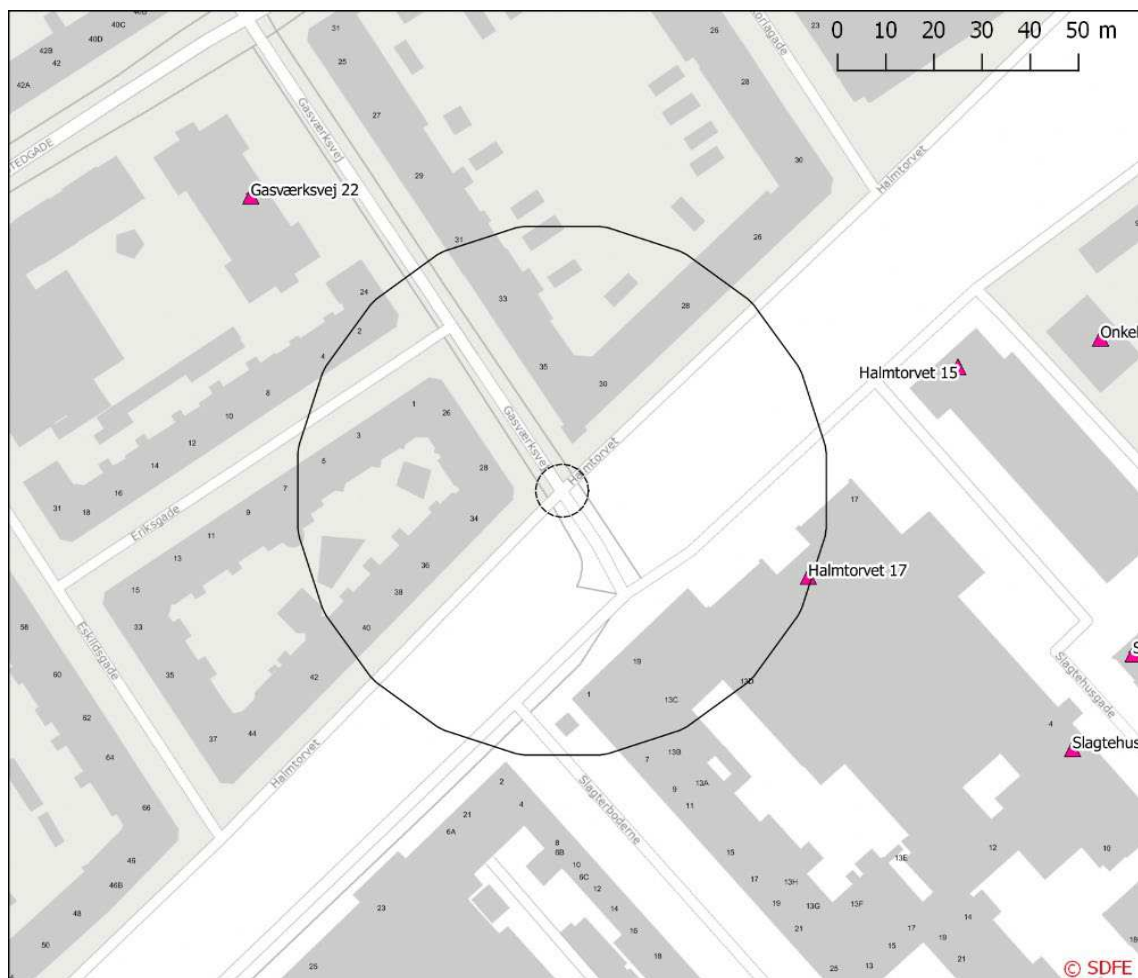
Erfaringerne med vibrationspåvirkningen fra silent piling bygger på et mindre grundlag, end for ramning, vibrering og boring af huller. Måling af vibrationspåvirkningen fra silent piling i forbindelse med anlæg af Kronprinsesse Marys Bro ved Frederikssund [49] angiver et maksimalt vibrationsniveau i størrelsesorden $v_{\text{peak}} = 2,0 \text{ mm/s}$. Vibrationspåvirkningen fra silent piling vurderes konservativt at være sammenlignelig med påvirkningen fra boring af huller til sekantpæle. Under ugunstige forhold vurderes silent piling derfor at kunne overskride de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer ud til afstande i størrelsesorden ca. 30-50 m, men oftest drejer det sig om kortere afstande.

Vurdering af vibrationspåvirkninger som følge af boring af sekantpæle, sprængning af forhindringer og silent piling er således baseret på en afstand fra anlægsarbejdet på 50 m ift. komfortvibrationer.



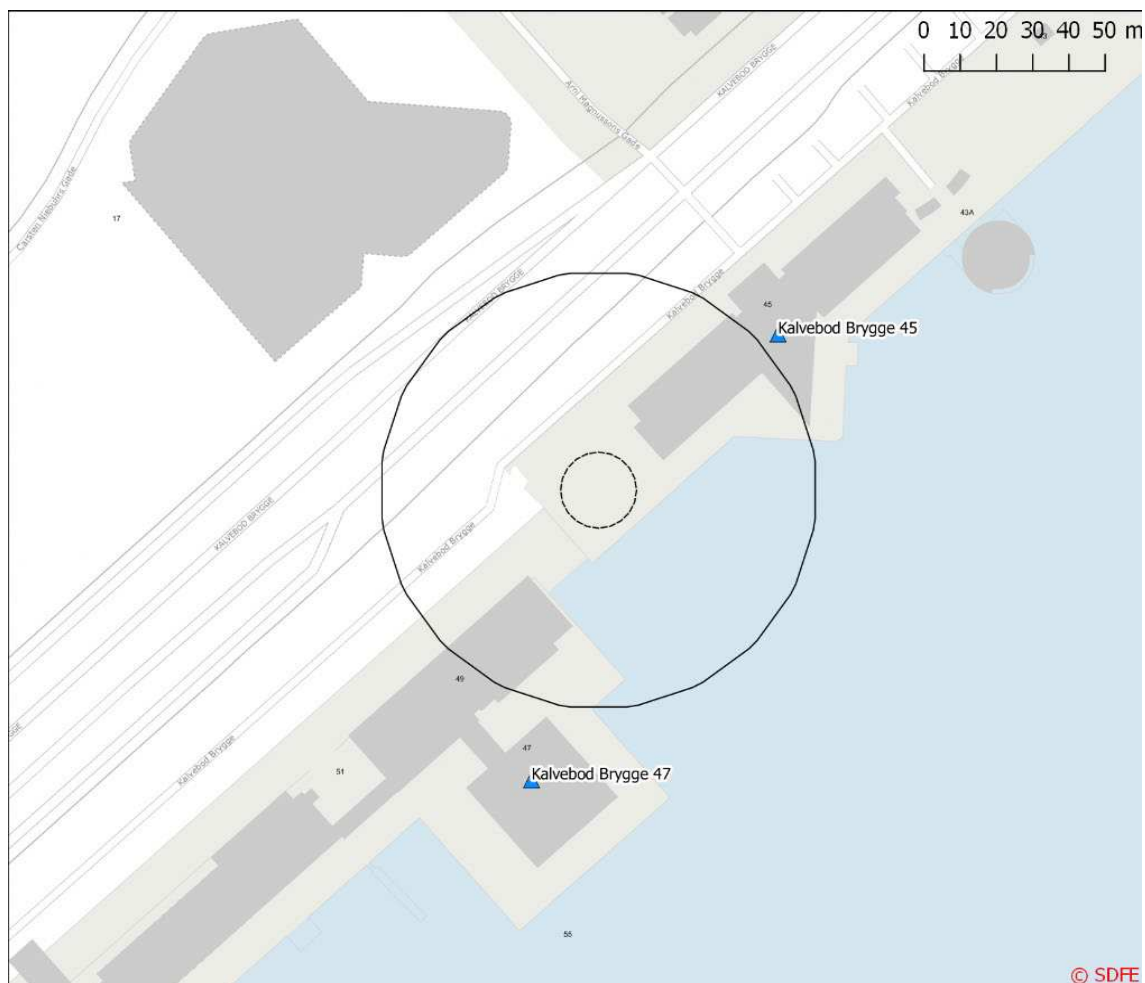
Figur 10.4: Vibrationspåvirkninger fra boring af huller til sekantpæle ved Skt. Jørgens Sø. Området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til 50 m fra den vibrationsgivende aktivitet. Fredede og bevaringsværdige bygninger er markeret med rød trekant.

Figur 10.4 viser, at der risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer som følge af boring af sekantpæle i et område omkring skakten, hvor der bor og arbejder en del mennesker.



Figur 10.5: Vibrationspåvirkninger fra boring af huller til sekantpæle ved Gasværksvej/Halmtorvet. Området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til 50 m fra den vibrationsgivende aktivitet.

Figur 10.5 viser, at der risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer som følge af boring af sekantpæle i et område omkring skakten, hvor der bor og arbejder en del mennesker.



Figur 10.6: Vibrationspåvirkninger fra boring af huller til sekantpæle ved Kalvebod Brygge. Området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til 50 m fra den vibrationsgivende aktivitet. Potentiel vibrationsfølsom virksomhed er markeret med blå trekant.

Figur 10.6 viser, at der risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer som følge af boring af sekantpæle i et område omkring skakten, hvor der arbejder en del mennesker.



Figur 10.7: Estimerede vibrationspåvirkninger fra silent piling af spuns omkring den midlertidige opfyldning i havnen ved Kalvebod Brygge. Området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til 50 m fra den vibrationsgivende aktivitet. Potentiel vibrationsfølsom virksomhed er markeret med blå trekant.

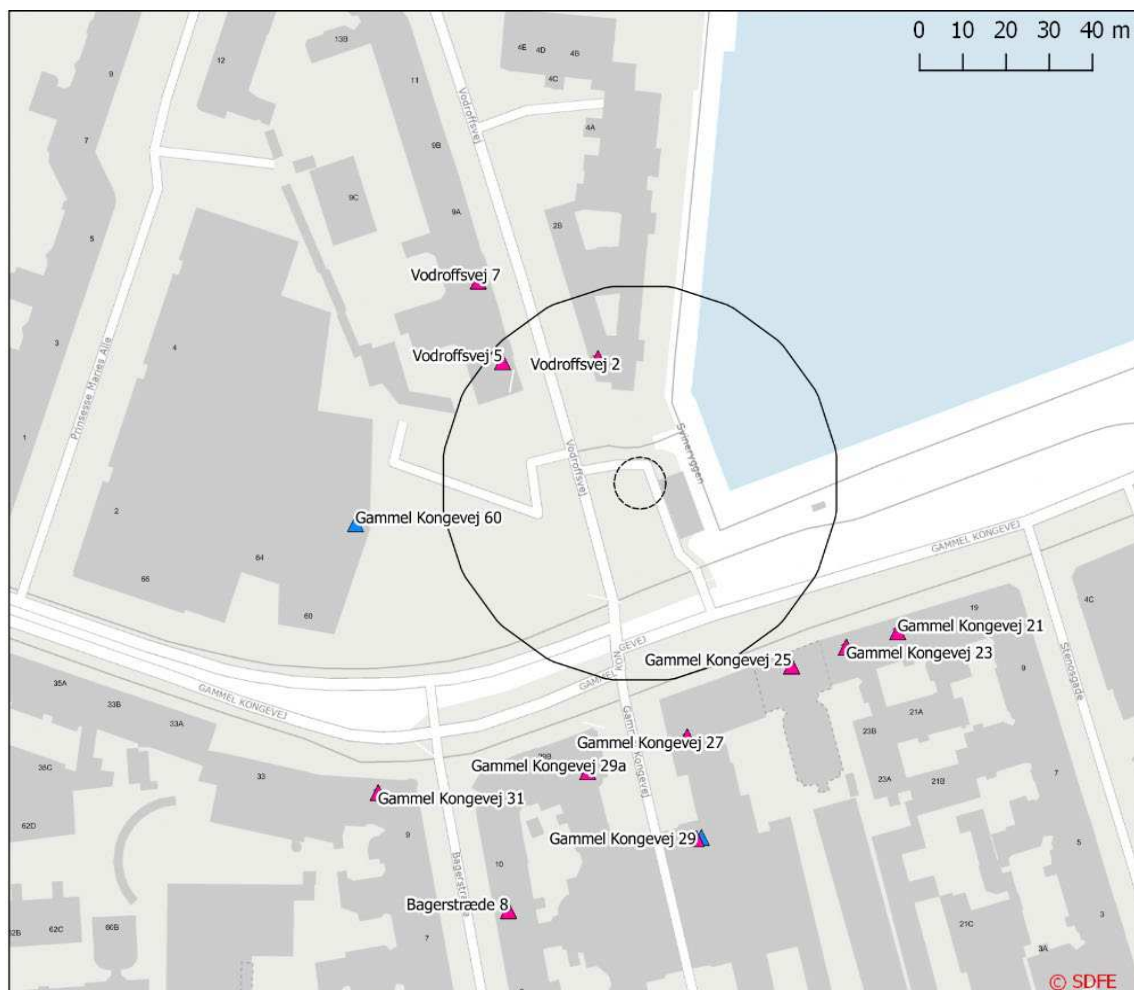
Figur 10.7 viser, at der risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer som følge af silent piling i et område omkring spunsen, hvor der arbejder en del mennesker.

10.3.3 Opbrydning af kalk

Opbrydning af kalk i skaktene ved hjælp af hydraulisk hammer giver anledning til vibrationspåvirkninger på omgivelserne. Påvirkningens størrelse vurderes at være mindre end for ramning eller vibrering af spuns (100 m), men potentielt større end for boring af huller til sekantpæle (30 m).

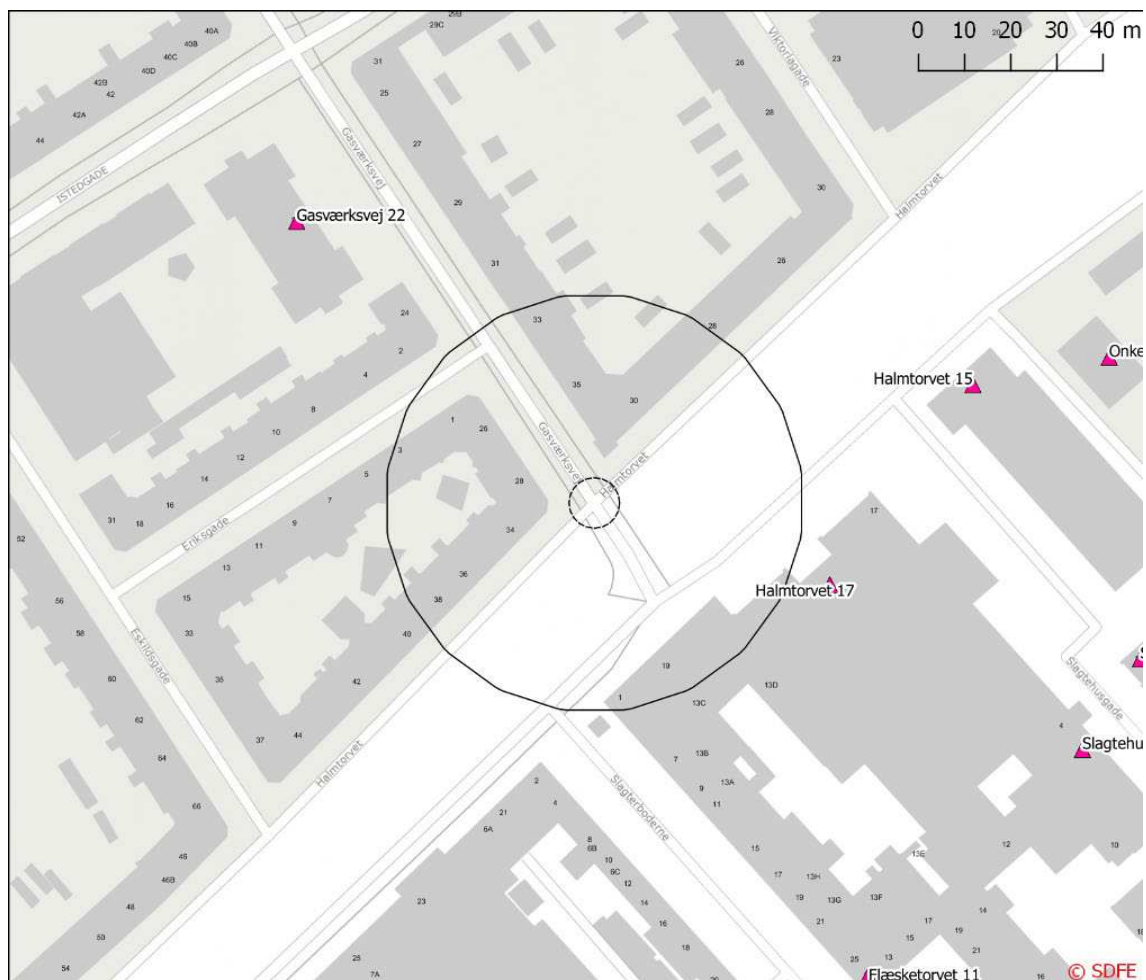
Opbrydning af kalk med hydraulisk hammer vurderes ikke at give anledning til bygningskadelige vibrationer. Under ugunstige forhold vil vibrationerne kunne overskride de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer ud til afstande i størrelsesorden ca. 30-40 m, men oftest drejer det sig om kortere afstande.

Vurdering af vibrationspåvirkninger som følge af opbrydning af kalk er således baseret på en afstand fra anlægsarbejdet på 40 m ift. komfortvibrationer.



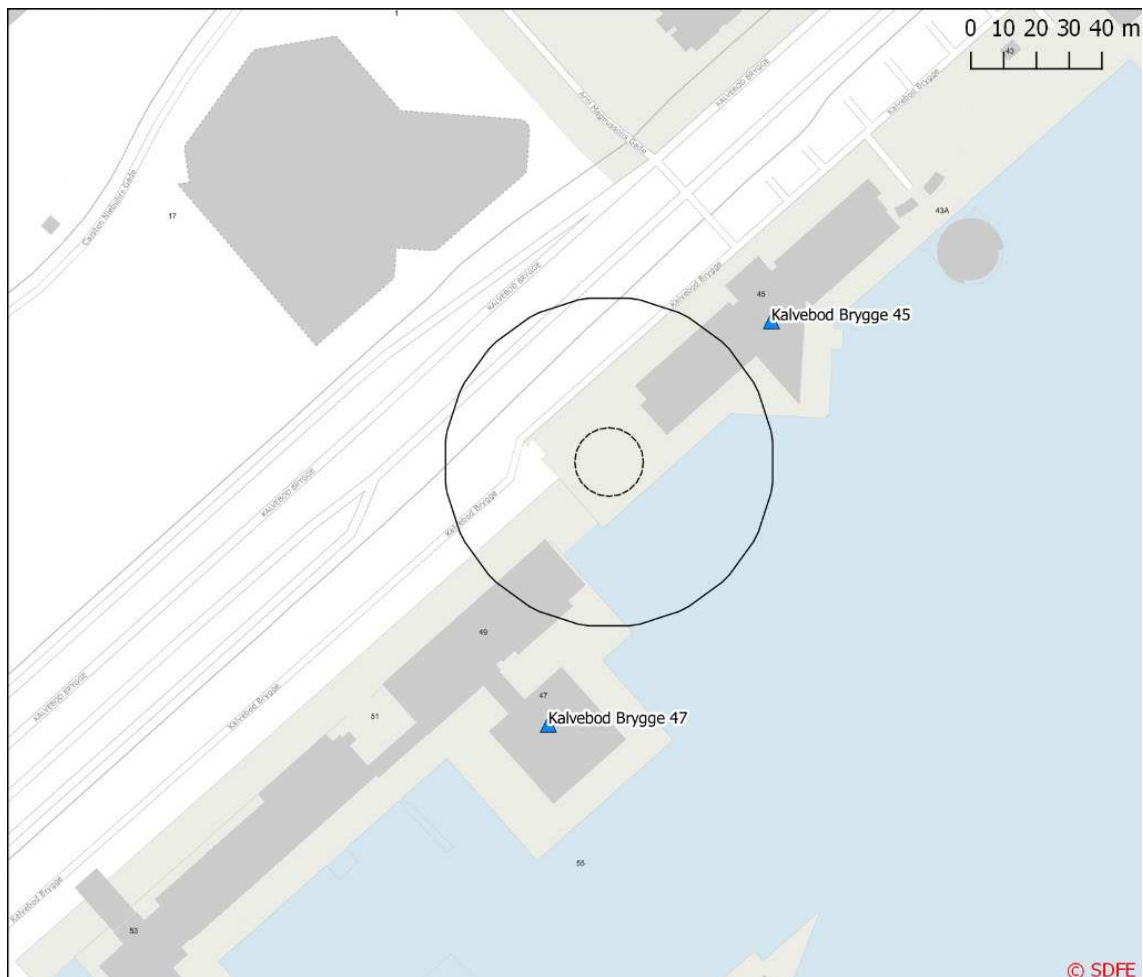
Figur 10.8: Vibrationspåvirkninger fra opbrydning af kalk ved Skt. Jørgens Sø. Området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til 40 m fra den vibrationsgivende aktivitet. Fredede og bevaringsværdige bygninger er markeret med rød trekant.

Figur 10.8 viser, at der risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer som følge af opbrydning af kalk i et område omkring skakten, hvor der bor og arbejder en del mennesker.



Figur 10.9: Vibrationspåvirkninger fra og opbrydning af kalk ved Halmtorvet/Gasværksvej. Området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til 40 m fra den vibrationsgivende aktivitet.

Figur 10.9 viser, at der risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer som følge af opbrydning af kalk i et område omkring skakten, hvor der bor og arbejder en del mennesker.



Figur 10.10: Vibrationspåvirkninger fra kapning af opbrydning af kalk ved Kalvebod Brygge. Området hvor der er risiko for vibrationsgener er markeret med sort streg og ligger i en afstand af op til 40 m fra den vibrationsgivende aktivitet. Potentiel vibrationsfølsom virksomhed er markeret med blå trekant.

Figur 10.10 viser, at der risiko for overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer som følge af opbrydning af kalk i et område omkring skakten, hvor der arbejder en del mennesker.

10.3.4 Kørsel med lastbiler og tungt entreprenørmateriel

I hele anlægsperioden vil der foregå transport med tunge køretøjer til og fra byggepladserne ved skaktene. Under etableringen af skaktene drejer det sig bl.a. om:

- Til- og frakørsel af materialer
- Kørsel med rambuk i forbindelse med spunsning
- Kørsel med borerig i forbindelse med boring af huller til sekantpæle

Da der i forvejen er trafik af tunge køretøjer ved skaktenes placering, vurderes trafikken til og fra byggepladserne ikke at give anledning til højere vibrationsniveauer, end de omkringliggende bygninger og personer bliver udsat for i den eksisterende situation.

10.3.5 Sammenfatning af vibrationer i anlægsfasen

Bygningsskadelige vibrationer

Ramning af spuns ved tilslutningsbygværkerne medfører risiko for overskridelse af de vejledende grænseværdier for bygningsskadelige vibrationer ved beboelsesejendommen Vodroffsvej 2, der er en fredet bygning, og Vodroffsvej 5, der har bevaringsværdien 3. Begge bygninger er beliggende meget tæt på byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø. Det er vurderet, at ramning uden forboring vil forekomme op til 5 dage ved hvert tilslutningsbygværk. Vibrationspåvirkning fra etablering af Københavnervej svarer til forboret spuns eller er mindre.

Der er ligeledes risiko for overskridelse af de vejledende grænseværdier for bygningsskadelige vibrationer ved beboelsesejendommene Halmtorvet 30/Gasværksvej 35, Halmtorvet 34/Gasværksvej 28, erhvervsejendommene Halmtorvet 17 og 19 samt kontorejendommene Kalvebod Brygge 45, 47 og 49. Ingen af disse bygninger er fredede eller har høj bevaringsværdi.

Bygherre vil derfor overvåge vibrationspåvirkningen på disse bygninger, som beskrevet under afværgeforanstaltninger (afsnit 10.6), i perioder hvor der udføres arbejde, der medfører risiko for bygningsskadelige vibrationer. Ved risiko for bygningsskade implementeres tiltag for at reducere vibrationspåvirkningen for således at minimere eller afværge skader. Mulige afværgetiltag omfatter øget overvågning med tilstedeværelse af måleingeniør, tilpasning eller ændring af arbejdsmetoder fx ændring af faldlodshøjde, skift mellem ramning, vibrering eller silent piling eller anvendelse af forboring. På den baggrund vurderes risikoen for bygningsskadelige vibrationer på et begrænset antal ejendomme ved en enkelt korterevarende arbejdsproces samlet for projektet at være **moderat**.

Komfortvibrationer

Ramning og vibrering af spuns, boring af sekantpæle samt opbrydning af kalk vil medføre risiko for mærkbare vibrationer og overskridelse af de foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer i et større område omkring hver byggeplads. Der er således behov for en vidtgående kommunikationsindsats for at informere naboer om aktiviteternes formål, påvirkning og varighed, samt at der vil komme mærkbare og eventuelt generende vibrationer, men at de ikke er farlige, og at bygningerne ikke tager skade, da der er stor forskel på mærkbare vibrationer og risiko for bygningsskader. Der kan ligeledes være behov for et beredskab i forhold til måling af komfortvibrationer i tilfælde af beboerhenvendelser. Vibrationerne vil ikke forekomme i hele arbejdsperioden, men kun når de enkelte processer foregår. Risikoen for overskridelse af foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer er knyttet til særligt støjende arbejder, se afsnit 9.1, der kun må foregå i tidsrummet 8-17 på hverdage. På den baggrund vurderes risikoen for vibrationer, der overskrider foreslåede grænseværdier for komfortvibrationer at medføre **mindre** påvirkninger af omgivelserne, selvom det berører et større antal mennesker.

Samlet vurderes påvirkningen i form af risiko for bygningsskade at være **moderat**, mens påvirkning som følge af risikoen for overskridelse af grænseværdien for komfortvibrationer vurderes at være **mindre**.

10.4 Kumulative effekter

Det kan ikke udelukkes, at andre vibrationsgivende aktiviteter foregår samtidig med etableringen af tilløbsbygværker og skakte. Sandsynligheden for, at vibrationspåvirkninger fra forskellige kilder resulterer i et forhøjet vibrationsniveau er meget lille, også selvom aktiviteterne foregår samtidigt.

Den oplevede gene fra flere samtidige, eller næsten samtidige, vibrationsgivende aktiviteter, vil formentlig være større, men det bunder til en vis grad i påvirkningernes større udstrækning i tid, hvilket ikke indgår i vurderingen af komfortvibrationer i de foreslåede grænseværdier.

Samtidig vil de aktiviteter, der forårsager det eksisterende baggrunds niveau, stadig foregå.

10.5 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Vurderingen af vibrationspåvirkningerne er foretaget med udgangspunkt i erfaringer fra tidligere udførte skakte i København. Forskel i lokale forhold omkring de skakte som erfaringsgrundlaget er indsamlet ved, og ved de kommende skakte i forbindelse med Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, kan være årsag til en vis usikkerhed på estimerterne.

Hverken strukturlyd eller infralyd har nået problematiske niveauer ved etableringen af skakte tidligere. Erfaringsgrundlaget for vurdering af vibrationspåvirkningerne fra silent piling er relativt begrænset. Derimod er vibrationspåvirkningerne fra ramning og vibrering af spuns velkendte.

10.6 Afværgeforanstaltninger og BAT

Vibrationspåvirkninger fra etableringen af tilløbsbygværker og skakte kan til en vis grad afbødes, fortrinsvis ved at vælge hensigtsmæssige arbejdsmetoder (BAT), men vibrationspåvirkninger kan ikke undgås. Tiltag der kan implementeres for at reducere vibrationspåvirkninger omfatter:

- Hensigtsmæssig tilrettelæggelse af arbejdsprocesser, fx ved at indrette byggepladserne således at ikke-stedbundne vibrationsgivende aktiviteter udføres så langt fra naboejendomme som muligt
- Valg af hensigtsmæssige arbejdsmetoder, herunder materiel. Fx ved valg af tilstrækkeligt kraftigt materiel, gravemaskiner på gummihjul snarere end bælter, eller ved nedskæring med diamanter i stedet for kapning med hydraulisk hammer. I dette projekt er valgt anvendelse af Københavnervej eller forboring inden nedbringning af spuns og 'silent piling', ligesom pæletoppe nedskæres med diamanter.

Etablering af Københavnervej eller spunsning med forboring ved anlæg af tilslutningsbygværker, hvor det vurderes anlægsteknisk muligt vil medføre en reduktion for støj og/eller vibrationer i forhold til traditionel ramning. Ved etablering af en Københavnervej udgraves til spuns/indfatningsvægge, og støj- og vibrationspåvirkningen er væsentligt reduceret i forhold til traditionel spunsramning og vibrering. Forboring udføres ved at bore huller i jorden, hvori spunsen efterfølgende placeres, hvilket reducerer modstanden under spunsens nedbringelse. Herved reduceres vibrationerne og dermed risikoen for bygningsskader.

Udvidelsen af byggepladsen i havnen bliver etableret med spuns ved silent piling (støjsvag spunsning), se afsnit 5.2.2. Ved silent piling-metoden presses spunsjernene hydraulisk ned i havbunden. Silent piling-metoden er langt mindre støjende end traditionel spunsramning, og den impulsholdige rammestøj undgås. Derudover reduceres vibrationspåvirkningen og samlet reduceres påvirkningen af omgivelserne.

- En vidtgående kommunikationsindsats for at informere naboer om aktiviteterne formål, påvirkning, periode og varighed
- Registrering af de omkringliggende bygningers tilstand inden etableringen af skaktene påbegyndes. Registreringen kan fx omfatte udvendig fotoregistrering af alle bygninger indenfor 100 m og indvendig fotoregistrering af fredede og bevaringsværdige bygninger indenfor 50 m fra anlægsarbejderne.
- Overvågning/måling af bygningsskadelige vibrationspåvirkninger på de nærmeste omkringliggende ejendomme med automatisk notifikation af fx entreprenør, rådgiver og bygherre i tilfælde af vibrationspåvirkninger i nærheden af de vejledende grænseværdier
- Forberedelse af et beredskab til måling af komfortvibrationer i tilfælde af beboerhenvendelser

Det er vigtigt at valget af afværgeforanstaltninger foretages ud fra en holistisk tilgang, hvor også andre typer påvirkninger, fx støj, overvejes.

11 Luft

I forbindelse med håndtering af forurenede jord kan der frigives flygtige stoffer, der kan påvirke omgivelserne.

11.1 Metode

Emissionsniveauet fra entreprenørmaskiner ved anlæg af skakte er sammenligneligt med, hvad der vil forekomme ved bygning af en større etageejendom med kælder. Det estimeres, at der på arbejdsområderne i forbindelse med anlægsarbejdet vil være mellem 3-9 entreprenørmaskiner i drift på samme tid inklusiv tilkørte lastbiler. Emissionen af forurenende stoffer vil være midlertidig og foregå i områder med forholdsvis gode spredningsforhold, hvorfor påvirkningen af luftkvaliteten vurderes at være **ubetydelig**. Emissionen fra anlægsarbejdet vurderes derfor ikke yderligere.

Jf. kapitel 18 Jord skal der ikke håndteres kraftigt forurenede jord med flygtige stoffer ved udgravning til skakte på de tre byggepladser, og der forventes således ingen væsentlig emission af flygtige stoffer til omgivelserne i den forbindelse.

Spredningen af flygtige stoffer fra ventilation af tunnel (EPB boremetoden) eller fra separationsanlæg for tunnelmuck (slurry metoden) og fra håndtering af forurenede tunnelmuck på byggepladsen ved Kalvebod Brygge beregnes på OML-multi version 6.2 på baggrund af en JAGG beregning af fluxen af flygtige stoffer fra hhv. håndtering af forurenede jord i tunnel, i separationsanlæg og fra oplag af tunnelmuck. JAGG beregningen foretages ud fra eksisterende viden om jordens og grundvandets forureningsgrad jf. kapitel 18 Jord. Ud fra forventet forureningsgrad af tunnelmuck ved Skt. Jørgens Sø foretages en vurdering af påvirkningen af omgivelserne.

Spredningen af flygtige stoffer ved nærmeste bygninger sammenlignes med B-værdien for de aktuelle flygtige stoffer [50]. B-værdien er en sikkerhedsgrænse ved længere tids påvirkning for den enkelte virksomheds bidrag til luftforureningen i omgivelserne og dermed ikke en grænseværdi for kortere ophold ved byggepladserne som fx forbipasserende.

11.2 Eksisterende forhold

Der er redegjort for de eksisterende jordforureninger i kapitel 19 Jord. Der sker ikke udledning af flygtige stoffer fra jordforurening i områderne, hvor de tre byggepladser skal placeres.

11.3 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

Påvirkningen af luftkvaliteten vil i anlægsfasen ske som følge af emissioner af forurenende stoffer fra afkast fra ventiler af tunnelen eller afkast fra separationsanlæg for tunnelmuck og fra håndtering af forurenede tunnelmuck på byggepladserne ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge.

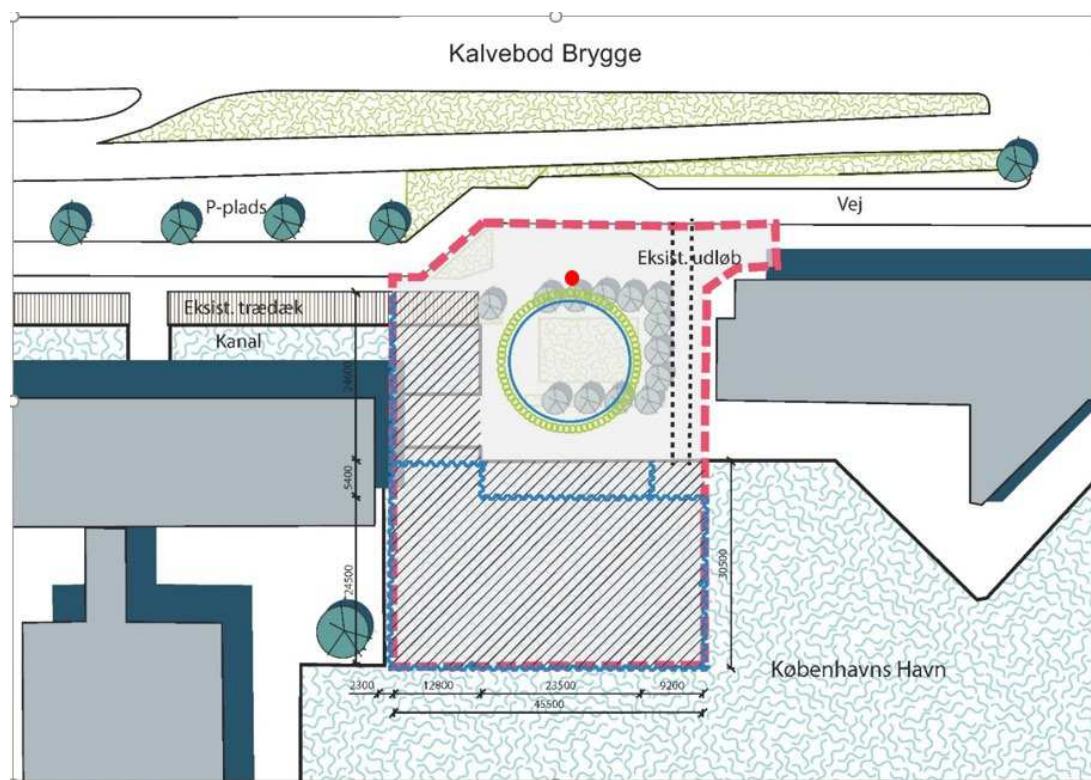
Da jorden og grundvandet visse steder på tunnelstrækningen er kraftigt forurenede med flygtige stoffer, er der risiko for frigivelse af disse ved ventiler af tunnelen eller ventiler af separationsanlæg for tunnelmuck og ved håndtering af tunnelmuck. Særligt det udborede materiale ved Kalvebod Brygge forventes at kunne indeholde forurening med særligt BTEXN og kulbrinter, da det blandt andet stammer fra området under Kødbyen jf. kapitel 19 Jord.

11.3.1 Ventilationsafkast fra tunnel

På baggrund af grundvandsprøver jf. kapitel 19 Jord er koncentrationen af forurenende stoffer, der forventes afgivet under boring af tunnelen, bestemt ved en JAGG beregning og lagt ind i OML Multi 6.2 som en punktkilde for en spredningsmeteorologisk beregning af immissionskoncentrationen i omgivelserne [51]. Afkasthøjden er fastlagt som 1 m højere end byggepladshegnet dvs. 5 m højt: De beregnede immissionskoncentrationer er angivet i Tabel 11.1 sammen

med B-værdierne, der er grænseværdier for den enkelte virksomheds bidrag til luftforureningen i omgivelserne [50].

Fra tunnelen forventes et luftskifte på 2.400 – 4.800 Nm³/h og afkastet placeres nord for skakten, se Figur 11.1.



Figur 11.1: Placering af afkast fra ventilering af tunnel ved Kalvebod Brygge. Afkast er markeret med rød cirkel

Tabel 11.1: Flux og beregnede immissionskoncentrationer ved et 5 m højt afkast fra ventilering af tunnel på Kalvebod Brygge med et luftskifte på 2.400 Nm³/h [51] samt B-værdier jf. [50]

Stof	Flux mg/s	B-værdi mg/m ³	Immissionskoncentration mg/m ³
Benzen	0,48	0,005	0,002
Xylen/Ethylbenzen	0,50	0,2	0,002
Napthalen	0,07	0,04	0,0003
Trimethylbenzen	0,56	0,03	0,002

Med en afkasthøjde på 5 m vil immissionskoncentrationerne være lavere end B-værdierne, når der bores i den mest forurenede del af tunnelstrækningen.

Forureningen med flygtige stoffer i det udborede materiale ved Skt. Jørgens Sø er væsentligt lavere end ved Kalvebod Brygge. Immissionskoncentrationerne fra ventilering af tunnelen vil således kunne overholde B-værdierne.

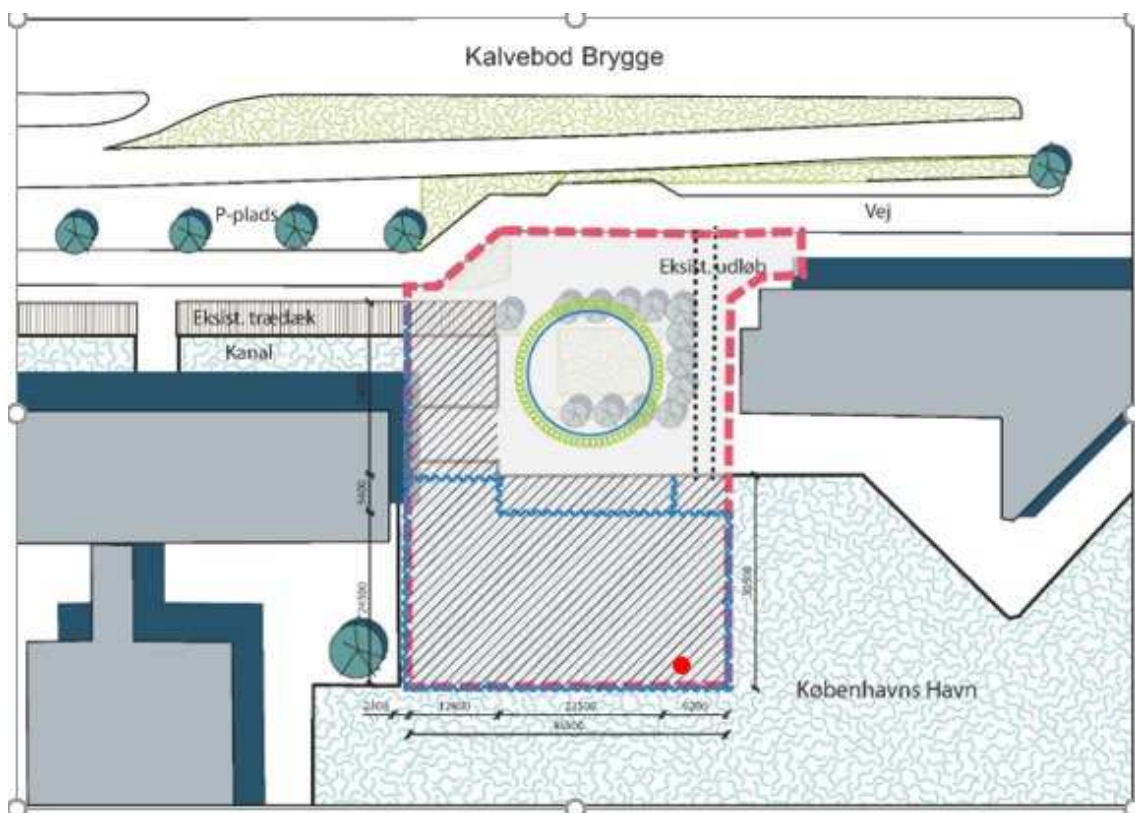
Med immissionskoncentrationer lavere end B-værdierne vil befolkningen i området ved længere tids eksponering ikke udsættes for skadelige effekter og gener fra luftforureningen.

Emission af flygtige organiske stoffer fra ventilering af tunnel på Kalvebod Brygge og Skt. Jørgens Sø er vurderet at være en **mindre** påvirkning.

11.3.2 Ventilationsafkast fra separationsanlæg

På baggrund af grundvandsprøver jf. kapitel 19 Jord er den totale mængde Benzen beregnet for de 30 m³/h tunnelmuck, der maksimalt kan håndteres i separationsanlægget og lagt ind i OML Multi 6.2 som en punktkilde for en spredningsmeteorologisk beregning af immissionskoncentrationen i omgivelserne [51]. Afkasthøjden er fastlagt som 1 m højere end byggepladshegnet dvs. 5 m højt: Den beregnede immissionskoncentration er angivet i Tabel 11.2 sammen med B-værdien.

Fra separationsanlægget forventes et luftskifte på 1.500 Nm³/h og afkastet placeret i det østlige hjørne af arbejdspladsen se Figur 11.2.



Figur 11.2: Placering af afkast fra ventilering af separationsanlæg ved Kalvebod Brygge. Afkast er markeret med rød cirkel

Tabel 11.2: Koncentration og beregnede immissionskoncentration ved et 5 m højt afkast fra ventilering af separationsanlæg på Kalvebod Brygge med et luftskifte på 1.500 Nm³/h [51] samt B-værdier jf. [50]

Stof	Koncentration mg/s	B-værdi mg/m ³	Immissionskoncentration mg/m ³
Benzen	1,5	0,005	0,005

Med en afkasthøjde på 5 m over terræn (1 m over byggepladshegnet) vil immissionskoncentrationen for Benzen overholde B-værdien, når der bores i den mest forurenede del af tunnelstrækningen.

Der er regnet på worst case, hvor hele indholdet af benzen i tunnelmucken frigives i separationsanlægget, og der således ikke frigives benzen ved den efterfølgende håndtering af tunnelmucken.

Forureningen med flygtige stoffer i det udborede materiale ved Skt. Jørgens Sø er væsentligt lavere end ved Kalvebod Brygge. Immissionskoncentrationerne fra separationsanlægget vil således kunne overholde B-værdierne.

Emission af flygtige organiske stoffer fra ventilering af separationsanlæg på Kalvebod Brygge og Skt. Jørgens Sø er vurderet at være en mindre påvirkning.

11.3.3 Oplag af tunnelmuck

På baggrund af grundvandsprøver jf. kapitel 19 Jord er fluxen fra et 10 x 10 m stort oplag af tunnelmuck bestemt ved en JAGG beregning og lagt ind i OML Multi 6,2 for en spredningsmeteorologisk beregning af immissionskoncentrationen i omgivelserne [51]. Immissionskoncentrationen sammenholdes med B-værdierne, der er grænseværdier for den enkelte virksomheds bidrag til luftforureningen i omgivelserne [50].

Placering af oplag af tunnelmuck inden for byggepladsen ved Kalvebod Brygge er endnu ikke fastlagt. Derfor er der i spredningsberegningen lagt et receptornet tæt omkring oplagspladsen, og afstanden fra oplaget til, hvor den beregnede immissionskoncentration overholder B-værdien, er angivet i Tabel 11.3.

Tabel 11.3: Flux og afstanden fra oplaget til hvor den beregnede immissionskoncentration overholder B-værdien for oplag af tunnelmuck på Kalvebod Brygge [51] samt B-værdier jf. [50]

Stof	Flux mg/s	B-værdi mg/m ³	Afstand til overholdelse af B-værdi m
Benzen	0,13	0,005	15
Xylen/Ethylbenzen	0,13	0,2	0
Napthalen	0,02	0,04	0
Trimethylbenzen	0,15	0,03	0

Benzen har den laveste B-værdi og bliver derved bestemmende for den afstand, der skal overholdes fra nærmeste bygning til oplag af tunnelmuck på Kalvebod Brygge. Ved en afstand på 15 m fra oplag til nærmeste bygning sikres, at befolkningen i området ved en længere tids udsættelse beskyttes mod skadelige effekter og gener fra luftforureningen. Hvis det ikke er muligt at placere oplaget med den tilstrækkelige afstand til nærmeste bygning, må der etableres

afværgende foranstaltninger herunder undersøges mulighederne for fx overdækning/afskærmning af oplag og rensning af ventilationsluft i kulfilter.

Forureningen med flygtige stoffer i det udborede materiale ved Skt. Jørgens Sø er så meget lavere end ved Kalvebod Brygge, at der på baggrund af OML-beregninger ikke vil være et afstandskrav til nærmeste bygning for overholdelse af B-værdierne.

Emission af flygtige organiske stoffer fra oplag af tunnelmuck på Kalvebod Brygge er vurderet at være en **mindre** påvirkning, og påvirkningen ved Skt. Jørgens Sø vurderes at være **ubetydelig**. Den samlede påvirkning af luftkvaliteten i anlægsfasen vurderes at være **mindre**.

11.4 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Ved aflastning af skybrudsvand gennem tunnelen vil den fortrængte luft blive afledt gennem riste i gadeniveau. Afhængig af sammensætningen af skybrudsvandet kan dette eventuelt medføre lugt af spildevand. Da eventuel lugt statistisk set maksimalt vil forekomme en gang pr. 5 år i et begrænset tidsrum vurderes lugtgenerne at være ubetydelige.

Den samlede påvirkning fra projektet på luftkvalitet i driftsfasen vurderes at være **ubetydelig**.

11.5 Kumulative effekter

Der er ikke kendskab til andre projekter, der skal anlægges inden for jordforureningerne i projektområdet, og som derved kan frigive flygtige stoffer til omgivelserne.

11.6 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Det vurderes, at undersøgelserne vedrørende luftforurening er dækkende på det nuværende stadie af projektet med de data, der er tilgængelige.

11.7 Afværgeforanstaltninger

For at reducere påvirkningen fra emission af forurenende stoffer fra oplag af tunnelmuck ved Kalvebod Brygge skal oplaget etableres mindst 15 m fra nærmeste bygning. Alternativt etableres afværgende foranstaltninger som fx overdækning/afskærmning af oplag og rensning af ventilationsluft i kulfilter.

HOFOR stiller en række krav til entreprenørernes materiel for at reducere luftemissionerne, disse fremgår af kapitel 5.

12 Friluftsliv og rekreative interesser

De rekreative interesser i og omkring projektområdet beskrives, og projektets påvirkninger såvel under anlægsfasen som i driftsfasen beskrives og vurderes.

Der foretages en vurdering af risikoen for påvirkning af vandkvaliteten i havnebadene i anlægsfasen ifm. etablering og nedrivning af byggeplads i havnen, og påvirkning på antallet af badedage estimeres. Vurderingen foretages bl.a. på baggrund af lignende projekter.

Der foretages på baggrund af vurderinger af udledningsvandets vandkvalitet samt hydraulikken i havnen en overordnet vurdering af påvirkning af badevandskvaliteten og dermed effekt af udledning af vand fra skybrudstunnelen på rekreative interesser primært forbundet med havnebadene.

12.1 Eksisterende forhold

De rekreative forhold ved skakte og pumpestation, der kan blive påvirket af projektet er stien omkring Skt. Jørgens Sø, Halmtorvet, Havneringen samt rekreative aktiviteter i Københavns Havn nær Kalvebod Brygge heriblandt sejlsport, roing, badning mv.

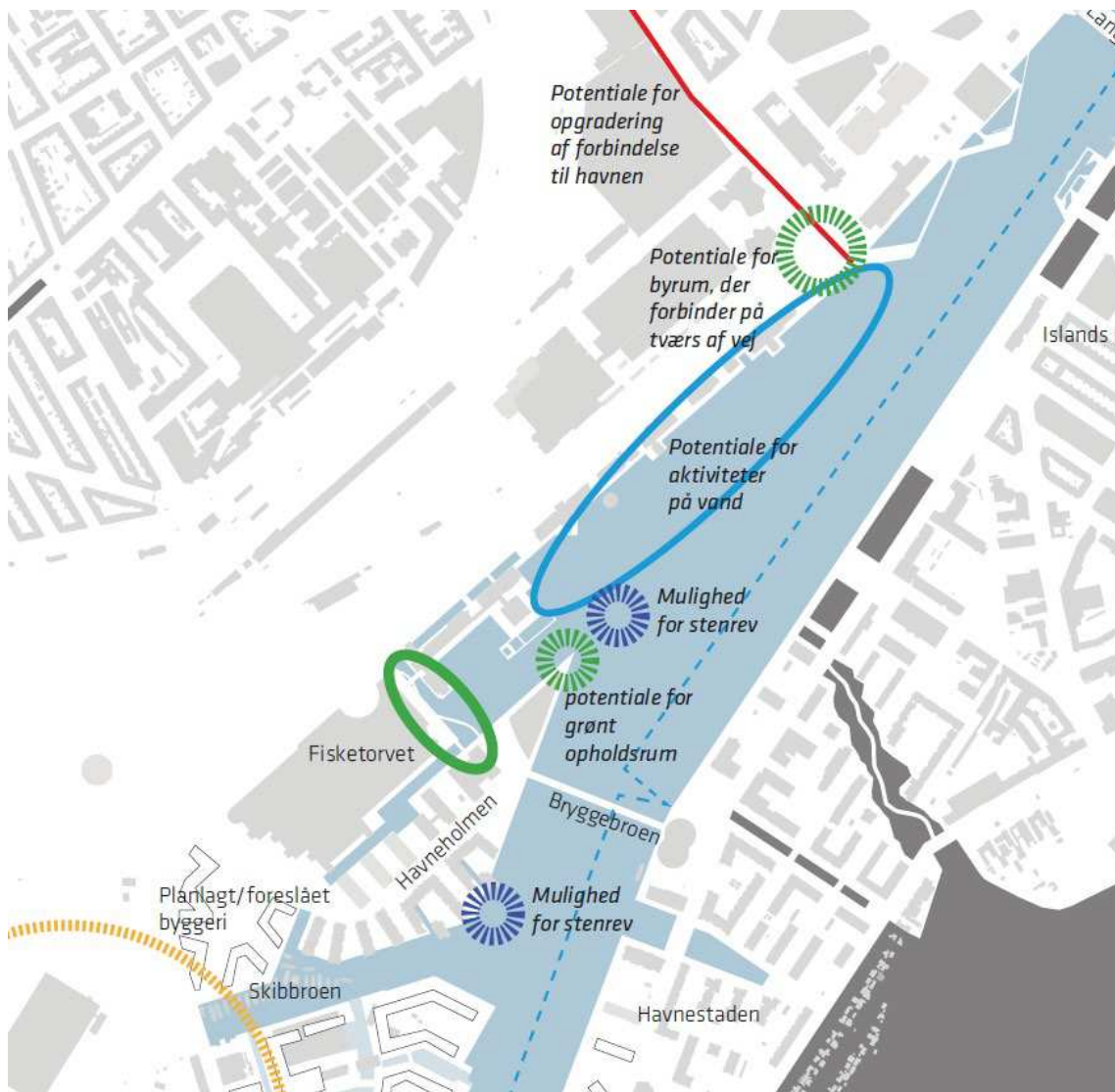
Stien rundt om Skt. Jørgens Sø benyttes til rekreative formål som gang/løb/cykling af såvel områdets beboere som turister. Omkring hjørnet Vodroffsvej og Gl. Kongevej er der 2 trappeadgange til stien. En trappeadgang ved nordenden af parkeringspladsen på Vodroffsvej og en trappeadgang ca. 60 m sydøst herfor ved Gl. Kongevej.

Halmtorvet bruges til gademøder, mindre udstillinger, markeder og små musikarrangementer og har et arrangementsareal på 3.500 m². For enden af pladsen ud mod Gasværksvej ligger en basketballbane. Denne ende af pladsen benyttes også til petanque-spil. Syd for basketballbanen er placeret en række borde og bænke.

I Københavns Havn kan man bade, sejle i både og kajakker, fiske og nyde de rekreative områder langs kanalerne. Udviklingsplan for havnen [52] udpeger potentielle placeringer for temaerne i visionen for havnen. De seks temaer er:

- Flere aktiviteter i havnen
- Flere opholdssteder og adgang til vandet
- Bedre ruter og forbindelser
- Events og midlertidige projekter
- Understøttelse af havnens natur
- En fortællende havn

De potentielle placeringer for temaerne omkring Kalvebod Brygge er vist i Figur 12.1. Ved Kalvebod Brygge er der således potentiale for aktiviteter både på land og på vandet.



Figur 12.1: Potentielle placeringer omkring Kalvebod Brygge til opfyldelse af visionen for Københavns Havn [52].

Havneringen er en 13 km lang gang-, løbe- og cykelrute langs Københavns Havn. Turen kan også opleves i mindre ringe på 2, 4 eller 7 km efter behov. Havneringen går fra Amager Fælled i syd til Papirøen og Holmen i nord og binder havnen sammen via flere cykelbroer. Havneringen er lanceret som grøn gang- og cykelrute, der er et attraktivt og trygt alternativ til de trafikkerede veje. Havneringen forløber forbi byggepladsen ved Kalvebod Brygge.

I Sydhavnen er der tre havnebade og to badezoner. Placering af havnebade og badezoner er vist i Figur 12.2. Havnebadene Islands Brygge, Fisketorvet og Sluseholmen er åbne fra 1. juni – 30. september, men Islands Brygge og Sluseholmen benyttes også af vinterbadere. Badezonen ved Halldansgade kan benyttes året rundt, mens badezonen ved Havneviggen kun er åben fra 1. maj – 10. september.



Figur 12.2: Placering af havnebade og badezoner i Sydhavnen.

Københavns Kommune har en badevandsmodel, som drives af DHI - Badevandsudsigten. Badevandsudsigten giver løbende prognoser for badevandskvaliteten samt vand- og vejrforhold ved kommunens marine badesteder. Informationen om badevandskvaliteten er baseret på computersimuleringer, der tager hensyn til prognoserne for vejr- og strømforhold samt til udløb fra kilderne til dårlig badevandskvalitet. To gange i døgnet og ved aflastning af overløbsvand til havnen opdateres prognosen og modellen beregner, hvordan fanerne breder sig og hvilke badesteder, der bliver berørt.

Den beregnede koncentration af indikatorbakterier ved badestedet sammenholdes med fastlagte badevandskriterier (<250 e.coli, <100 i.enterokokker). Hvis koncentrationen inden for det givne døgn på noget tidspunkt overstiger kriterierne for en af indikatorbakterierne varsles om risiko for dårlig badevandskvalitet. "Flaget" på badestederne er digitalt og skiftes automatisk af modellen.

Københavns Kommune har en målsætning om God badevandskvalitet og maksimalt 5 lukkedage per badested per sæson (1. juni-15. september). Antallet af lukkedage pr. sæson fra 2016 – 2018 er anført i Tabel 12.1.

Tabel 12.1: Antal lukkedage pr. sæson i perioden fra 2016 – 2018 [53]

År	Islands Brygge	Fisketorvet	Sluseholmen	Halldansgade	Havneviggen	Bemærkninger
Afstand til udløb fra skybrudstunnel	800 m	200 m	2.100 m	500 m	1.200 m	
2016	6	6	2	6		
2017	5	5	6	5	7	
2018	6	6	11 (7 dage var pga. skadedyr)	6	6	Atypisk sommer – meget få regndage

Jf. kapitel 14 Overfladevand og vandkvalitet er badevandskvaliteten på de udvalgte havnebade beregnet til "UDMÆRKET" – altså et niveau bedre end målsætningen "GOD", mens antallet af lukkedage på flere af havnebadene overskrider målsætningen.

12.2 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

I anlægsfasen forventes **ingen** påvirkning af stien rundt om Sct. Jørgens Sø, idet trappeadgangen ved parkeringspladsen midlertidigt rykkes lidt mod nord, hvorved adgangen fra stien til Vodroffsvej opretholdes i anlægsfasen.

Basketballbanen på Halmtorvet ved Gasværksvej inddrages i hele byggeperioden og hermed reduceres arrangementsarealet med ca. 400 m². Samtidig nedlægges borde og bænke syd for basketballbanen. I samråd med Københavns Kommune besluttet, om borde og bænke midlertidigt kan opstilles i området øst for basketballbanen. Brugere af basketballbane mv. henvises til at benytte øvrige faciliteter i området. Da der er tale om midlertidig inddragelse af en mindre del af arrangementsarealet vurderes påvirkningen af de rekreative interesser at være **mindre**.

Ved Kalvebod Brygge inddrages et mindre areal (ca. 1.500 m²) i havnen midlertidigt til byggeplads med evt. tilhørende restriktionsområde for sejladsen i anlægsfasen. Arealet er minimalt i forhold til hele havnen, hvorfor de rekreative aktiviteter i havnen såsom sejlads vurderes at kunne fortsætte uhindret i anlægsperioden. Påvirkningen vurderes derfor at være **ubetydelig**.

Byggepladsen ved Kalvebod Brygge anlægges ud over eksisterende kajkant og dermed spærres promenaden (Havneringen) for gang-/cykeltrafik i anlægsfasen. Cyklister anbefales anvist midlertidig alternativ rute via lokalgaden Kalvebod Brygge med adgang fra promenaden mellem bygningerne i nr. 39 og nr. 37 og ned på promenaden igen umiddelbart inden Fisketorvet.

For at opretholde en fodgængerforbindelse i anlægsperioden kan der anlægges en flydebro uden om byggepladsen, som forbindes til promenaden mod nord og syd (se Figur 8.8). Med de i projektet indarbejdede afværgeforanstaltninger vurderes påvirkningen af de rekreative interesser at være **mindre**.

Jf. kapitel 15 Overfladevand og vandkvalitet vurderes påvirkningen fra ophvirvling af forurenset sediment i forbindelse med etablering og afvikling af byggeplads i havnen at være ubetydelig i forhold til vandkvaliteten i havnen. På den baggrund vurderes påvirkningen af badevandskvaliteten i anlægsfasen at være **ubetydelig**.

Den samlede påvirkning fra projektet på de rekreative interesser i anlægsfasen vurderes at være **mindre**.

12.3 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Der etableres et nyt og større opholdsareal rundt om pumpestationen, hvilket vurderes at være i overensstemmelse med visionen for havnen om flere opholdssteder og adgang til vandet [52]. Påvirkningen vurderes at være **mindre** og **positiv**.

Udledning af overfladevand fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel med en mindre mængde overløbsvand iblandet kan potentielt forringe badevandskvaliteten for de nærliggende havnebade evt. med et øget antal lukkedage til følge. Påvirkningen på badevandskvaliteten er beskrevet og vurderet i bilag 2. Badevandskvaliteten er vurderet med udgangspunkt i badevandskriterierne, som er fastsat i badevandsbekendtgørelsen [54], og kriterierne er fastlagt ud fra koncentrationer af *E. coli* og intestinale enterokokker (i. enterokokker) beregnet for det pågældende år og de 3 foregående år.

Badevandskvaliteten for de nærmeste havnebade i forhold til udløbet fra skybrudstunnelen er i den nuværende situation generelt beregnet til at være "UDMÆRKET" (den bedste kategori). Med hensyn til antal lukkedage er Københavns Kommunes målsætningen om maksimalt 5 lukkedage i badesæsonen allerede i perioden 2016-2018 overskredet i nogle år på flere af havnebadene.

Analyse af badevandsdata i bilag 2 viser, at ved udledning af såvel en 5-års som en 10-års hændelse via skybrudstunnelen vil badevandskvaliteten kunne opretholdes på niveauet "UDMÆRKET" på havnebadene.

Analysen af antal lukkedage viser, at ved såvel en 5-års som ved en 10-års hændelse, i en situation hvor al vand fra regnhændelserne udledes til havnen, vil udløbet fra skybrudstunnelen medføre en svagt forøget risiko for én ekstra lukkedag hvert 5./10. år ved Fisketorvets Havnebad, som er beliggende inden for en afstand af 500 m fra skybrudstunnelens udløb. Risikoen for en ekstra lukkedag vurderes at være så lille, at det ikke vil bidrage med en reel forøgelse af antallet af lukkedage set over en længere periode, og vil således ikke få nogen betydning for overholdelse af målsætningen om maksimalt 5 lukkedage per badesæson.

Ved afledning af tunnelvolumenet helt eller delvist til spildevandssystemet vil der, i forhold til dagens situation, forekomme en reduceret påvirkning af badevandskvaliteten ved de regnhændelser, der ledes til tunnelen, hvor store dele eller al vand fra hændelsen kan ledes til kloak. Det vil kunne medvirke til at mindske antallet af lukkedage i forhold til i dag.

Ved større regnhændelser (< 10 år) vil der stadig være en svagt forøget risiko for ekstra lukkedage i forhold til i dag, men risikoen er så lille, at der reelt ikke forventes ekstra lukkedage set over en længere periode.

Den samlede påvirkning fra projektet på de rekreative interesser i driftsfasen vurderes at være **ubetydelig**.

12.3.1 Referencescenariet

Referencescenariet er beskrevet i kapitel 6. Som følge af klimaforandringerne, forventes det, at ekstremnedbørshændelser fremover vil optræde hyppigere end nu. Eksempelvis forventes gentagelsesperioden for en nuværende 5-års regn at være ca. 4 år i 2025 og ca. 3 år i 2050. Hvis skybrudstunnelen ikke gennemføres, må det forventes at vand fra ekstremnedbørshændelser vil udledes til Københavns Havn gennem de eksisterende udløb uanset hyppigheden af disse. Skybrudstunnelen vil således ikke samlet bidrage til merbelastning med E. coli eller i. enterokokker til Københavns Havn, men en omfordeling af udledningsmængder, hvor en del af udledningerne fra eksisterende udløb til havnen ledes til skybrudstunnelen og derfra ud i havnen.

I spildevandsplan 2018 [6] for Københavns Kommune er der planlagt tiltag til fastholdelse og forbedring af badevandskvaliteten i Københavns Havn. En del af disse tiltag er afhængige af, at skybrudstunnelen etableres. Hvis skybrudstunnelen ikke etableres, kan der være en risiko for at nogle af disse tiltag ikke vil kunne gennemføres, og dermed en risiko for at målsætningen ikke vil kunne opnås.

12.4 Kumulative effekter

Der er ikke kendskab til øvrige anlægsprojekter, da kan medføre kumulative effekter på de nævnte forhold.

12.5 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Det vurderes, at undersøgelserne vedrørende rekreative interesser er dækkende på det nuværende stadie af projektet med det tilgængelige datagrundlag.

12.6 Afværgeforanstaltninger

I anlægsfasen anvises alternative ruter for fodgængere og cyklister. Det anbefales at etablere en flydebro omkring arbejdspladsen for at opretholde fodgængerforbindelsen på Havneringen og at etablere en alternativ rute for cyklister via lokalgaden Kalvebod Brygge.

13 Landskab og visuelle forhold

Ved Kalvebod Brygge etableres en pumpestation. Området ved Kalvebod Brygge er således det eneste sted, hvor den færdige skybrudstunnel ændrer på de visuelle forhold.

13.1 Metode

Påvirkningerne i anlægsfasen svarer til påvirkningerne fra tilsvarende større anlægsprojekter og er udelukkende af midlertidig karakter. Disse påvirkninger er derfor ikke vurderet yderligere.

De permanente installationer ved Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej er overvejende underjordiske. De permanente overjordiske anlæg er beskrevet, men ikke vurderet nærmere.

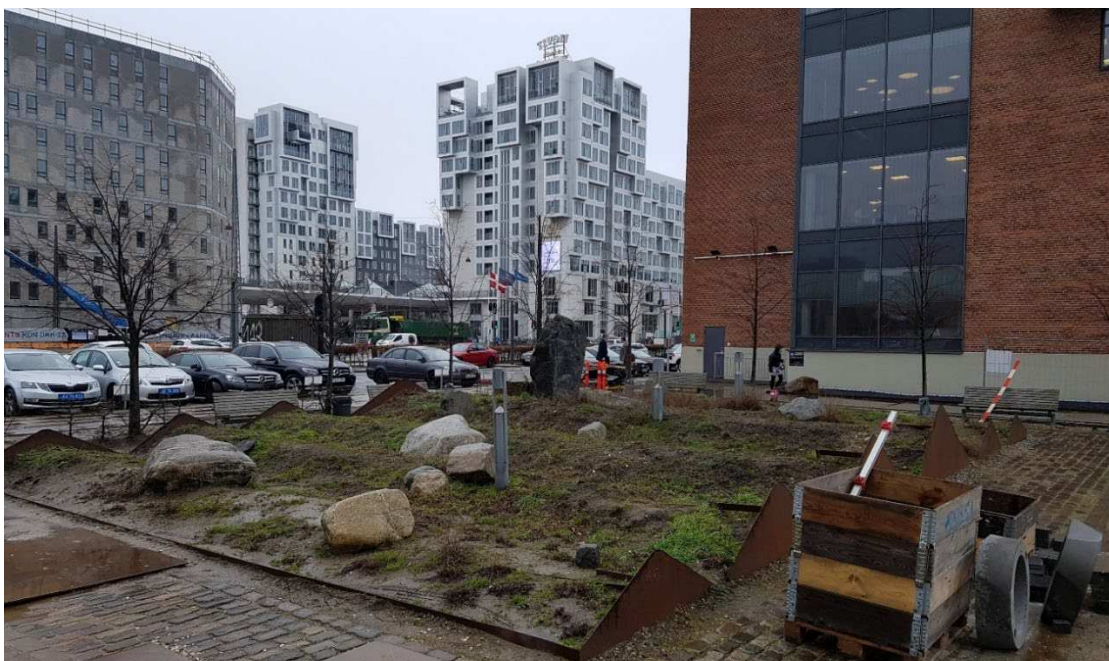
Ved Kalvebod Brygge etableres en pumpestation. På baggrund af visualiseringer af pumpestationen beskrives og vurderes anlæggets visuelle påvirkning af området ved Kalvebod Brygge.

13.2 Eksisterende forhold

Pumpestationen placeres på en grund mellem Swedbank og Nykredit Bank på Kalvebod Brygge 45-47. Arealet rummer i dag en lille plads med et haveanlæg mellem vej, fortov og havnepromenade, se Figur 13.1 og Figur 13.2. Det vurderes, at der ikke er mange egentlige brugere af haveanlægget. Mange cyklende og gående passerer området på havnepromenaden, der er en del af Havneringen, der ligger mellem haveanlægget og havnebassinet.



Figur 13.1: Eksisterende haveanlæg ved Kalvebod Brygge, set mod sydøst fra fortovet ved parkeringspladserne. I baggrunden ses havneløbet og bygninger på Islands Brygge.



Figur 13.2: Eksisterende haveanlæg ved Kalvebod Brygge, set mod nord ud mod parkeringspladserne ved lokalgaden. I baggrunden ses eksisterende hoteller og igangværende hotelbyggeri på den modsatte side af Kalvebod Brygge

13.3 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

Byggepladserne vil have en visuel fremtoning og et omfang, der svarer til byggepladser til tilsvarende projekter i byen og vil udelukkende være af midlertidig karakter. Disse påvirkninger er derfor ikke vurderet yderligere.

13.4 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Efter endt anlægsarbejde ved Skt. Jørgens Sø etableres ved p-pladsen ved søens sydvestlige hjørne nogle dæksler i terræn, ligesom der etableres et bygværk (elskab), som vil optage et areal på ca. 15 – 20 m², samt en udluftningskanal over jorden.

På Halmtorvet/Gasværksvej etableres dæksler i terræn, et elskab i basketballbanens sydlige kant samt en udluftningskanal.

For begge byggepladslokaliteter gælder, at pladser, byrums- og vejarealer samt trafikafviklingen genetableres til dagens situation efter anlægsarbejdet er afsluttet. Elskabe og udluftningskanaler indpasses diskret i omgivelserne. Det vurderes, at påvirkningen af disse permanente strukturer på byrummenes funktion og udseende vil være ubetydelig.

13.4.1 Pumpestationen ved Kalvebod Brygge

Pumpestationen består af et underjordisk teknikanlæg og en bygning over terræn. Overbygningen over terræn består af to cirkulære bygningsvolumener - en lav bygning med stor diameter og en lidt højere overbygning med mindre diameter. De to cirkulære volumener griber geometrisk ind i hinanden og skaber herved en sammensat bygning. Ved denne arkitektoniske udformning minimeres pumpestationens samlede bygningsvolumen over terræn mest muligt, og på den måde fastholdes der en vis grad af udsyn til havneløbet fra Kalvebod Brygge.

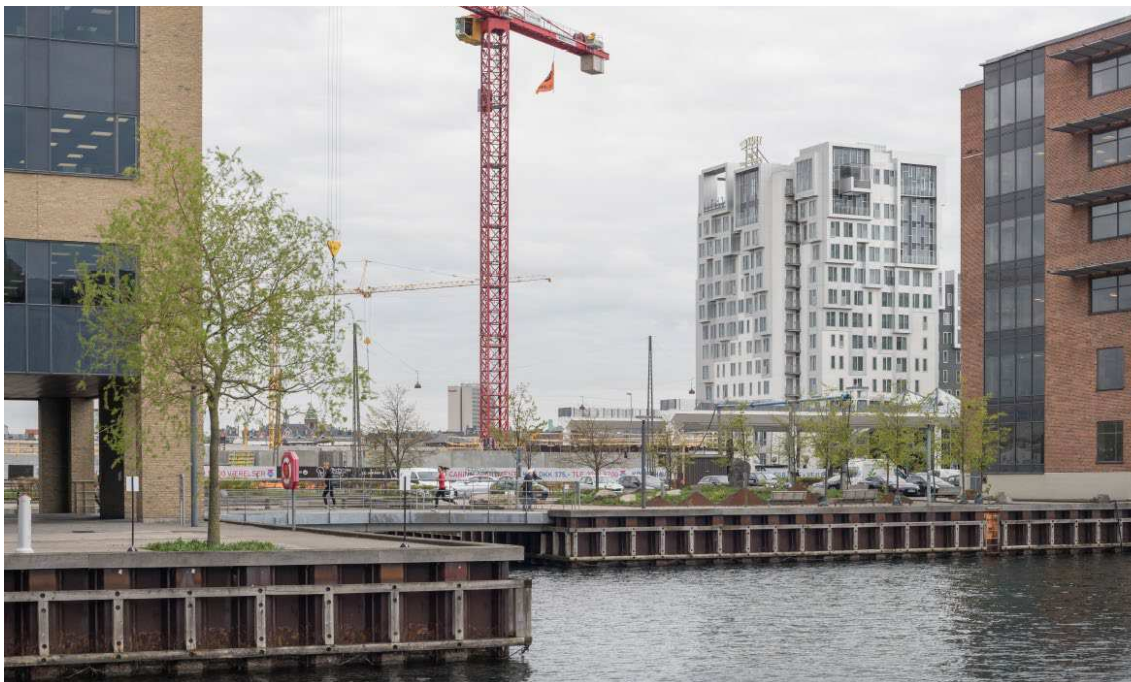
Figur 13.3 til Figur 13.8 viser eksisterende forhold fulgt af visualiseringer af pumpehuset. Pumpehuset er visualiseret fra Kalvebod Brygge, langs Kalvebod Brygge fra syd og fra vandsiden.



Figur 13.3: Areal, hvor pumpehuset placeres set fra Kalvebod brygge mod sydøst. På billedet ses de eksisterende træer rundt om haveanlæget, der fjernes.



Figur 13.4: Visualisering af pumpehuset, set fra Kalvebod brygge mod sydøst.



Figur 13.5: Eksisterende forhold set fra vandsiden mod nordvest. Byggekranen er i dag erstattet af rådhus til nyt hotel på den anden side af Kalvebod Brygge



Figur 13.6: Pumpehuset set fra vandsiden mod nordvest. I forgrunden ses den omlagte promenade. På pumpehuset ses vinduerne med mulighed for at se ind i oppumpningskammeret og til toppen af de seks store pumper i selve bygningen



Figur 13.7: Nuværende forhold langs Kalvebod Brygge mod nordøst. Det eksisterende haveanlæg ses mellem Kalvebod Brygge 45 og 47.



Figur 13.8: Fremtidige forhold langs Kalvebod Brygge mod nordøst.

Ved etablering af pumpestationen forsvinder det eksisterende haveanlæg, mens de eksisterende p-pladser bliver bevaret og promenaden vil fortsat fungere som trafikal forbindelse for cyklende og gående som en del af Havneringen, og der vil fortsat være passage for cyklende og gående mellem promenaden og lokalgaden langs Kalvebod Brygge

Projektet kommer til at understøtte to typologier af kantzoner med hver sit særpræg: pumpestationens kantzone og promenadens kantzone. Disse to kantzoner indrettes som en udvidet fortælling om havn og havnepromenade med udgangspunkt i at forbedre de eksisterende forhold.

Det tilstræbes at forbedre forholdene for kommunens borgere og turister, der færdes langs havnen. Det bliver muligt at komme helt tæt på pumpestationen, lære om skybrud og skybrudssikring på informationsskilte og se gennem en stor rude ind i oppumpningskammeret og til toppen af de seks store pumper i selve bygningen. Når skybrudspumpernes funktion testes og ved skybrud vil man kunne se vandet bruse op, når pumperne er i funktion.

Havnepromenadens forløb ændres, så det rettes mere ud, og passagen ikke længere forløber under Nykredit med skarpe sving og dårligt udsyn. I stedet for et haveanlæg med bænke, der vender ryggen mod havnen, udvides havnekanten og forsynes med flere forsænkede trædæk, der inviterer til liv og ophold med adgang til vandet. Foran Swedbank kommer der et nyt areal, som i dag er havnepromenade, og som fremtidigt kan bruges til rekreative formål. Området lige ud for pumpestationen friholdes for trædæk af hensyn til sikkerheden, da der ikke ønskes evt. badende personer foran pumpestationen, når den er i funktion.

Samlet set vurderes påvirkningen af landskab og visuelle forhold som **mindre**. Pumpestationens bygning er tilpasset omgivelserne med store bygninger, der er placeret mellem den brede og meget trafikerede overordnede vej Kalvebod Brygge og havnepromenaden. Ved minimering af pumpestationens samlede bygningsvolumen over terræn mest muligt fastholdes der en vis grad af udsyn til havneløbet fra Kalvebod Brygge.

Havnebassin med Havnepromenade, der er områdets væsentligste landskabelige værdier bevares med pumpestationens placering og udformning.

13.5 Kumulative effekter

Der er ikke kendskab til andre byggeprojekter, eller andre ændringer af det visuelle miljø i området ved pumpestationen. Der vurderes derfor ikke at være kumulative effekter af betydningsfuld betydning.

13.6 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Der vurderes ikke at være usikkerheder og mangler af en karakter, så miljøpåvirkningerne vedrørende landskab og visuelle forhold ikke er retvisende.

13.7 Afværgeforanstaltninger

Der er ikke behov for afværgeforanstaltninger i forhold til landskab og visuelle forhold ud over dem, der er indarbejdet i projektet for pumpehuset.

14 Mennesker og sundhed

I beskrivelsen af effekter på befolkning og menneskers sundhed inddrages vurderinger fra flere af de øvrige kapitler, hvor dette er relevant i forhold til de direkte påvirkninger i form af trafik og trafikafvikling, støj, vibrationer, emissioner til luft, friluftsliv og rekreative interesser.

Vurderingerne er foretaget på de parametre, som kan blive påvirket af projektet og samtidig have konsekvenser for befolkning og menneskers sundhed.

Sundhed er mere end et fravær af sygdom. At være sund handler om at have det godt både fysisk, psykisk og socialt. Det handler om at have evnen til at udnytte sit potentiale og mulighederne for at leve et godt og meningsfuldt liv.

Potentielle påvirkninger og effekter på befolkning og menneskers sundhed i anlægsfasen er angivet i Tabel 14.1.

Tabel 14.1: Potentielle påvirkninger og effekter på befolkning og menneskers sundhed i anlægsfasen

Type af påvirkning	Effekt af påvirkning
Ændring af stier og veje	Hindring eller vanskeliggørelse af friluftsliv
	Hindring eller vanskeliggørelse af færdsel
Støj og vibrationer	Ændret sundhed og trivsel
Luft	Ændret sundhed og trivsel
Inddragelse af basketballbane	Hindring eller vanskeliggørelse af rekreative aktiviteter
Anlægsarbejde i havnen	Lukkedage for havnebadene
	Hindring af friluftsliv

Eneste potentielle påvirkning af mennesker og sundhed ved drift af skybrudstunnelen er afledning af skybrudsvand, der kan medføre lukkedage for havnebadene.

14.1 Eksisterende forhold

Vesterbro er et gammelt arbejderkvarter, der i de senere år er blevet hipt og et attraktivt område at bosætte sig. I området omkring Halmtorvet er en del af befolkningen særligt udsatte fx misbrugere, der bl.a. færdes omkring fixerummet på Halmtorvet 17.

Øvrige eksisterende forhold relateret til de øvrige parametre er beskrevet under de respektive kapitler.

14.2 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

14.2.1 Ændring af stier og veje

Den eksisterende forskning beskriver en række positive sammenhænge og effekter af friluftsliv på menneskers mentale, fysiske og sociale sundhed. Fx vil en halv til en hel times gåtur eller siddende afslapning i natur og grønne områder for de fleste mennesker medføre en større akut reduktion i stressniveauer og fremme forskellige kognitive funktioner [55]. Der er således potentielle sundhedspåvirkninger som følge af ændret adgang til rekreative områder eller den afledte effekt af at rekreative områders værdi forringes.

Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af ændrede rekreative forhold vurderes at være ubetydelig, idet adgangen til stien omkring Sct. Jørgens Sø opretholdes og stiforbindelsen på Havneringen opretholdes fx ved etablering af en flydebro forbi byggepladsen ved Kalvebod Brygge jf. kapitel 11 Friluftsliv og rekreative interesser. Inddragelsen af basketballbanen ved Halmtovet er en midlertidig inddragelse af et begrænset rekreativt areal.

Ved indretningen af byggepladserne er de trafikale forhold indrettet, så trafikken kan afvikles uden de stor konsekvenser for det overordnede vejnet og passage af cykler og gående kan opretholdes jf. kapitel 7 Trafik. Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af ændring af veje vurderes dermed at være **ubetydelig**.

14.2.2 Støj og vibrationer

Forskningsresultater viser, at støj kan påvirke vores helbred. Effekterne optræder ved forskellige støjniveauer, og graden af effekterne er i de fleste tilfælde også afhængige af den tid, man er eksponeret. Støj, som forstyrrer nattesøvnen, vurderes at have langt større helbredsmæssig effekt end støj om dagen. Ifølge Verdenssundhedsorganisationen, WHO [56], kan støj give søvnforstyrrelser. Støj ændrer søvnmønstret i retning af flere opvågninger og kortere perioder med dyb søvn. Dette har igen indflydelse på vores sundhed og velvære. Ifølge WHO kan støj også øge risikoen for sygdomme i hjerte og kredsløb. Hos mennesker, der udsættes for en vedvarende støjbelastning, har man målt forhøjet blodtryk og puls samt øget produktion af stresshormoner. Oplevelsen af støj er forskellig, men mange mennesker oplever støj som generende. [56].

Støjen fra anlægsaktiviteterne på byggepladsen ved Sct. Jørgens Sø vil jf. kapitel 9 i dagtimerne medføre væsentlige gener for beboerne i de nærmeste ejendomme under spunsning for tilslutningsbygværk og boring af sekantpæle for skakt. Støjgenerne begrænses ved at arbejdstiderne for de særligt støjende arbejder er begrænset til dagtimerne kl. 8-17. Støj fra andre anlægsaktiviteter/-faser overholder støjgrænserne i de kommunale forskrifter og er begrænset til dagtimerne. Ved tunnelering i døgndrift (24/7) forventes den natlige støj ved Sct. Jørgens Sø at overskride WHO's guideline for støj om natten på 45 dB, idet støjen ved de nærmeste boliger er beregnet til op til 49 dB. Projektet medfører således væsentlig støj om natten i en begrænset periode på ca. 40 nætter. Antallet af mennesker, som er udsat for støjen er begrænset, da det kun er få ejendomme som udsættes for støjen, og det må antages, at en del af disse beboere vil have mulighed for at sove i rum, der vender væk fra byggepladsen. Guidelinen for støj er fastsat ud fra ønsket om muligheden for at sove med åbne vinduer. Guidelinen er ikke fastsat for støjklender, der er af kortere varighed såsom tidsbegrænset anlægsarbejde, men for støjpåvirkning over lange perioder. Undersøgelser viser, at det er søvnforstyrrelser over en længere årrække, der kan medføre påvirkninger af menneskers helbred og sundhed. På den baggrund vurderes påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af støj, også ved tunnelering 24/7 og dermed natlig støj i ca. 40 nætter, at være **ubetydelig**.

Støjen fra anlægsaktiviteterne på byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej vil medføre væsentlige gener for beboerne i de nærmeste ejendomme under spunsning for tilslutningsbygværk og boring af sekantpæle for skakt. Støjgenerne begrænses ved at arbejdstiderne for de særligt støjende arbejder er begrænset til dagtimerne kl. 8-17. Støj fra andre anlægsaktiviteter overholder støjgrænserne i de kommunale forskrifter og er begrænset til dagtimerne. De oplevede støjgener kan reduceres ved god information til naboerne om tidspunkter og varighed af støj i omgivelserne. Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af støj vurderes dermed at være **ubetydelig**.

Støjen fra anlægsaktiviteterne på byggepladsen ved Kalvebod Brygge vil på grund af afstanden ikke medføre gener ved de nærmeste beboelser, men vil medføre gener for de nærmeste kontorejendomme i perioden med særligt støjende aktiviteter. Støjpåvirkningen vurderes samlet at være mindre og påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af støj vurderes dermed at være **ubetydelig**.

14.2.3 Luft

Ved håndtering af forurenede tunnelmuck samt ved ventilationsafkast fra tunnelventilering på byggepladsen ved Kalvebod Brygge kan der ske emissioner af flygtige stoffer som BTEXN og kulbrinter jf. kapitel 11. Disse stoffer er sundhedsskadelige. Fx er benzen et mutagent stof, som skader vores arveanlæg og naphthalen er kræftfremkaldende.

Med en afkasthøjde på 5 m over terræn fra ventilering af tunnelen/separationsanlæg og ved at placere oplag af tunnelmuck i en afstand på 15 m fra nærmeste bygning sikres, at befolkningen i området ved en længere tids udsættelse beskyttes mod skadelige effekter og gener fra luftforureningen. Hvis det ikke er muligt at placere oplaget med den tilstrækkelige afstand til nærmeste bygning, må der etableres afværgende foranstaltninger herunder undersøges mulighederne for fx overdækning/afskærmning af oplag og rensning af ventilationsluft i kulfilter. Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af emission af flygtige stoffer vurderes dermed at være **ubetydelig**.

14.2.4 Anlægsarbejde i havnen

Etablering og nedrivning af byggeplads i havnen kan potentielt ophvirvle forurenede bundsedi-
ment med deraf følgende frigivelse af miljøfremmede stoffer til vandet og dermed potentiel på-
virkning af badevandskvaliteten.

Jf. kapitel 14 Overfladevand og vandkvalitet vurderes påvirkningen fra ophvirvling af forurenede sediment i forbindelse med etablering af spuns at være ubetydelig i forhold til vandkvaliteten i havnen og påvirkningen af badevandskvaliteten i anlægsfasen at være ubetydelig. Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af påvirkning af badevandskvaliteten vurderes dermed at være **ubetydelig**.

14.2.5 Samlet vurdering

Samlet set vurderes påvirkningen af mennesker og sundhed i anlægsfasen at være **mindre**, hvad angår støjpåvirkning og ubetydelig for alle øvrige forhold.

14.3 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Støjen fra vedligeholdelsesarbejder og test af pumpestationen på Kalvebod Brygge i driftsfasen er jf. kapitel 9 kortvarig og ubetydelig, og medfører **ingen** påvirkning af befolkning og menneskers sundhed.

Afledning af skybrudsvand kan potentielt påvirke havnen med bakterier og dermed påvirke badevandskvaliteten.

Analyse af badevandsdata i bilag 2 viser, at ved udledning af såvel en 5 som en 10-års hændelse via skybrudstunnelen vil badevandskvaliteten kunne opretholdes på niveauet "UDMÆRKET" ved havnebadene. Analysen af antal lukkedage viser, at ved såvel en 5 som ved en 10-års hændelse vil udløbet fra skybrudstunnelen medføre en svagt forøget risiko for én ekstra lukkedag hvert 5./10. år ved Fisketorvets Havnebad. Ved afledning af tunnelens bassinvolumen helt eller delvist til spildevandssystemet vil denne risiko reduceres. Påvirkningen af befolkning og menneskers sundhed som følge af påvirkning af badevandskvaliteten vurderes dermed at være **ubetydelig**.

14.4 Kumulative effekter

I den periode, hvor Kalvebod Skybrudstunnel anlægges, er der ikke kendskab til andre anlægsprojekter, som vil medføre påvirkning af befolkning og menneskers sundhed i området.

14.5 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Det vurderes, at undersøgelserne vedrørende rekreative interesser er dækkende på det nuværende stadie af projektet med det tilgængelige datagrundlag.

14.6 Afværgeforanstaltninger

Der etableres ikke afværgeforanstaltninger specifikt for befolkning og menneskers sundhed, men henvises til afværgeforanstaltningerne i de øvrige kapitler.

15 Overfladevand og vandkvalitet

I dette kapitel beskrives vandmiljøet i Københavns Havn, og potentielle konsekvenser for vandmiljøet ved etablering og drift af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vurderes. Kapitlet beskriver først de eksisterende forhold, der er relevante for vurderingerne, hvorefter de potentielle påvirkninger i henholdsvis anlægsfasen og driftsfasen vurderes.

I overensstemmelse med HOFORs servicemål ønsker bygherre, at skybrudstunnelen bliver aktiveret, når de eksisterende kloakkers kapacitet er opbrugt, og der dermed opstår risiko for vand på terræn og i kældre. Det vil i forhold til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel betyde, at tunnelen vil komme i brug ved en ca. 5-års regnhændelse, hvor nedbørsmængder og intensitet gør, at overløb (fællesvand) stuver op over terræn.

Københavns Kommunes Spildevandsplan muliggør udledning af skybrudsvand svarende til en 10-års regnhændelse eller værre, svarende til Københavns Kommunes definition af skybrud [1].

Miljøvurderingen skal sandsynliggøre, at påvirkningen af vandkvaliteten i havnen ved drift af tunnelen allerede ved kapacitetsoverskridende hændelser, hvilket her svarer til ca. en 5-års hændelse, ikke påvirker miljøet væsentligt i forhold til dagens situation (status), og det dermed efterfølgende er muligt at opnå en udledningstilladelse fra Københavns Kommune.

Der er foretaget en vurdering af badevandskvaliteten ved udledning af overfladevand fra skybrudstunnelen. Resultaterne fremgår af kapitel 12 Friluftsliv.

15.1 Metode

Til vurdering af påvirkning af overfladevand og vandkvalitet ved drift af tunnelen er der gennemført beregninger og vurderinger for ekstremregnhændelser, der statistisk set hyppigst forekommer hvert 5. år, men ikke betegnes som skybrud jf. Københavns Kommunes skybrudsplan. Disse sammenlignes med beregninger af en 10-års regn. Beregningerne er nærmere gennemgået i bilag 3.

For at kunne vurdere skybrudstunnelens effekt på de samlede udledningsmængder til havnen sammenlignes udledning fra skybrudsoplandet i den eksisterende situation (status) med udledning fra skybrudsoplandet med skybrudstunnelen i drift ved hhv. en 5-års og en 10-års regnhændelse.

Følgende driftsalternativer er beregnet:

Alternativ A: Skybrudsspjældene åbnes ved vandstande i kloakken svarende til en 5-års regnhændelse, lige inden vandet stuves op på terræn som følge af manglende kapacitet i spildevandssystemet. I dette scenarie er gennemført beregninger af vandaflledning til havnen for hhv. en 5-års og en 10-års regnhændelse for at afspejle påvirkningen af vandkvaliteten for kapacitetsoverskridende regnhændelser, der forekommer med en hyppighed fra 5 og op til 10 år, og som dermed ikke defineres som skybrud iht. Københavns Kommunes skybrudsplan.

Alternativ B: Skybrudsspjældene åbnes ved en 10-års regnhændelse. Der afledes således vand via skybrudstunnelen fra ekstremregnhændelser svarende til en 10-års gentagelsesperiode i overensstemmelse med Københavns Kommunes definition af en skybrudshændelse.

Derudover er der gennemført beregninger for udledning til havnen i den nuværende situation uden skybrudstunnel ved hhv. 5 og 10-års regnhændelser.

Beskrivelse af de eksisterende forhold for vandområdet, der udledes til, er baseret på vandområdeplanen for kystvandsområdet [57] samt MiljøGIS, hvor de nyeste basisanalyser og data

findes [58]. Københavns Havn er omfattet af vandområdeplanerne for vandområdedistrikt Sjælland [57]. Der er inddraget oplysninger fra Københavns Havns havneatlas [59] og vegetationsundersøgelse i Københavns Havn [60]. Informationer omkring iltforhold er baseret på Nationalt Center for Miljø og Energis (DCE) database for overvågning af overfladevand [61].

Vurderingerne af potentielle påvirkninger fra projektet er baseret på beskrivelser af eksisterende forhold i vandområdet.

For en vurdering af reduktionen i udledning af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer til havnen, i det tilfælde, at opstuvningskapaciteten i skybrudsledningen, svarende til 9.700 m³ vand, ledes retur til kloakken fremfor at pumpes ud i havnen, er der gennemført beregninger for reduktion af modelstofferne zink og kvælstof (se bilag 6). Zink er anvendt, da der potentielt er høje zinkniveauer i regnvand fra Indre København (tage, tagrender mv.), mens kvælstof er relevant ift. målsætninger i vandområdeplanerne.

15.2 Eksisterende forhold

I dette afsnit beskrives de eksisterende forhold for vandområdets økologiske og kemiske tilstand, nærliggende Natura 2000-område, vandgennemstrømning, iltforhold og næringsstoffer samt for miljøfarlige stoffer i sedimentet i vandområdet.

15.2.1 Vandområdeplaner

Vandløb, søer og kystvande er alle inddelt i vandområder, og Miljø- og Fødevareministeriet har udarbejdet vandområdeplaner for disse områder. Vandområdeplanerne er en samlet plan for at forbedre det danske vandmiljø, og skal sikre renere vand i Danmarks kystvande, søer, vandløb og grundvand i overensstemmelse med EU's vandrammedirektiv [62]. Direktivet fastsætter en række miljømål og opstiller overordnede rammer for den administrative struktur for planlægning og gennemførelse af tiltag og for overvågning af vandmiljøet. I dansk lovgivning er dette implementeret gennem lov om vandplanlægning [63], som er grundlag for Vandområdeplanerne. Loven beskriver de tiltag, som skal iværksættes for at opnå god miljøtilstand. Denne tilstand er opnået for overfladevand, når både den økologiske tilstand og den kemiske tilstand er god.

I vandområdeplanerne vurderes den samlede økologiske tilstand på baggrund af flere kvalitetselementer, herunder klorofyl-*a*, bunddyr og dybdeudbredelsen af ålegræs. I vurderingen af den økologiske tilstand indgår også forekomsten af visse nationalt udvalgte miljøfarlige stoffer som et kvalitetselement. Desuden er der i vandområdeplanerne fokus på at nedbringe kvælstoftilførslen til kystvandene for at bringe kystvandene i god økologisk tilstand. Hvis der er ukendt tilstand for flere af nævnte kvalitetselementer, inddrages fysisk-kemiske støtteparametre i tilstandsvurderingen [64]. Disse støtteparametre er lysnedtrængning, iltvindsfrekvens samt kvælstofbegrænsning.

I vandområdeplanerne vurderes kemisk tilstand ud fra koncentrationen af 21 EU-prioriterede stoffer i vandfasen, der udgør en særlig risiko for vandmiljøet. Miljøkvalitetskravene i forhold til økologisk og kemisk tilstand fremgår af bilagene til Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand [65].

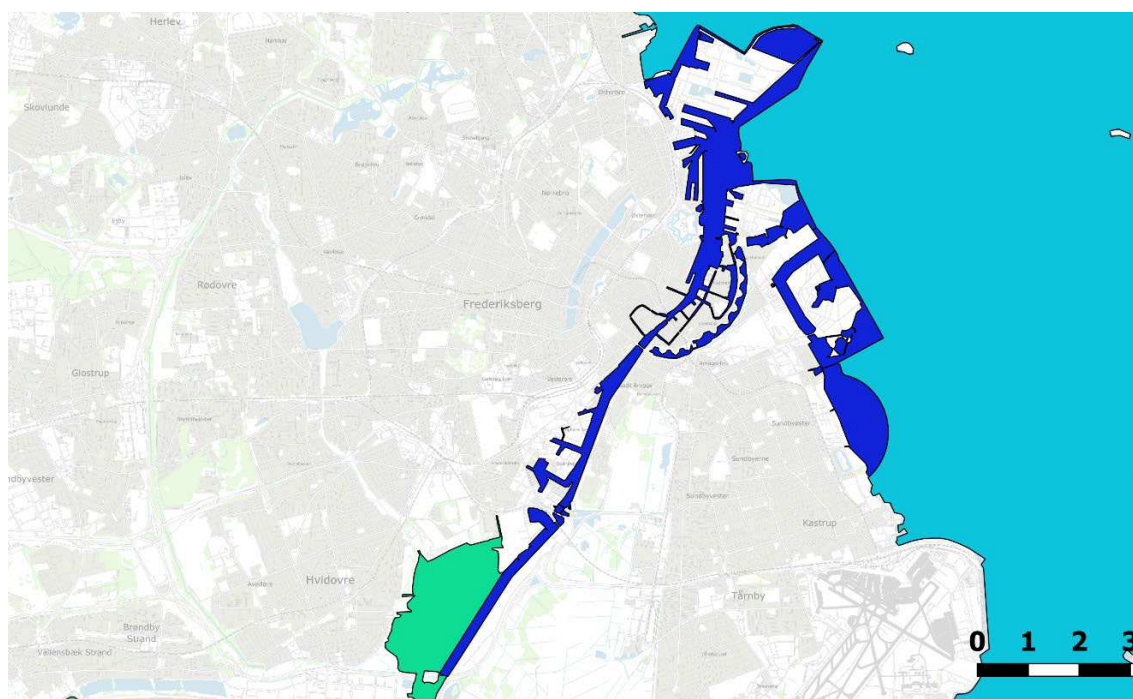
Kystvandområde nr. 9 "København Havn"

Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil have udløb til kystvandområde nr. 9 "København Havn" (Figur 15.1), som er en del af hovedvandoplandet 2.3 Øresund. Vandområdet er i vandområdeplan 2015-2021 udpeget som et stærkt modificeret område [57].

Kunstige og stærkt modificerede vandområder er defineret som vandområder, som er så påvirkede af menneskelig aktivitet, at de i væsentlig grad har ændret karakter i forhold til et naturligt plante- og dyreliv. Påvirkningen af vandområdet skal have et omfang, der bevirker, at god økologisk tilstand ikke kan opnås, medmindre der ændres på vandområdets hydromorfologiske

karakteristika i en sådan grad, at der vil ske betydelig negativ indvirkning på de anvendelser, der har medført modifikationen og for Københavns Havns vedkommende på havneaktiviteter forbundet med havnen, såsom oprensning af havnebassiner og sejlads med større både. De hydromorfologiske karakteristika er de fysiske forhold, der har betydning for vandets strømning, opholdstid, vandstandsvariation, lagdeling med videre i et vandområde.

Kystvandområdet "København Havn" er derfor målsat til godt økologisk potentiale og god kemisk tilstand. Et godt økologisk potentiale beskrives ved de samme værdier som den mest sammenlignelige, naturlige type overfladevand.



Signaturforklaring

Vandområde

- København Havn
- Køge Bugt
- Nordlige Øresund

Figur 15.1: Oversigt over vandområde "København Havn" (Kystvandsområde nr. 9) samt nærliggende vandområder Køge Bugt (nr. 201) og Nordlige Øresund (nr. 6).

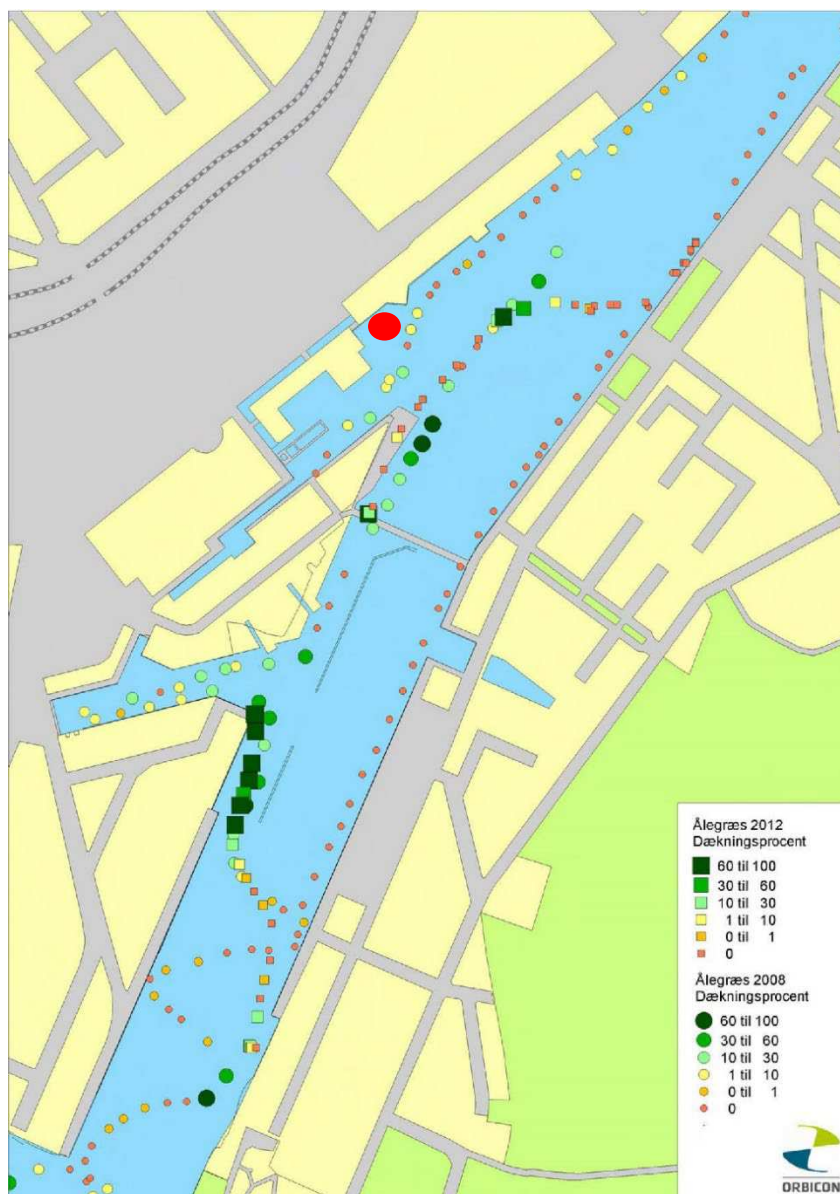
Økologisk potentiale

Da der er ukendt tilstand for alle kvalitetselementer for økologisk potentiale for kystvandområdet [58], er støtteparametrene inddraget i vurderingen af det økologiske potentiale. Da støtteparametrene ikke understøtter godt økologisk potentiale, er kystvandområdets tilstand vurderet til at have et moderat økologisk potentiale [64].

Københavns Kommune har i 2011 udarbejdet en basisanalyse af Københavns Havn [59], hvoraf det fremgår, at der er store bestande af både ålegræs og havgræs på de lavvandede områder i havnen. For at ålegræs kan brede sig til større dybder, kræves der klart vand, og lavere belastning af næringssalte (kvælstof og fosfor).

Der er i 2012 gennemført en vegetationsundersøgelse i Københavns Havn [60], hvor bl.a. udbredelse af ålegræs er undersøgt. Undersøgelsen konkluderer generelt, at der siden 2008 er sket en fremgang i udbredelsen af blomsterplanter i havnen for både hovedudbredelse af planterne (6,9 m's dybde) og for den maksimale dybdegrænse (ca. 8,2 m).

Undersøgelsen viser, at der ikke er stor dækningsgrad af ålegræs ved projektområdet ved Kalvebod Brygge, hvor dybden er fundet til 6-7 m. Af Figur 15.2 ses, at dækningsgraden for ålegræs nær projektområdet er 10 %.



Figur 15.2: Dækningsgrad af ålegræs ved projektområdet. Udløb af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er markeret med en rød prik (figur fra [60]).

Bunddyrene i havnen er tidligere vurderet til at bestå af blandt andet en lang række smådyr som børsteorme, krebsdyr, krabber og muslinger, hvor særligt blåmuslinger udgør en stor del af økosystemet [59].

Miljømålet om "godt økologisk potentiale" for vandområdet nr. 9 "København Havn" kan ikke opnås indenfor den nuværende planperiode for vandområdeplanerne, da nødvendige forbedringer i vandområdets tilstand ikke med rimelighed kan nås inden da [64].

Der er i henhold til Indsatsbekendtgørelsen [66] ikke fastlagt konkrete indsatser overfor regnbetingede udledninger til vandområdet i forbindelse med den nugældende vandområdeplan [57].

Kemisk tilstand

Der er ukendt tilstand for alle kvalitetselementer for kemisk tilstand i kystvandområdet [58]. Dog har undersøgelser vist, at sedimentet i havnen er belastet med bl.a. tungmetaller, og dette er nærmere beskrevet i nedenstående afsnit 15.2.6. Det fremgår af By og Havns hjemmeside [67], at man ikke skal spise bundlevende fisk fanget i havnen, da disse kan indeholde for meget kviksølv.

15.2.2 Natura 2000-områder

Det nærmeste internationale beskyttede naturområde i forhold til projektområdet er Natura 2000-område N143 "Vestamager og havet syd for". Natura 2000-området N143 består af Habitatområde nr. H127 og Fuglebeskyttelsesområde nr. F111. Området har sin nordlige grænse ved Sjællandsbroen ca. 2,7 km syd for udløbet af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel.

15.2.3 Vandgennemstrømning gennem havnen

Vandgennemstrømningen igennem Københavns Havn reguleres kunstigt ved hjælp af et stemmewærk i Sydhavnen. Undersøgelser af vandgennemstrømningen udført af Københavns Kommune [68] viser, at strømretningen i havnen afhænger af vandstanden i Østersøen og i den nordlige del af Øresund. I 55 % af tiden er strømmen nordgående, i 39 % af tiden er strømmen sydgående, mens vandet i de resterende 6 % af tiden er stillestående. Varigheden af nordgående strøm er i gennemsnit 3 dage, mens varigheden af sydgående strøm i gennemsnit er 2 dage. Overordnet er det meteorologiske forhold, der bestemmer strømningsforholdene [69]. Vandføringen gennem slusen er gennemsnitlig 120 m³/s, og vandets opholdstid i havnen er typisk mindre end 2 dage. Københavns Kommune har estimeret vandføringen i havnen til 50-75 m³/s [70].

15.2.4 Iltforhold

Der er ikke regelmæssige målinger af iltniveauet i Københavns Havn, men iltkoncentrationen i de nærliggende vandområder "Nordlige Øresund" og "Køge Bugt" måles hvert efterår, hvor risikoen for iltsvind er størst, af Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE). I Danmark defineres det som moderat iltsvind, når mængden af ilt i vandet er 4 mg O₂/l eller lavere. DCE har ikke rapporteret om iltsvind i Køge Bugt de seneste år, mens moderat iltsvind ofte forekommer i perioden september til november i Øresund [61]. Selvom den nøjagtige vandudskiftning i havnen ikke kendes, så indikerer vandgennemstrømningen gennem havnen, at der er god vandudskiftning. Det kan på den baggrund forventes, at iltforholdene generelt er gode.

15.2.5 Næringsstoffer

Som nævnt i afsnit 15.2.1 så forventes indholdet af næringsstoffer (kvælstof og fosfor) i vandet i Københavns Havn at være på et niveau, som ikke understøtter et godt økologisk potentiale. Næringsstofferne i vandmiljøet tilføres ofte fra landbruget, men dette er ikke tilfældet for Københavns Havn, da der ikke er landbrug i umiddelbar nærhed til havnen. Næringsstofferne bliver i stedet tilført havnen fra blandt andet spildevandsoverløb via overløbsbygværker, som der tidligere har været omkring 100 af i havnen [59] og fra urensset regnvand. Antallet af overløbsbygværker var i 2013 reduceret til 30 [59], og det fremgår af Københavns Kommunes spildevandsplan om målsætningerne for havnen, at målet fortsat er at reducere mængden af overløb af spildevand til havnen [71].

Der er gennemført en analyse af næringsstofbelastningen af danske vandområder i forhold til vandrammedirektivets 5 tilstandsklasser (høj, god, moderat, ringe og dårlig) [72] og tilstanden i kystvandområde 9 "København Havn" er estimeret som moderat [72]. For at opnå målsætningen om godt økologisk potentiale, er der således stadig behov for at nedsætte belastningen fra kvælstof til Københavns Havn.

15.2.6 Miljøfarlige stoffer i sedimentet

Sedimentet i Københavns Havn er tidligere blevet undersøgt for indhold af miljøfarlige stoffer [59]. Her blev der fundet meget høje værdier af særligt kviksølv. Forureningen stammer hovedsageligt fra Soyakagefabrikken, som lå på Islands Brygge, og fra tidligere tiders industri-virksomhed i området [59]. Derudover findes der høje niveauer af bly, kobber og cadmium i visse områder af havnen. Det er flere gange overvejet, om det forurenede sediment skal fjernes, men indtil videre holdes sedimentet i ro ved at holde strømhastigheden så langt nede, at sedimentet ikke hvirvles op og spredes [59]. Dette gøres ved at regulere strømhastigheden gennem stemmeværket i Sydhavnen.

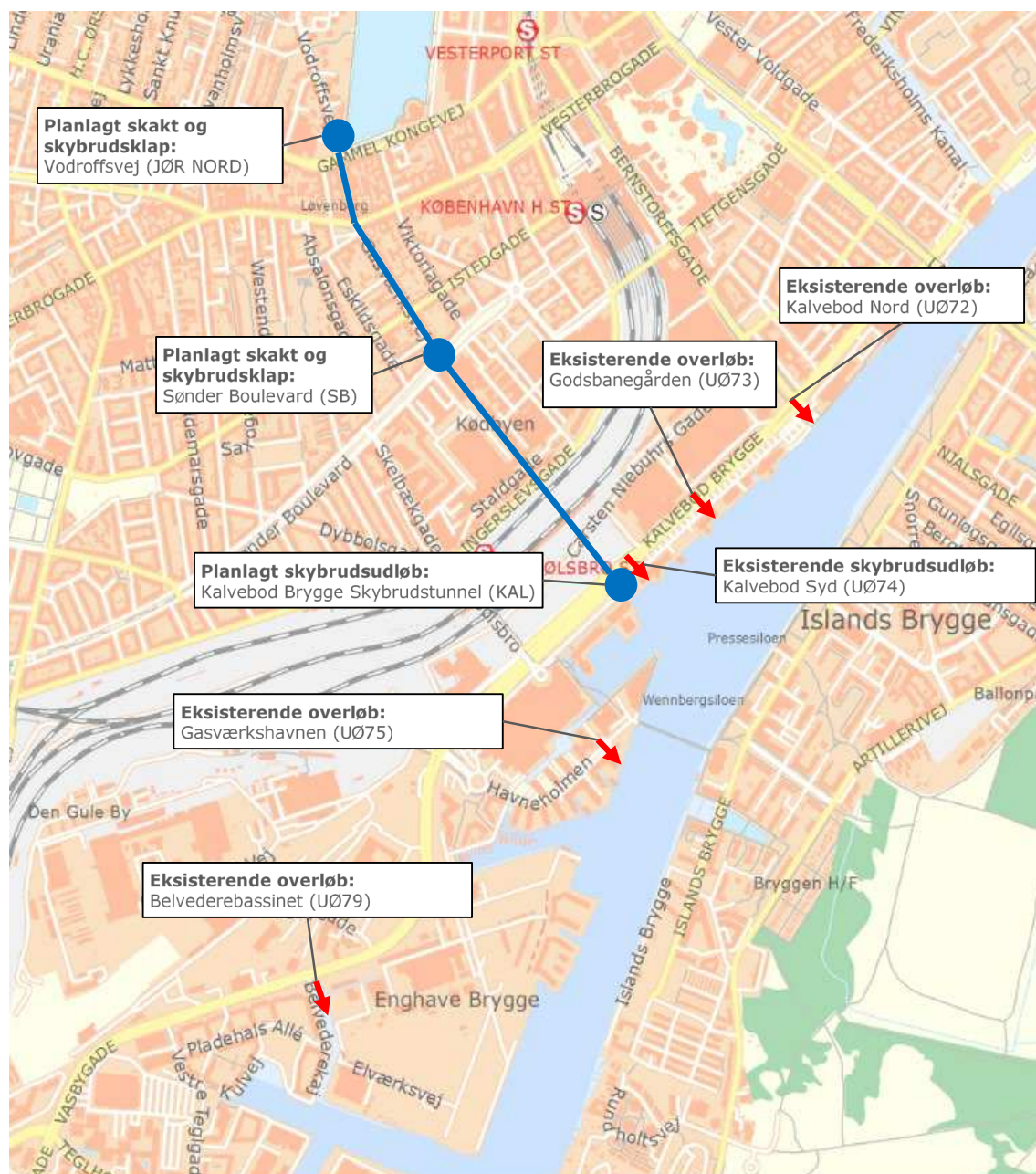
I forbindelse med forundersøgelserne til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er der i 2018 foretaget en boring i havnen ved udløbspunktet ved Kalvebod Brygge, og der er i den forbindelse udtaget sedimentprøver til analyse for miljøfarlige stoffer ned til en dybde på 3 m under havbunden. Resultaterne fra analyserne er gengivet i kapitel 19 (Jord). Analyserne viser, at særligt prøver fra de øverste lag af sedimentet er kraftigt forurenede med kulbrinter, tungmetaller og PAH'er. For tungmetallerne er det særligt bly, cadmium, nikkel, zink og kviksølv, der findes i høje koncentrationer.

15.2.7 Eksisterende udløb

I det område, hvor udløbet for den planlagte Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ligger, findes der 5 eksisterende udløb til Københavns Havn (Figur 15.3):

- Kalvebod Nord (UØ72)
- Godsbanegården (UØ73)
- Kalvebod Syd (UØ74)
- Gasværkshavnen (UØ75)
- Belvederebassin (UØ79)

Disse udløb modtager vand fra samme opland, som Kalvebod Brygge Skybrudstunnel dækker. Afstanden mellem det nordligste udløb og det sydligste udløb på Figur 15.3 er ca. 2 km. Disse udløb vil ved større regnhændelser udlede en mængde vand til Københavns Havn alt efter størrelsen på regnhændelsen samt størrelsen på udløbets opland. Sammensætningen af det vand, der ledes til havnen består af regnvand fra pladser, tage og veje iblandet få procent (anslået 2-5 %) spildevand. Spildevandet stammer fra overløb fra fælleskloakker, der ved voldsomme regnhændelser ikke kan aflede vandet uden overløb. Når renseanlæggenes og kloakernes kapacitet overskrides, tilledes vandet til overløbsbygværker, der udleder vandets urensset til havnen.



Figur 15.3: Placering af den planlagte Kalvebod Brygge Skybrudstunnel og skybrudsklapper, de eksisterende udløb (overløb) samt det planlagte udløb fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel til Københavns Havn.

Der er også en del udløb fra den modsatte side af havnen på Islands Brygge. Disse udløb berøres ikke af projektet, men indgår i vurderingen af kumulative effekter, afsnit 15.5.

15.3 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

I anlægsfasen skal der etableres en arbejdsplads ved Kalvebod Brygge, og denne er nærmere beskrevet i afsnit 5.2 om anlægsaktiviteter og metoder. Arbejdspladsen etableres delvist ud i havnen ved en midlertidig opfyldning. Ved anlæg af arbejdspladsen i havnen vil der blive etableret ca. 160 m spuns, og en mindre del af havbunden bliver dækket af den midlertidige ar-

bejdsplads, som i alt vil omfatte et areal på ca. 1500 m². Efter endt anlægsfase vil arbejdspladsen blive ryddet, spunsen vil blive taget op, og denne del af havbunden vil igen blive fritlagt. På bunden af havnen etableres der en plade af beton foran udløbsbygværket i hele dets bredde og ca. 5 m ud fra kajkanten for at undgå erosion foran udløbet.

Nedramning af spunsvægge i forbindelse med etablering af arbejdspladsen samt optagning af disse efter endt anlæg vil foregå i et meget begrænset område af Københavns Havn og arbejdet vil foregå i meget korte tidsrum. Etablering af spuns forventes at tage ca. 25 dage, og optagning af spuns forventes at tage ca. samme tid. Optagning af spuns vil ske ved at disse trækkes op, og det forventes derfor ikke, at der skal graves i havbunden.

Projektet kan potentielt påvirke elementer til bestemmelse af den økologiske og kemiske tilstand i området, hvor arbejdsprocesser i forbindelse med etablering af den midlertidige arbejdsplads, kan medføre sedimentspild (ophvirvling af sediment) og dermed frigivelse af næringsstoffer og miljøfarlige stoffer fra sedimentet. Dette kan påvirke tilstanden for kvalitetselementerne klorofyl-a, ålegræs og bundfauna. Øget opblanding af sediment i vandfasen vil ligeledes kunne føre til overlejring af ålegræs og bundfauna, når sedimentet falder ned på bunden igen. Herudover kan frigivelse af miljøfarlige stoffer fra sedimentet til vandfasen påvirke kvalitetselementer til vurdering af den kemiske tilstand samt tilstand vedrørende nationalt udvalgte miljøfarlige stoffer.

I det nedenstående er omfanget af sedimentspredning fra anlægsprocesserne beskrevet. Påvirkningen af vandmiljøet er vurderet, og det er også vurderet, om der vil være væsentlige påvirkninger på udpregningsgrundlaget i Natura 2000-området.

15.3.1 Sedimentspredning i forbindelse med anlægsarbejder

De arbejdsprocesser, der potentielt vil kunne forårsage ophvirvling af sediment i forbindelse med anlæg af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, er nedramning af spuns, optagning af spuns og udpumpning af vand ved opfyldning af den midlertidige arbejdsplads i haven.

I forbindelse med etablering af Enghave Brygge boligøer [73] er det vurderet, at sedimentspredning fra nedramning af spunsen rundt om øerne vil være lille og ikke give anledning til påvirkninger af vandkvaliteten. I VVM-redegørelsen for Enghave Brygge [73] er det angivet, at *"Etablering af spuns ved konventionelle metoder forventes ikke at give anledning til sedimentspredning af betydning. Erfaringer fra fx Kalvebod Bølge har vist, at selv omfattende ramning tæt på Islands Brygge havnebadet, ikke gav problemer med spredning af sediment og vandkvalitet."* Indhold af tungmetaller i sedimentprøver fra Enghave Brygge [73] er sammenlignelige med de koncentrationer af tungmetaller, der er fundet i sedimentet ved Kalvebod Brygge som beskrevet i afsnit 15.2.6.

Da etablering af spuns ved Kalvebod Brygge vurderes at være sammenlignelig med etablering af spuns ved Enghave Brygge for så vidt angår risiko for sedimentspredning, vurderes det, at etablering af spuns ikke vil medføre sedimentspredning af betydning. Spredningen vurderes yderligere at være begrænset til området lige omkring byggepladsen.

Undersøgelser af havbunden ud for Kalvebod Brygge, hvor den midlertidige arbejdsplads skal etableres, viser, at bunden består af sand, og det forventes derfor at være uproblematisk at nedbringe spuns i dette område. Skulle det mod forventning vise sig, at der påtræffes rammehindringer i form af større sten, der skal fjernes ved opgravning, før ramningen kan finde sted, vil der kunne forekomme yderligere forstyrrelser af bundsedimentet.

Når spunsen er etableret, vil der blive udlagt membran i bunden af den midlertidige arbejdsplads, som derefter fyldes op med sand. I forbindelse med opfyldningen vil der blive pumpet vand ud i takt med, at sandet fyldes ind. Da der er udlagt membran i bunden, vil det udpumpede

vand ikke indeholde sediment fra bunden af havnen, men kan indeholde fine partikler fra sandet. Udledning af disse kan, hvis det vurderes nødvendigt, reduceres ved at etablere et siltgardin inden indløb til pumpen.

Når etableringen af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er færdig, skal opfyldningen i havnen fjernes igen. Efter bortgravning af opfyldningssandet optages den membran, der er udlagt på bunden. Det kan ikke afvises, at der i den forbindelse vil ske ophvirvling af forurenede bunds sediment inden for spunsen. Spunsvæggene trækkes først op, når størstedelen af det opslemmede materiale igen er bundfældet for på den måde at undgå spredning af forurenede sediment uden for spunsindfatningen, når dennes fjernes. Optrækningen af spunsvæggene forventes at være sammenlignelig med etablering af spuns for så vidt angår ophvirvling af sediment, og optagning af spuns vurderes ikke at give væsentlig ophvirvling og spredning af sediment.

Påvirkning af forurenede havnesediment ifm. etablering og efterfølgende fjernelse af byggepladsen i havnen skal screenes af miljømyndigheden mhp. at vurdere, om der skal indhentes tilladelse efter Miljøbeskyttelseslovens §27. Såfremt det viser sig nødvendigt, kan sedimentspredning reduceres væsentligt ved anvendelse af siltgardiner.

15.3.2 Økologisk tilstand

Påvirkning af ålegræs og bundfauna, som følge af overlejring med sediment og forøgede sedimentkoncentrationer i vandfasen, vurderes kun at forekomme i et meget begrænset område under og omkring den midlertidige byggeplads i havnen og i den begrænsede periode, hvor den midlertidige byggeplads anlægges og nedbrydes. Spredning af eventuelt sedimentspild fra arbejdsprocesserne i anlægsfasen vil yderligere blive begrænset, da strømhastigheden i Københavns Havn som udgangspunkt holdes på et tilstrækkeligt lavt niveau, som ikke foranlediger spredning af sediment [59].

Ålegræs og bundfauna under den midlertidige byggeplads vil blive overdækket og gå til grunde. Som anført i afsnit 15.2.1. om økologisk potentiale, er dækningsgraden af ålegræs ved projektområdet i havnen lille. Når den midlertidige byggeplads i havnen er nedtaget, må det forventes, at bundfauna vil indvandre forholdsvis hurtigt til byggepladsområdet igen. Dette gælder også for ålegræs svarende til den nuværende dækningsgrad.

Kvalitetselementet klorofyl-*a* er et indirekte mål for mængden af planteplankton (mikroskopiske alger i vandfasen) [74]. Ved en øget belastning med kvælstof og fosfor kan der potentielt ske en forøgelse af mængden af klorofyl-*a* i vandet som et resultat af øget planteplanktonproduktion (algeopblomstring). Ved ophvirvling af sediment kan der frigives kvælstof og fosfor, som er vandopløseligt, og stofferne kan optages af planteplankton. Da ophvirvling af sediment med næringsstoffer til vandfasen i forbindelse med anlægsfasen vil være meget begrænset, vurderes det, at der ikke vil frigives næringsstoffer til vandfasen i en sådan grad, at det vil kunne have en betydende påvirkning på indholdet af klorofyl i vandet og på vandområdets økologiske tilstand. Påvirkningen vurderes at være **ubetydelig**.

Påvirkningerne af kvalitetselementerne for økologisk tilstand i kystvandområde nr. 9 "København Havn" ved etablering af den midlertidige arbejdsplads i havnen samt ved etablering og opgravning af spunsvægge vurderes at være **ubetydelige**, og projektet vurderes ikke at forværre den økologiske tilstand eller være til hinder for målopfyldelsen af den økologiske tilstand for kystvandområdet i anlægsfasen.

15.3.3 Kemisk tilstand

Vurderingen af påvirkningen af den kemiske tilstand, som følge af ophvirvlet sediment, er baseret på, at spredningen af miljøfarlige stoffer er koblet til spredningen af sediment i vandsøjlen, idet miljøfarlige stoffer generelt bindes hårdt til sedimentet.

Da ophvirvling af sediment i forbindelse med anlægsfasen vil være meget begrænset, vurderes det at der ikke frigives miljøfarlige stoffer til vandfasen i en sådan grad, at det vil kunne påvirke kystvandområdets kemiske tilstand. Påvirkningen fra ophvirvling af sediment i forbindelse med anlægsfasen vurderes således at være **ubetydelig**.

Påvirkninger af den kemisk tilstand i kystvandområde nr. 9 "København Havn" ved etablering af midlertidig arbejdsplads i havnen samt etablering og opgravning af spunsvægge vurderes at være **ubetydelige**, og projektet vurderes ikke at ville forværre den kemiske tilstand eller være til hinder for målopfyldelsen af den kemiske tilstand for kystvandområdet i anlægsfasen.

15.3.4 Iltforhold (støtteparameter)

Det sediment, der hvirvles op ved etablering og optagning af spunsvægge, vil blandt andet bestå af let nedbrydeligt organisk stof, som vil blive nedbrudt af mikroorganismer under forbrug af ilt. Da ophvirvling af sediment i vandfasen er begrænset og kun forekommer tæt omkring byggepladsen, vurderes et potentielt forøget iltforbrug at være lokalt og så lavt, at det ikke vil kunne påvirke vandets iltindhold.

Det vurderes, at etablering af midlertidig arbejdsplads i havnen samt etablering og optagning af spunsvægge har **ingen** påvirkning på vandets iltindhold i Københavns Havn.

15.3.5 Natura 2000-områder

Den marine del af Natura 2000-område 143, Vestamager og havet syd for, vil potentielt kunne påvirkes af ophvirvlet sediment fra anlægsarbejderne i havneområdet ved Kalvebod Brygge. Spredning af sediment er vurderet i ovenstående afsnit 15.3.1. Det vurderes ud fra afstanden til Natura 2000-området og ovenstående vurderingerne i forhold til spredning af sediment, at der **ingen** påvirkning vil være af udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område nr. 143 ved anlæg af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel.

15.3.6 Samlet vurdering af miljøpåvirkninger i anlægsfasen

Etablering og nedtagning af den midlertidige arbejdsplads i havnen vurderes at have en **ubetydelig** påvirkning på kvalitetselementerne for både god kemisk og økologisk tilstand i kystvandsområde nr. 9 "København Havn". Hvis der mod forventning træffes på forhindringer i forbindelse med nedramningen af spunsen, fx større sten, der skal fjernes ved opgravning, før ramning kan finde sted, kan spredning af ophvirvlet sediment reduceres ved fx at opsætte siltgardiner. Samlet set vurderes projektets anlægsarbejder derfor ikke at forværre den økologiske eller kemiske tilstand eller være til hinder for målopfyldelsen i vandområdeplanen.

Det vurderes desuden, at der **ingen** påvirkning er af iltforholdene i vandfasen og af udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område nr. 143.

15.4 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

I det følgende beskrives udledningmængder og -hastigheder for de to alternativer A og B (se definition i afsnit 15.1), og miljøpåvirkningerne fra udledningerne vurderes. Beregninger af udledningmængder og hastigheder er nærmere beskrevet i bilag 3.

Ved beregning af udledningmængder og hastigheder er der taget udgangspunkt i en hydraulisk statusmodel for spildevandssystemet inden for det hydrauliske opland, hvor Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er placeret. Beregningerne er lavet ud fra en 4 timers CDS regn uden klimafaktor. CDS-regn er konstruerede kunstige dimensioneringsregnhændelser, der er baseret på statistisk bearbejdning af målte regnhændelser. CDS-regn indeholder information om maksimale regnintensiteter for flere forskellige varigheder af regnhændelser, og samler dem i en dimensioneringsregn. På den måde gennemregnes alle regnvarighederne på én gang fremfor at skulle beregne forskellige regnvarigheder en af gangen.

Der er indledende foretaget en vurdering, der viser, at det vand, der fremtidig vil afledes til havnen via skybrudstunnelen i mængde og sammensætning vil svare til det vand, der i dag tilledes havnen ved ekstremnedbørshændelser. Der er i modelberegningerne taget højde for fordampning og nedsivning.

I bilag 3 fremgår det, at Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil have en kapacitet for tilbageholdelse af vand (tunnelvolumen) på ca. 9.700 m³. Ved regnhændelser, hvor den samlede vandmængde, der tilledes tunnelen, er mindre end tunnelens kapacitet, vil afledning/udledningen ske ved hjælp af tømmepumper, der har en kapacitet på 400 l/s. Når vandet i skybrudstunnelen når et bestemt niveau, aktiveres op til 4 skybrudspumper med en kapacitet hver på ca. 5 m³/s. Pumperne starter afhængigt af fyldningen af tunnelen. Når vandet i skybrudstunnelen igen kommer under dette niveau, vil det resterende opstuvende vand i muligt omfang blive tømt til spildevandssystemet ved hjælp af tømmepumperne. Graden af tømning af det opstuvende vandvolumen vil bl.a. afhænge af, hvornår der igen er kapacitet i spildevandssystemet afvejet mod de hygiejniske ulemper ved længevarende opmagasinering i tunnelen. Koblede regnhændelser kan ligeledes medføre, at det opmagasinerede vand helt eller delvist skal bortpumpes til havnen.

Fælles for de to scenarier er, at når skybrudstunnelen har været i brug, tilbageholdes der ca. 500 m³ vand i skakten ved Skt. Jørgens Sø. Når regnhændelsen er slut, og de sidste ca. 9.700 m³ i røret er pumpet til spildevandssystemet og/eller ud i havnen, og tunnelen således er tømt, frigives det tilbageholdte vand i skakten, således at tunnelen gennemsykles. Dette vand opsamles i skakten ved Kalvebod Brygge og pumpes sammen med det bundfældede materiale herfra til fælleskloak og videre til renseanlæg (se også kapitel 4).

3-4 gange årligt vil der blive foretaget pumpetest. Dette foregår ved, at der lukkes havvand ind i røret (omkring 10.000 m³), hvorefter de store pumper kan testes. Herefter udpumpes det resterende vand (bassinvolumenet) med tømmepumperne til havnen.

15.4.1 Alternativ A

Ved alternativ A aktiveres skybrudsklapperne i systemet ved regnhændelser svarende til en 5-års regn eller mere. Skybrudsklapperne lukker igen, når det generelle trykniveau i systemet er faldet, således at Kalvebod Brygge Skybrudstunnel tilføres den del af vandet, der ellers kunne forårsage oversvømmelse i det område, der afvandes fra.

Skybrudstunnelen vil aftage en del af det vand, der i den nuværende situation (status/referencescenariet) ledes til de eksisterende udløb, og der vil således ske en omfordeling af det vand, der også i den nuværende situation ledes til havnen. Den samlede mængde vand og sammensætningen af vandet vil altså i både den nuværende situation og i den fremtidige situation med en skybrudstunnel være ens. Udledningerne til havnen vil blot blive flyttet, således at udledningen ved bl.a. Belvederebassinet og andre overløb reduceres. Dette vil være tilfældet ved både 5 og 10-års regnhændelser.

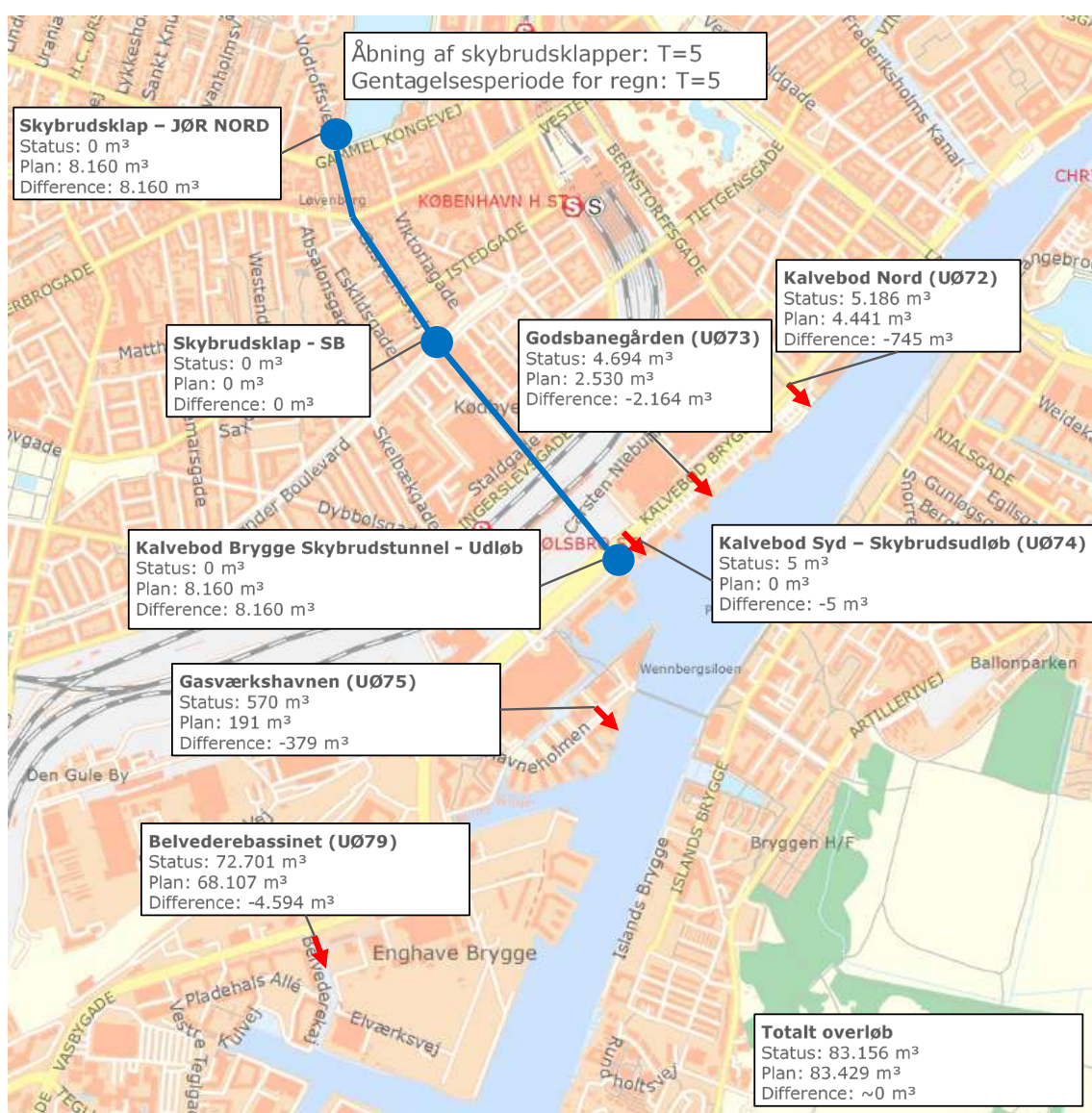
Påvirkninger ved 5-års regn – åbning af skybrudsklapper svarende til en 5-års regnhændelse

I Figur 15.4 ses placering af de eksisterende udløb og placering af udløbet af den planlagte Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Det er angivet, hvordan udløbsvand ved en 5-års regnhændelse er fordelt i den nuværende situation (status) og ved den fremtidige situation med skybrudstunnelen, hvor skybrudsklapperne aktiveres ved en 5-års regnhændelse (plan).

I dag tilledes der via overløbsbygværker ca. 83.000 m³ vand til havnen i forbindelse med en given 5-års regnhændelse (bilag 3). Efter etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil der ikke ske en ændring i den samlede vandmængde, som tilføres havnen fra udløbene ved en 5-års regnhændelse, men en omfordeling i forhold til de eksisterende udløb (Figur 15.4). De vandmængder, der udledes i den nuværende situation og efter etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel fremgår af figuren for en 5-års regn med åbning af skybrudsklapperne for en

5-års hændelse. Den lille forskel på den samlede overløbsmængde tillægges den beregningsmæssige usikkerhed.

I beregningerne er ikke medregnet tømning af opstuvningsvolumenet i tunnelen på op til 9.700 m³ til kloakken. Resultaterne kan således betragtes som konservative og gældende for en situation, hvor det af den ene eller anden grund er nødvendigt at pumpe alt vandet i tunnelen til havnen (manglende kapacitet i kloakken, koblede regnhændelser o.l.). Ved hel eller delvis tømning til spildevandssystemet kan den samlede udledningsmængde til havnen ved en 5-års hændelse således reduceres med det volumen, der tilbageholdes i tunnelen.



Figur 15.4: Udløbsmængder for status- og plansituationen for 5-års regnhændelse og med åbning af skybrudsklapperne i et niveau svarende til en 5-års hændelse.

Det fremgår af Figur 15.4, at der ved en 5-års regn vil være en lokal udledning til havnen fra skybrudstunnelen i plansituationen på 8.160 m³, hvor udledningen ved status inden etablering af tunnelen er 0 m³. Vandmængden på 8.160 m³ svarer til knap 10 % af den samlede udledning på 83.429 m³, som vil ske fra de udløb, hvorfra der omforderes udløb af skybrudsvand i

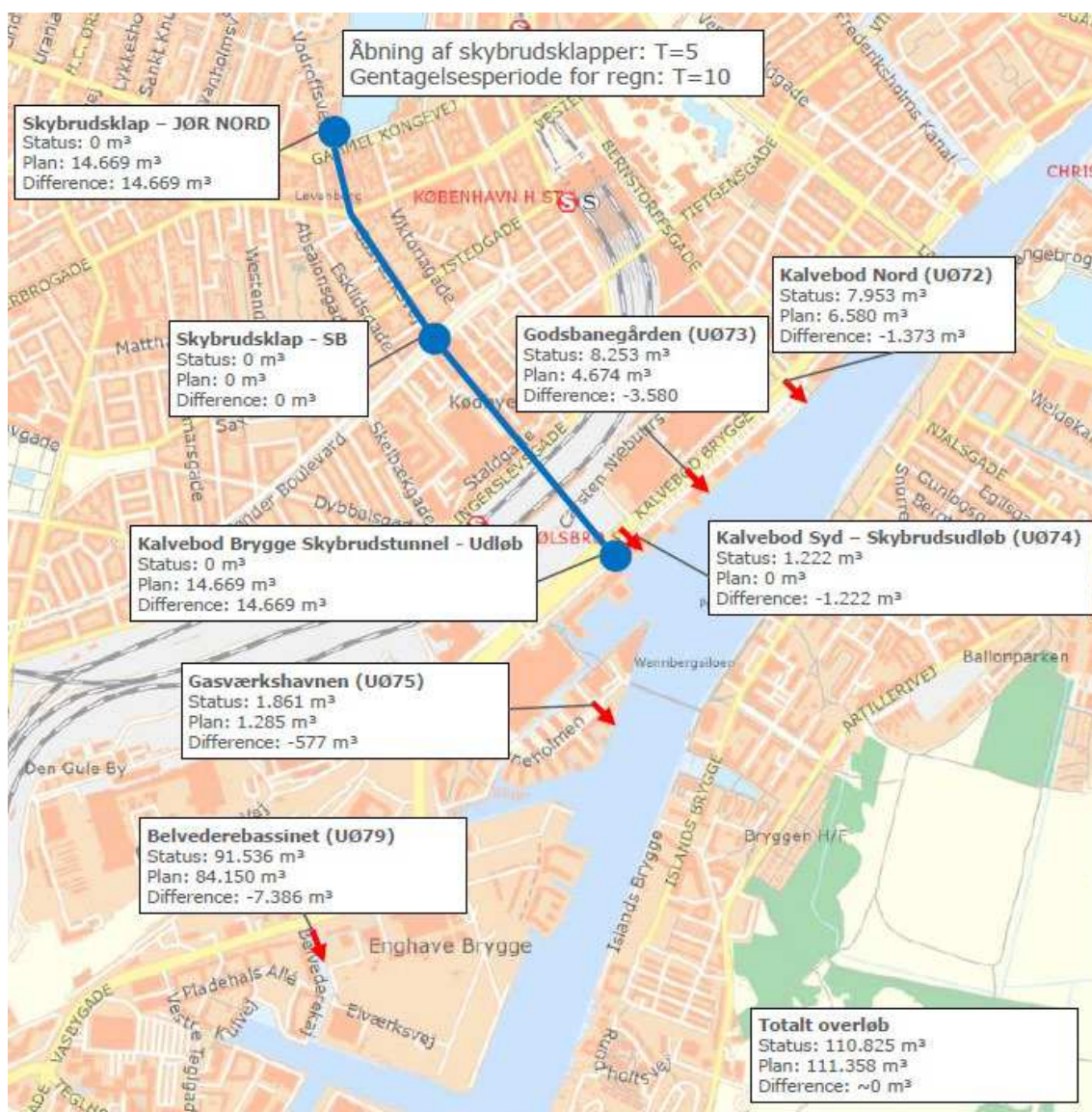
forbindelse med etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Der vil som nævnt herover ikke ske en merudledning til området, da udledningen fra andre udledningspunkter reduceres tilsvarende. Bemærk, at langt den største udledning sker i UØ79 Belvederebassinet såvel i status- som i plansituationen.

Ved en 5-års regnhændelse, hvor udledningsmængden fra skybrudstunnelen er 8.160 m³, vil tunnelens maksimale kapacitet på omkring 9.700 m³ ikke være opnået, og tømning af skybrudstunnelen vil udelukkende ske med tømmeponperne. Ved tilbageledning af det opmagasinerede vand til spildevandssystemet, vil de samlede udledninger til havnen ved en 5-års hændelse således reduceres med 8.160 m³ svarende til knap 10 %, og der vil i denne situation ikke udledes vand fra Kalvebod Skybrudstunnel til havnen.

Påvirkninger ved 10-års regn - åbning af skybrudsklapper svarende til en 5-års regnhændelse

I Figur 15.5 ses placering af de eksisterende udløb, placering af den planlagte Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, samt hvordan udløbsvand ved en 10-års regnhændelse er fordelt i den nuværende situation (status) og ved den planlagte situation, hvor skybrudsklapper aktiveres ved en 5-års regnhændelse (plan).

Som det er tilfældet ved en 5-års regn beskrevet i ovenstående afsnit 15.4.1, sker der ikke nogen ændring i forhold til den samlede mængde overløbsvand, og der vil således ikke ske en nettotilførsel af vand til Københavns Havn ved en 10-års hændelse, med aktivering af skybrudsklapperne ved en 5-års regnhændelse. Som tilfældet er ved en 5-års regnhændelse vil der ske en omfordeling af vandet fra de eksisterende udløb inden for en strækning på 2 km.



Figur 15.5: Udløbsmængder for status- og plansituationen for 10-års regnhændelse og med åbning af skybrudsklapperne i et niveau svarende til en 5-års hændelse.

Det fremgår af Figur 15.5, at der ved en 10-års regn vil være en lokal udledning fra skybrudstunnelen i den fremtidige situationen på 14.669 m³, hvilket svarer til omtrent 13 % af den samlede udledning på 111.669 m³. I beregningerne er ikke medregnet tømning af tunnelvolumenet i tunnelen på 9.700 m³ til spildevandssystemet, for således at kunne vurdere på en worst case situation. Ved hel eller delvis tømning til spildevandssystemet skal den samlede udledningsmængde til havnen således reduceres med op til 9.700 m³. I forbindelse med den senere ansøgning om udledningstilladelse vil der gennemføres beregninger med afledning af tunnelvolumen til spildevandssystemet.

Den tilførte mængde i denne hændelse overstiger skybrudstunnelens magasineringskapacitet, hvorfor skybrudspumperne aktiveres og pumper omkring 5.100 m³ vand til havnen i løbet af 4-17 minutter. Den tilbageværende vandmængde i tunnelen på 9.700 m³, tømmes i muligt om-

fang til spildevandssystemet, når der igen er kapacitet i dette. Ved tømning til spildevandssystemet kan den samlede udledning til havnen ved en skybrudshændelse med 10 års gentagelsesperiode reduceres med op til knap 9 %.

Som det også er tilfældet ved en 5-års regn, ændres sammensætningen af vand for de forskellige udløb ikke, da vandet, der tilløber Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, når skybrudsklapperne åbner, har samme sammensætning som det vand, der i dag udledes via de eksisterende udløb.

Vandområdeplanen – samlet for 5- og 10-års regnhændelse

Herunder vurderes påvirkning fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ved åbning af skybrudsklapperne i et niveau svarende til en 5-års regn for både en 5-års og en 10-års hændelse.

Økologisk tilstand

Som beskrevet i afsnit 15.2.1, sker udledningen fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel til kystvandsområde 9 "København Havn". Det samme er tilfældet i dag for de eksisterende udledninger, hvorfra vandet fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel bliver omfordelt.

Som beskrevet i afsnit 15.4.1, sker der ikke en merudledning af vand til Københavns Havn ved ibrugtagning af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, men blot en omfordeling af vand fra eksisterende udløb. Ved tilbagepumpning af tunnelens magasinkapacitet til kloakken, vil der ske en reduktion af tunneludledningen på hhv. 100 % og 65 % for regnhændelser med hhv. 5- og 10-års gentagelsesperiode, mens den samlede udledning til havnen reduceres ca. 9 – 10 % for ekstremregnhændelser < 10 år. Der sker heller ikke ændringer i sammensætningen af det vand, der udledes via de eksisterende udløb i dag og via skybrudstunnelen i fremtiden. De berørte eksisterende udløb og Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er alle lokaliseret inden for en 2 km's strækning. På baggrund af dette vurderes det, at der ikke vil være påvirkninger af vandområde "København Havn" ved omfordeling af udledninger, idet målsætningerne omkring god økologisk tilstand er opsat for det samlede vandområde. Ydermere vurderes det, at der ikke vil ske påvirkninger af de tilstødende kystvandområder, "Køge Bugt" og "Nordlige Østersø", da omfordelingen af udløbsvandet til Københavns Havn vil ske inden for en 2 km strækning i Københavns Havn med god afstand til de tilstødende vandområder.

Udledning via tunnelen vil ved alternativ A statistisk set desuden kun finde sted ca. hvert 5. år. Udledning fra tunnelen ved aktivering af skybrudsklapper i et niveau svarende til en 5-års regnhændelse vil således ikke hindre målopfyldelse for vandområdet eller forværre tilstanden i vandområdet. Samlet set vurderes der at der **ingen** påvirkning er af det økologiske potentiale af vandområdet fra udledning af vand fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ved aktivering af skybrudsklapper i et niveau svarende til en 5-års regnhændelse.

Ved hel eller delvis tilbagepumpning af tunnelens opstuvningsvolumen til spildevandssystemet vil den samlede udledning til kystvandområdet "København Havn" ved regnhændelser med op til 10 års gentagelsesperiode reduceres med op til 9.700 m³ svarende til op til ca. 9 -10 %.

For næringsstoffer, der indgår i den økologiske tilstand, bl.a. kvælstof, vil der tilsvarende ske en reduktion i udledning på op til ca. 9 - 10 %, hvilket samlet set vurderes at være **en positiv påvirkning** af det økologiske potentiale af vandområdet.

Kemisk tilstand

Som beskrevet i afsnit 15.4.1, er sammensætning og mængde af miljøfarlige stoffer, der udledes til vandområdet uændret ved drift af skybrudstunnelen i forhold til den nuværende situation. Ved tilbageledning af tunnelens magasinvolumen, vil den samlede udledning kunne reduceres med op til 9.700 m³.

Kapaciteten i skybrudstunnelen vil fungere som forsinkelsesbassin, og suspenderet materiale vil til en vis grad bundfældes i tunnelen. Som beskrevet i afsnit 15.4, skylles tunnelen efter endt brug, og skyllevandet ledes til renseanlæg inklusiv det bundfældede materiale, som vil indeholde miljøfarlige stoffer bundet til materialet. Der vil således ske en vis fjernelse af miljøfarlige stoffer fra skybrudstunnelen.

Der er lavet modelleringer af den mulige påvirkning af sediment i havnen, når der ledes vand ud i havnebassinet fra skybrudstunnelen [75], hvoraf det fremgår at strømhastigheder ved bunden af havnen over 0,2 m/s må forventes at kunne forårsage ophvirvling af bundsediment. Dette er ikke ønskeligt, da sedimentet må forventes at være belastet med bl.a. tungmetaller som beskrevet i afsnit 15.2.6. Modelleringerne viser, at den forventede maksimale strømhastighed 0,2 m over bunden er 0,15 m/s for det valgte bygværk (bygværk 1b i [75]).

Der etableres en betonplade på bunden af havnen ved udløbet fra Kalvebod Brygge for at imødegå eventuel erosion af bunden ved udledninger fra tunnelen.

Samlet set vurderes at der ingen negativ påvirkning er af den kemiske tilstand i vandområdet fra udledning af skybrudsvand fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ved aktivering af skybrudsklapper i et niveau svarende til en 5-års regnhændelse. Ved opsamling af bundfældet materiale i tunnelen efter regnskyl vil en vis mængde partikelbundne miljøfarlige stoffer fjernes, og der kan være en lille **positiv** effekt af dette.

Ved tilbageledning af tunnelens magasinkapacitet til spildevandssystemet vil der ske tilsvarende reduktion af udledning af miljøfarlige stoffer, der indgår i den kemiske tilstand herunder PAH'er og nogle tungmetaller på op ca. 9 -10 %, hvilket yderligere vil bidrage til den **positive** effekt på vandområdets kemiske tilstand.

Iltforhold

Da suspenderet materiale i en vis grad vil blive tilbageholdt i skybrudstunnelen og bortskaffet til renseanlæg i forbindelse med gennemskylning af tunnelen efter at denne har været i brug (beskrevet i afsnit 15.3), vil en del af det organiske stof i skybrudsvandet blive tilbageholdt, og udledning af organisk stof blive reduceret. Da der hverken for en 5- eller 10-års regnhændelse er tale om en merudledning af skybrudsvand til Københavns Havn, men om en omfordeling af skybrudsvand fra eksisterende udløb til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, vil der samlet ikke være en merudledning af biologisk nedbrydeligt organisk stof.

Det vurderes på den baggrund, at der ingen negativ påvirkning er af iltforhold i vandområdet fra udledning af skybrudsvand fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ved aktivering af skybrudsklapper ved en 5-års regnhændelse. Ved opsamling af bundfældet materiale i tunnelen efter regnskyl, vil en vis mængde organisk stof fjernes, og der kan være en lille **positiv** effekt af dette.

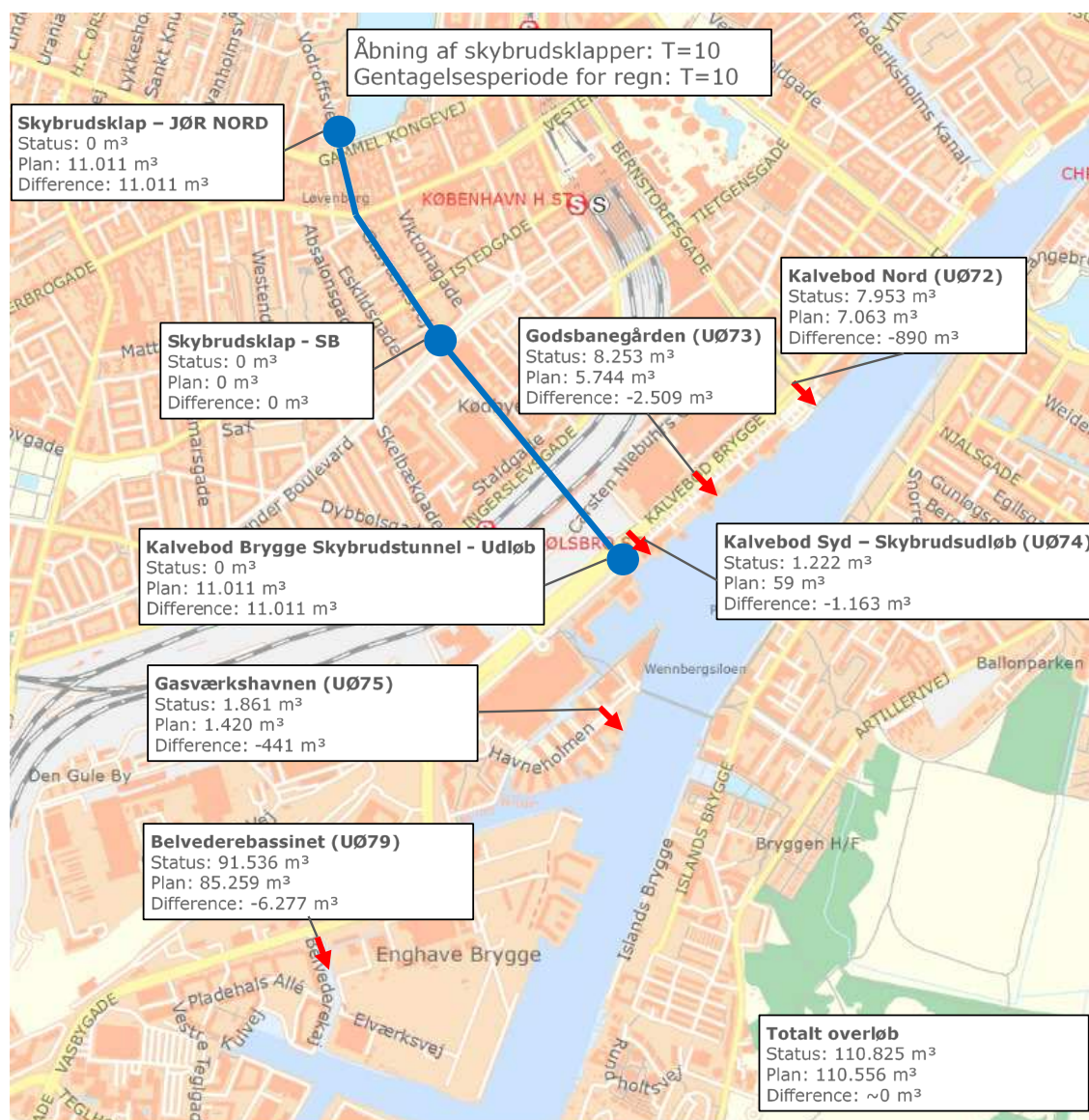
15.4.2 Alternativ B

Ved alternativ B åbnes skybrudsspjæld ved en 10-års regnhændelse, og der afledes vand fra ekstremregnhændelser svarende til en 10-års gentagelsesperiode eller mere. Dette scenarie svarer til Københavns Kommunes definition af en skybrudshændelse.

I denne situation er tilløbet fra en 10-års regnhændelse til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel mindre end, hvis skybrudsspjældene åbnede allerede ved en 5-års gentagelsesperiode, da spjældene åbner senere og en større del af vandet derved vil løbe ud via de eksisterende udløb.

Det overordnede billede er det samme som ved alternativ A, hvor skybrudsspjæld aktiveres allerede ved en 5-års gentagelsesperiode. Udledning fra de eksisterende udløb reduceres med samme mængde som udledningen fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Den samlede mængde

skybrudsvand til havnen fra de berørte udløb er i både status- og plansituationen for en 10-års regn omkring 111.000 m³, og denne vandmængde vil blive omfordelt indenfor en 2 kilometers strækning, som det ses på Figur 15.6. I beregningerne er ikke medregnet tømning af opstuvningsvolumenet i tunnelen på 9.700 m³ til spildevandssystemet, og resultaterne kan derfor betragtes som konservative. Ved hel eller delvis tømning til spildevandssystemet skal den samlede udledningmængde til havnen således reduceres med op til 9.700 m³. Ved den senere ansøgning om udledningstilladelse gennemføres beregninger med tømning af bassinvolumen til spildevandssystemet.



Figur 15.6: Udløbsmængder for status- og plansituationen for en 10-års regnhændelse og med åbning af skybrudsklapperne i et niveau svarende til en 10-års hændelse.

Vurdering af miljøpåvirkninger i driftsfasen ved alternativ B vil for både økologiske forhold, kemiske forhold og iltforhold være de samme som for alternativ A. Samlet set vurderes der **ingen** påvirkning af vandområdet fra udledning af skybrudsvand fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ved aktivering af skybrudsklapper i et niveau svarende til en 10-års regnhændelse.

Ved tilbageledning af tunnelens magasinkapacitet til kloak vil der ske tilsvarende reduktion af udledning af miljøfarlige stoffer, der indgår i den økologiske og kemiske tilstand herunder næringsstoffer, PAH'er og tungmetaller, hvilket vil have en **positiv** effekt på vandområdets kemiske tilstand.

15.4.3 Natura 2000-områder

Uanset om skybrudstunnelen idriftsættes ved nedbørshændelser allerede, når der er risiko for vand på terræn svarende til en 5-års hændelse eller først tages i brug ved skybrudshændelser jf. Københavns Kommunes definition (svarende til en 10-års regnhændelse) vil der samlet set ikke komme en merbelastning af skybrudsvand til Københavns Havn efter etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Omfordelingen af skybrudsvand mellem de udløb, der berøres af projektet, vil betyde, at der i en fremtidig situation med en skybrudstunnel udledes mindre vand fra Belvederebassinet, som er det udløb, der ligger tættest på Natura 2000-område 143. Samlet set vurderes det for begge alternativer, at der ved driften af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel **ingen** påvirkning vil være af udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område nr. 143.

15.4.4 Samlet vurdering af miljøpåvirkninger i driftsfasen

For både alternativ A og B, vil der samlet set ikke komme en merbelastning med skybrudsvand til Københavns Havn efter etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Der vil for begge alternativer kun ske en omfordeling af udløb af vand inden for en 2 kilometers strækning. I det omfang det er muligt, vil det opstuvende vandvolumen i tunnelen på 9.700 m³ tilbageføres til spildevandssystemet. Ved afledning til spildevandssystem vil der ske en tilsvarende reduktion i belastningen med skybrudsvand til Københavns Havn svarende til en reduktion på ca. 9- 10 % af den samlede udledning til havnen for de to alternativer og en reduktion af udledningsmængden fra selve skybrudstunnelen på hhv. 100 % og 65 % for regnhændelser med hhv. 5- og 10-års gentagelsesperiode.

Sammensætningen af det vand, der udledes til havnen, ændres ikke efter etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Vandet, der udledes, vil bestå af regnvand fra pladser, tage og veje iblandet få procent (anslået 2-5 %) spildevand. Udledning af skybrudsvand fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil ikke forværre vandområdets tilstand eller hindre målopfyldelse i forhold til målsætningerne i vandområdeplanen for vandområdet "København Havn" eller nærliggende vandområder.

Samlet set vurderes der for worst case situationen, hvor alt skybrudsvand fra Kalvebod Skybrudstunnel udledes til havnen **ingen** påvirkning af vandområdet fra udledning af skybrudsvand fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ved aktivering af skybrudsklapper hverken i et niveau svarende til en 5-års eller en 10-års regnhændelse.

Ved hel eller delvis tilbagepumpning af det opstuvende tunnelvolumen til spildevandssystemet, vil der ske en reduktion af udledning af forurenende stoffer på op til 9-10 %, hvilket er en **positiv** påvirkning af vandområdet.

Det vurderes ligeledes, at driften af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ikke vil medføre skadelige eller væsentlige påvirkninger af udpegningsgrundlaget for Natura 2000-område nr. 143 uanset hvilket alternativ, der vælges.

15.4.5 BAT betragtninger

Princippet om BAT er fastlagt i Miljøbeskyttelseslovens § 3 [33]. Der skal ved administration af loven lægges vægt på, hvad der er opnåeligt ved anvendelse af den bedste tilgængelige teknik (BAT), herunder mindre forurenende råvarer, processer og anlæg og de bedst muligt forureningsbekæmpende foranstaltninger.

Der findes ikke vedtagne BAT konklusioner for regnvandsbassiner. Rensning af regnvand generelt består først og fremmest i at mindske den partikulære udledning, da en stor del af både næringsstoffer og miljøfarlige stoffer vil være bundet til partikler. Det gælder for både zink og kvælstof, som er anvendt som modelstoffer i beregningerne, men også fosfor samt andre tungmetaller, PAH'er og oliestoffer.

Våde regnvandsbassiner bliver på grund af deres kapacitet for sedimentering af partikulært materiale anset for BAT [76] [77], og der er for bl.a. våde regnvandsbassiner udarbejdet et faktablad, hvor dimensionering og rensegrad er beskrevet [78], og for våde regnvandsbassiner kan der således tages udgangspunkt i dette faktablad ved vurdering af BAT.

Da Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er placeret i tæt bymæssig bebyggelse, kan der af pladshensyn ikke etableres åbne regnvandsbassiner. Hvis der ønskes opstuvningsvolumen i forbindelse med udledning af regnvand, er det derfor nødvendigt at lave lukkede bassiner, således at pladsen oven på bassinet kan benyttes til andre formål. Et lukket bassin vil give en vis forsinkelse af vandet inden udløb, og derved vil en vis mængde af det suspendede stof fra regnvandet kunne bundfælde.

Ved at tilbageføre opstuvningsvolumenet fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel til spildevandssystemet, vil både opløste og partikelbundne næringsstoffer og miljøfarlige stoffer fra regnhændelser, hvor skybrudstunnelen er i brug, således helt eller delvist blive ført til renseanlæg, hvor rensegraden må forventes at være god. Beregninger viser, at den samlede udledning til havnen af næringsstoffer og miljøfarlige stoffer fra de udløb, der er omfattet af projektet til havnen vil reduceres cirka 9 % ved 10 års regnhændelsen i forhold til i dag, under antagelse af, at der tilbageføres en vandmængde på 9.700 m³ til spildevandssystemet.

For en del af de regnhændelser, hvor Kalvebod Brygge Skybrudstunnel kommer i brug, vil al vand, der ledes til skybrudstunnelen, kunne rummes i opstuvningsvolumet i tunnelen. For regnhændelser op til en 10-års regnhændelse, der overstiger opstuvningsvolumet i skybrudstunnelen, vil en stor del af vandet stadig tilbageholdes i tunnelen, og kun en mindre del udledes i havnen via skybrudspumperne. Der vil være en vis opholdstid for det opstuvende vand i skybrudstunnelen, hvor partikulært stof vil kunne bundfælde i en vis grad. Dette materiale vil blive fjernet og ledt til spildevandssystemet, når tunnelen har været i brug. Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil således yderligere medføre en begrænsning i den udledte mængde miljøfarlige stoffer.

Det fremgår af [79], at den største partikulære rensning i forbindelse med regnvandsbassiner sker ved små hyppige regnhændelser (first flush). Den største partikulære belastning vil altså generelt komme i forbindelse med first flush. Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil først modtage regnvand, når vandet i spildevandssystemet når et vist niveau. Det betyder, at first flush for en skybrudslignende hændelse vil ledes til Renseanlæg Lynetten og således ikke vil ledes til havnen. Beregningerne af den reducerede mængde udledte næringsstoffer og miljøfarlige stoffer må derfor betragtes som yderst konservative, og den reelle belastning for det vand, der ledes til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, må formodes at være væsentligt lavere end forudsat i beregningerne.

Da tunnelen giver mulighed for fremtidig frakobling af regnvand i oplandet er tunnelen første skridt mod fraseparering. Der vil derfor være en årrække, hvor vandkvaliteten bliver gradvis bedre i takt med, at skybrudsprojekterne bliver gennemført.

På baggrund af ovenstående vurderes det, at projektet lever op til princippet om BAT i forbindelse med, at skybrudstunnelen tages i brug ved en regnhændelse svarende til en 5-års regn. Det vurderes, at der ikke kan etableres andre relevante BAT tiltag ud fra proportionalitetsprincippet i forbindelse med udløb af en skybrudslignende regnhændelse (<10 år).

15.4.6 Referencescenariet

Referencescenariet er beskrevet i kapitel 6. Som følge af klimaforandringerne forventes det, at ekstremnedbørshændelser fremover vil optræde hyppigere end nu. Eksempelvis forventes gentagelsesperioden for en nuværende 5-års regn at være ca. 4 år i 2025 og ca. 3 år i 2050. Hvis skybrudstunnelen ikke gennemføres, må det forventes at vand fra ekstremnedbørshændelser vil udledes til Københavns Havn gennem de eksisterende udløb uanset hyppigheden af disse. Skybrudstunnelen vil således ikke bidrage til merbelastning med næringsstoffer eller miljøfarlige stoffer til Københavns Havn, men en omfordeling af udledningsmængder, hvor en del af udledningerne fra eksisterende udløb til havnen ledes til skybrudstunnelen og derfra ud i havnen. Ved afledning af skybrudstunnelens opstuvningsvolumen til spildevandssystemet vil etablering af tunnelen medføre en reduktion af de udledte vand- og stofmængder til havnen.

I spildevandsplan 2018 [6] for Københavns Kommune er der planlagt tiltag for at mindske udledningen af næringsstoffer for dermed kunne opnå målsætningen om godt økologisk potentiale for vandområdet Københavns Havn. En del af disse tiltag er afhængige af, at skybrudstunnelen etableres. Hvis skybrudstunnelen ikke etableres, kan der være en risiko for at en række af disse tiltag ikke vil kunne gennemføres, og dermed en risiko for at målsætningen ikke vil kunne opnås.

15.5 Kumulative effekter

I både alternativ A og B vil der ske omfordeling af udløbsmængder af skybrudsvand fra udløbene på den vestlige side af havnen. For alle de driftssituationer, der er beskrevet, vil den største omfordeling ske for Belvederebassinet, og udledningen af skybrudsvand fra Belvederebassinet vil reduceres med mellem 6-8 %.

Udledning af skybrudsvand fra de udløb, der planlægges at indgå i projektet, sker både i den nuværende situation og efter etableringen af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel til en ca. 2 km lang strækning af Københavns havn. Etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel medfører ikke merbelastning af Københavns Havn hverken med udløbsmængder eller sammensætning af skybrudsvand. Udledningen fra Kalvebod Skybrudstunnel er placeret i samme område af havnen, hvortil skybrudsvand allerede udledes i den nuværende situation.

På modsatte side af havnen, på Islands Brygge, er der adskillige udløb. Etablering af skybrudstunnelen vil ikke ændre på disse udløb. Det må forventes, at disse udløb også bidrager med regnvand og evt. overløbsvand til havnen i de situationer, hvor Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil være i brug. Da Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ikke bidrager med mere skybrudsvand til havnen end dagens situation, men blot omfordeler det skybrudsvand, der allerede i den nuværende situation udledes til havnen, forventes der ikke nogen kumulative effekter på grund af udløb til havnen fra Islands Brygge.

Samlet set forventes der ingen kumulative effekter på vandkvaliteten ved driften af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel.

15.6 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Den tilgængelige viden vurderes at være tilstrækkelig for miljøvurderingerne.

15.7 Afværgeforanstaltninger

Med den nuværende viden om anlæg og drift af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel forventes det ikke, at der vil være behov for afværgeforanstaltninger i anlægsfasen i forbindelse med etablering af den midlertidige arbejdsplads i havnen samt ved optrækning af spuns. Ved opfyldning af den midlertidige arbejdsplads med sand, udpumpes havnevand i takt med opfyldningen. Indhold af finkornet materiale fra indfyldningssandet i det udpumpede vand kan evt. reduceres via et siltgardin der opsættes før indløb til pumpen. Hvis der mod forventning stødes på ram-mehindringer i anlægsfasen i forbindelse med nedramning af spuns, fx i form af store sten, hvor det er nødvendigt at grave i havbunden for at fjerne disse, kan der anvendes siltgardin eller lignende for at hindre spredning af belastet sediment. Ved optagning af bundmembran ifm. fjernelse af opfyldningen, vil evt. ophvirvlet forurenede havnesediment bundfældes inden for spunsindfatningen inden denne fjernes for således at reducere eller hindre spredning af forurenede havnesediment.

Påvirkning af forurenede havnesediment ifm. etablering og efterfølgende fjernelse af byggepladsen i havnen skal screenes af miljømyndigheden mhp. at vurdere, om der skal indhentes tilladelse efter Miljøbeskyttelseslovens §27.

16 Grundvand og drikkevand

Grundvandshåndtering i forbindelse med anlægsarbejder kan potentielt påvirke fundering af eksisterende bygninger og anlæg, eksisterende eller fremtidig vandindvinding, sprede eksisterende grundvandsforurening eller sænke frie vandspejl i terræn. Det er derfor vigtigt, at grundvandshåndteringen planlægges og udføres hensigtsmæssigt uden uacceptabel påvirkning af omgivelserne.

Idet skakterne skal udføres som tørre udgravninger, skal grundvandet inden for sekantpæleindfatningen holdes på et niveau på 0,5-1 m under udgravningen.

16.1 Metode

I forbindelse med nærværende miljøvurdering er benyttet geologiske og hydrogeologiske data indhentet i forbindelse med Kalvebod Brygge Skybrudstunnel projektet /2/, Metrocityringen, Sydhavnsmetroen samt data fra GEUS Jupiterdatabase og Københavns Kommune. Data omfatter bl.a. grundvandskemiske data, boredata, potentialekort, pumpeforsøg og flowlogs.

På baggrund af data er der opstillet en 3D geologisk model, en overordnet grundvandsmodel og en detaljeret grundvandsmodel for hver af de 3 skakte ved henholdsvis Skt. Jørgens Sø, Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge (bilag 4).

På baggrund af aktuelle oplysninger om udgravningskoter og spidskoter for sekantpæleindfatning er der for hver af de 3 lokaliteter foretaget en simulering af en grundvandsænkning til 0,5 m under udgravningskote uden afværgeforanstaltninger i form af reinfiltration.

Formålet med modelsimuleringerne er at vurdere:

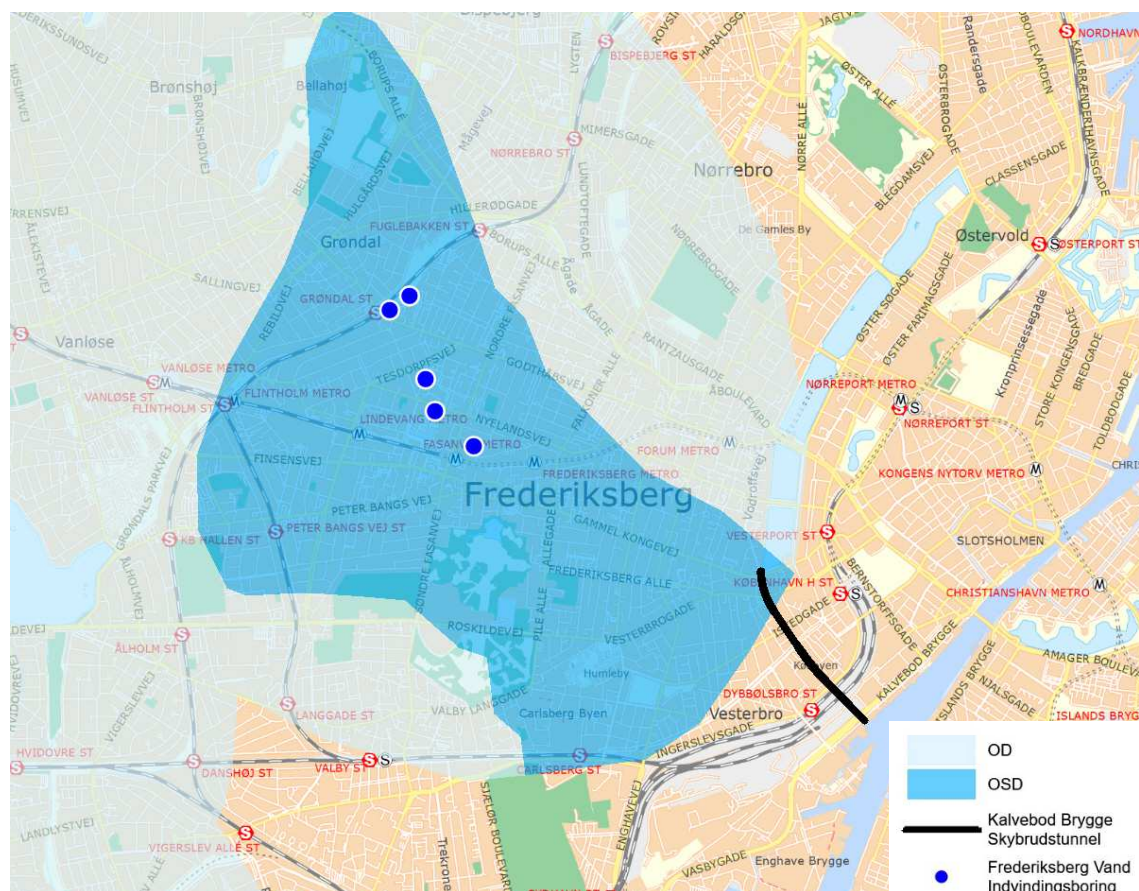
- størrelsesordenen af de vandmængder der skal håndteres i anlægsfasen.
- eventuel sænkingsudbredelse uden for sekantpæleindfatningen, som kan medføre risiko for sætningskader på bygninger eller mobilisering af eksisterende grundvandsforurening, og dermed om der er behov for afværgetiltag.
- om der kan forventes påvirkning af Frederiksberg Forsynings indvindingsopland.

Vurderingerne er foretaget på baggrund af aktuelt foreliggende data, hvilket er tilstrækkeligt til miljøvurderingsformål. De endelige valg af metoder, udgravnings- og indfatningsdybder og omfang af eventuel reinfiltration optimeres senere i projekteringen. Bl.a. udføres fuldskalafor-søg af grundvandssænkingsanlægget efter etablering af indfatningen, hvorudfra behov for eventuel reinfiltration vurderes.

16.2 Eksisterende forhold

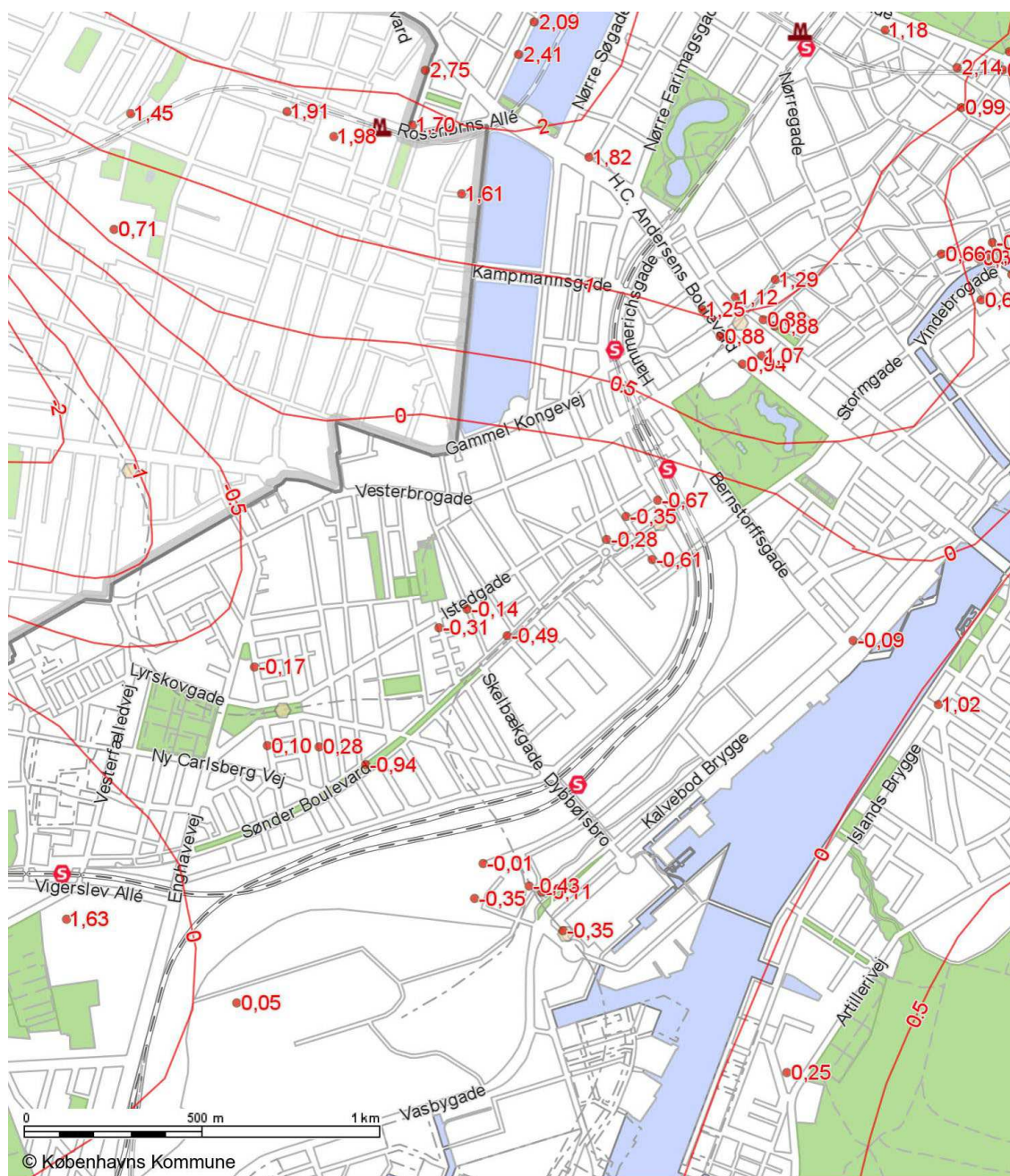
Den nordligste del af tunnelstrækningen og Skt. Jørgens Sø skakten ligger inden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD), Figur 16.1 og inden for Frederiksberg Forsynings indvindingsopland. Frederiksberg Forsynings indvindingsboringer er placeret i Carlsbergforkastningen. Forsyningen indvinder ca. 2,5 mio. m³/år. Nærmeste indvindingsboring (DGU nr. 201.3702) ligger 2,1 km nordvest for tunnelen og dermed i stor afstand fra denne.

Den øvrige del af tunnelstrækningen ligger uden for områder med drikkevandsinteresser (OD).



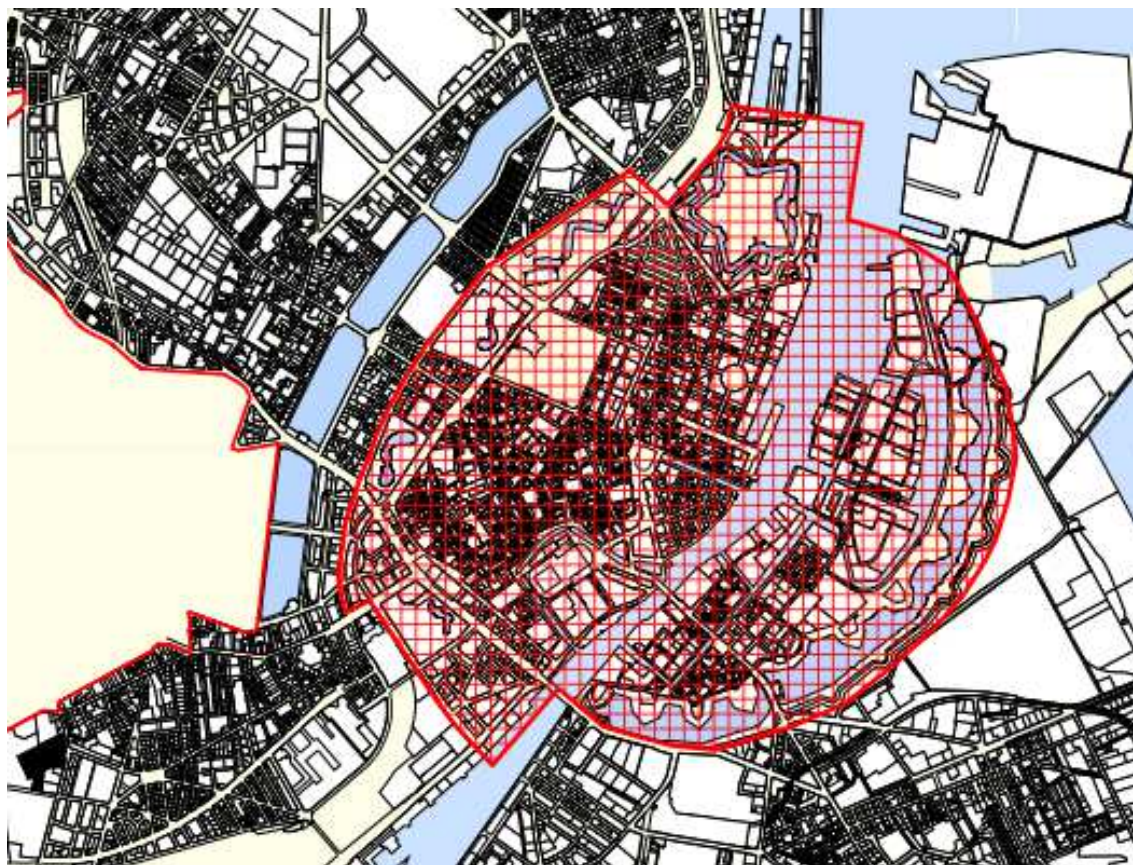
Figur16.1: Drikkevandsinteresser (OD/OD)

Der foretages permanent dræning under jernbanestrækningen øst for Enghavevej. Denne dræning medfører sammen med utætte kloakker, at grundvandsspejlet i det primære grundvandsmagasin sænkes til under kote 0 langs hele tunnelstrækningen, som det ses på potentialekortet Figur16.2



Figur16.2: Grundvandspotentiale, april 2017 /1/

I Indre By og på Christianshavn accepterer Københavns Kommune ikke eller kun i meget begrænset omfang udbredelse af grundvandssænkninger fra byggegruber til omgivelserne. Tunnelstrækningen ligger tilstrækkelig langt uden for dette område, til at det ikke bliver påvirket af anlægsaktiviteterne, Figur16.3.



Figur16.3: Område i Indre By med særlige begrænsninger på vandhåndtering (rød skravering)

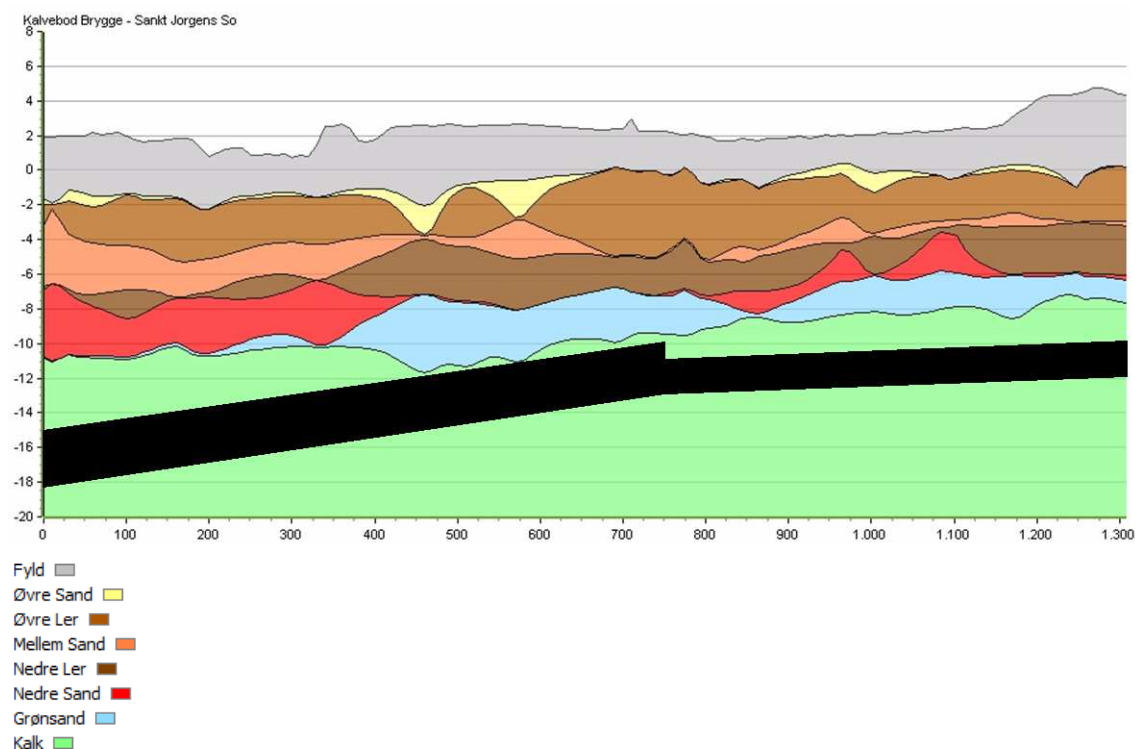
16.2.1 Geologi

I Figur16.4 er vist et geologisk profilsnit for strækningen Kalvebod Brygge til Skt. Jørgens Sø. Tunnellen vil på hele strækningen forløbe i København Kalk.

I området træffes generelt et fyldlag af varierende tykkelse på 2-7 m. Under fyldlaget træffes lokalt tynde postglaciale aflejringer, der typisk består af sand. Herunder træffes skiftende sekvenser af smeltevandssand og moræneler. Øvre smeltevandssand er ligeledes tyndt og har lokal udbredelse. Øvre moræneler, mellem smeltevandssand, nedre moræneler og nedre smeltevandssand har en mere sammenhængende udbredelse i området.

Umiddelbart under de kvartære aflejringer findes der lokalt Lellinge grønsand, fra Selandien. Grønsandet er ikke tolket ind i boreriger foretaget i forbindelse med Metroprojektet og er i disse formentligt indeholdt i nedre smeltevandssand.

Kalkoverfladen træffes generelt 10-13 m.u.t. langs tunnelstrækningen svarende til ca. kote -11 m ved Kalvebod Brygge til ca. kote -7 m ved Skt. Jørgens Sø. København Kalk er opdelt i en Øvre, Mellem og Nedre København Kalk. Øvre og Nedre København Kalk indeholder mange tætliggende hærdnede bænke. Mellem København Kalk er mere blød og indeholder få og spredte hærdnede bænke og har generelt lav vandføringsevne i forhold til Øvre og Nedre København Kalk.



Figur 16.4: Geologisk profilsnit for strækningen Kalvebod Brygge til Skt. Jørgens Sø. Tunnelforløb er skitseret med sort i kalken.

Ca. 1,4 km mod sydvest løber Carlsbergforkastningen parallelt med Kalvebod Brygge skybrudstunnel. Carlsbergforkastningen er en kraftigt opsprækket og højpermeabel zone, som afgrænser prækvarteroverfladen af bryozokalk mod vest og København Kalk mod øst.

Ca. 800 m mod nordøst løber Rådhusdalen parallelt med skybrudstunnelen. Rådhusdalen er en 60-100 m bred erosionsdal. Kalkoverfladen træffes typisk omkring kote -18 til -20 m. Dalen er i overvejende grad fyldt op med smeltevandssand.

16.2.2 Grundvandsmagasiner

Fyldlaget og øvre smeltevandssand kan være vandfyldte og i varierende grad vandførende, men udgør ikke et egentligt sekundært grundvandsmagasin.

De kvartære smeltevandssandlag mellem smeltevandssand og nedre smeltevandssand udgør sekundære grundvandsmagasiner i områder, hvor de har en større udbredelse.

Vandspejlet i de sekundære magasiner varierer typisk meget afhængigt af nedbørsituationen.

Det primære grundvandsmagasin udgøres af kalken og sand, som er aflejret direkte herpå.

I København Kalk foregår strømningen overvejende i overgangen mellem lag af flint og kalk og mellem lag med forskellig hærtningsgrad. Oftest sker langt den største del af indstrømningen i de øverste opsprækkede 5 m af kalken.

16.2.3 Potentialeforhold

Som det ses på potentialekortet Figur 16.2 ligger potentialet i området mellem kote ca. +2 og -1 m. Strømningsretningen er generelt sydlig og østlig i retning mod havnen. Syd for Skt. Jørgens Sø, ud mod havnen er potentialet under kote 0, hvilket som tidligere nævnt skyldes utætte kloakker. På figuren ses endvidere den sydvestlige del af sænkningstragten relateret til Frederiksberg Forsynings indvinding.

Ved grundvandshåndtering i forbindelse med Kalvebod Brygge Skybrudstunnel skal det sikres, at der ikke trækkes saltvand fra havneområdet ind i Frederiksbergs Forsynings indvindingsopland.

Grundvandsmagasinet har spændt vandspejl i hele det viste område.

16.2.4 Transmissivitetsforhold

I Københavnsområdet knytter kalkens vandføringsevne, beskrevet ved transmissiviteten, sig til nogle zoner, som følger en NNV-SSØ-strakt foldnings- og forkastningsstruktur. Transmissiviteten varierer meget i intervallet 1×10^{-5} - 1×10^{-2} m²/s. Værdier omkring $1,5 \times 10^{-3}$ er hyppigst forekommende.

I borerer langs tunnelstrækningen er der målt små til moderate transmissivitetsværdier mellem 1×10^{-4} og 8×10^{-3} m²/s /2/.

Flowlogs i samme borerer viser generelt at langt den største del af indstrømningen forekommer i de øverste 5 m af kalken /2/.

16.2.5 Grundvandsforurening

Analyser af grundvandsprøver udtaget fra borerer langs tunnelstrækningen viser et kraftigt varierende forureningsniveau. De påviste miljøfremmede stoffer er overvejende kulbrinter, men der er særligt under "Kødben" også forurening med BTEXN (benzen, toluen, ethylbenzen, xylener og naphthalen). Forureningsforholdene er nærmere beskrevet i Kapitel 19.

16.3 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

Grundvandet uden for byggegruben må ikke påvirkes i en grad, der kan få konsekvenser for eksempelvis bygninger og konstruktioners stabilitet, naturområder eller grundvandsressourcen. Det skal således sikres, at der ikke forekommer betydende sænkninger af terrænnære sekundære vandspejl, at der ikke trækkes saltvand ind i det primære grundvandsmagasin og at eksisterende grundvandsforureninger ikke mobiliseres.

I forbindelse med etablering af de 3 byggegruber ved henholdsvis Skt. Jørgens Sø, Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge er det for at tørholde byggegruben og sikre mod opdrift nødvendigt af foretage grundvandssænkning i byggegruberne til forventeligt 0,5 til 1 m under udgravningsniveau.

Der forventes ikke at skulle foretages egentlig grundvandssænkning i forbindelse med tunneleringen. Tunnelering udføres med lukket front (closed mode), hvorved jord og vandtryk holdes i balance i borefronten. Kun ved tilkobling til bygværkerne vil der forekomme kortvarige perioder, hvor indtrængende vand skal bortledes.

16.3.1 Strategi for grundvandskontrol

Forud for gravearbejdets begyndelse etableres en tæt sekantpæleindfatning omkring byggegruben. Sekantpælenes dybde bestemmes dels ud fra et krav om at sikre geoteknisk stabilitet, dels med det formål at nå ned til et niveau, der afskærer for indstrømning fra højpermeable strømningszoner i kalken, hvormed den mængde grundvand, der skal håndteres, minimeres. Den tætte indfatning sikrer, at grundvandssænkningen uden for indfatningsvæggen er så lille,

at der ikke er risiko for sætningsskader på bygninger eller mobilisering af eksisterende grundvandsforureninger.

Grundvandssænkningen foretages typisk med filterboringer, men kan også foretages fra dybe pumpe-sumpe under selve gravearbejdet. Grundvandet udledes til kloak eller recipient.

Grundvandssænkningen i byggegruberne opretholdes indtil konstruktionerne er opdriftssikrede.

Vand der lænses op fra bunden af byggegruberne ledes til kloak.

Det kan vise sig nødvendigt at foretage rensning af såvel grundvand og vand fra byggegruben før udledning til kloak. Rensning kan omfatte sedimenteringsbassin, olieudskiller, sandfilter og eventuelt kulfilter eller andre avancerede teknikker. Vandbehandlingen skal sikre, at der ikke sker uacceptabel påvirkning spildevandssystemet. Det kan fx dreje sig om krav til indhold af suspenderet stof, jern, kvælstof eller miljøfremmede stoffer. Omfang af behov for rensning fastsættes af miljømyndigheden.

Under drift af grundvandssækningsanlægget kontrolleres grundvandspotentialet i monitoringsboringer placeret både inden og uden for byggegruben. Der sigtes mod at opretholde et niveau for grundvandsspejlet uden for indfatningen, som ligger inden for naturligt forekomme vandspejl. Tæt på byggegruben kan der normalt accepteres lidt lavere grundvandsstand.

16.3.2 Modelleret grundvandssænkning uden afværgetiltag

Der er opstillet en detaljeret numerisk grundvandsmodel for tilslutningsbygværker og skakter ved Skt. Jørgens Sø, Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge /3/. Modellerne kan simulere effekter af grundvandssænkning, byggegrubeindfatning og reinfiltration. Modellerne er opstillet med udgangspunkt i foreliggende detaljerede undersøgelser af strømningzoner i kalken og transmissivitet /2/.

Der er for hver konstruktion foretaget en simulering af grundvandssænkning uden afværgetiltag.

Skt. Jørgens Sø – tilslutningsbygværk

Tilslutningsbygværket etableres før skakten. Der skal graves til kote +0,9 m. Der etableres tæt indfatning omkring byggegruben til minimum kote -2,5 m, idet der er truffet indslag af smeltvandssand ned til kote -1,8 i boring 29p24. I de øvrige nærliggende boringer er der ikke truffet smeltevandssand. Det terrænnære grundvandsspejl sænkes til kote +0,4 m svarende til 0,5 m under udgravningsniveau inden for indfatningen.

Modellsimuleringerne viser, at der strømmer mindre end 1 m³ grundvand pr. døgn ind i byggegruben.

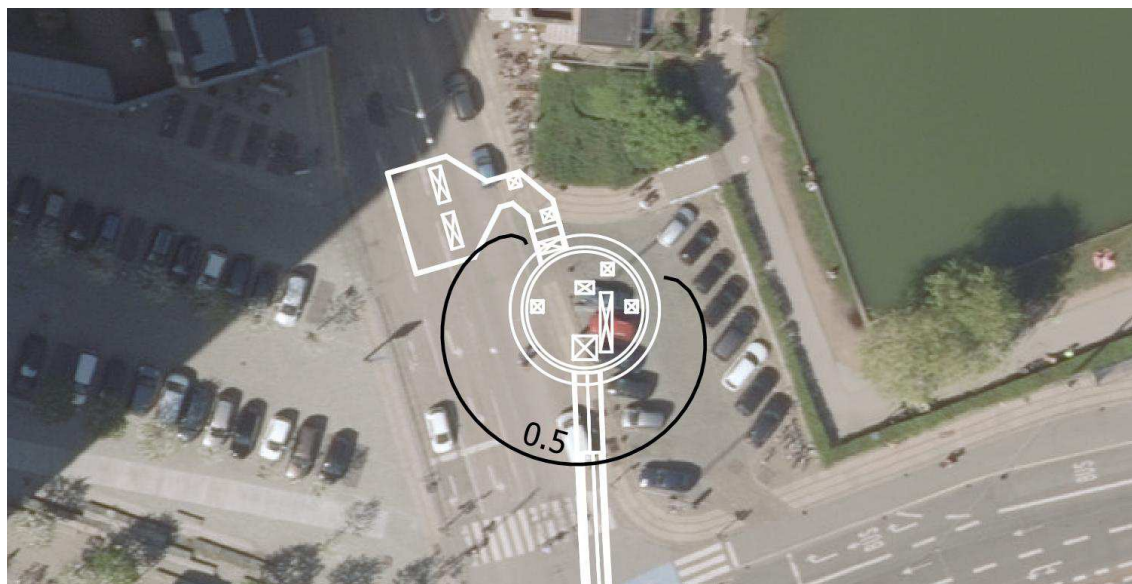
Der ses en sænkning på mindre end 0,5 m i det øverste modellag umiddelbart uden for spunsen jf. Figur 16.6. I de øvrige modellag er sænkningen mindre end 20 cm umiddelbart uden for spunsen.

Skt. Jørgens Sø - skakt

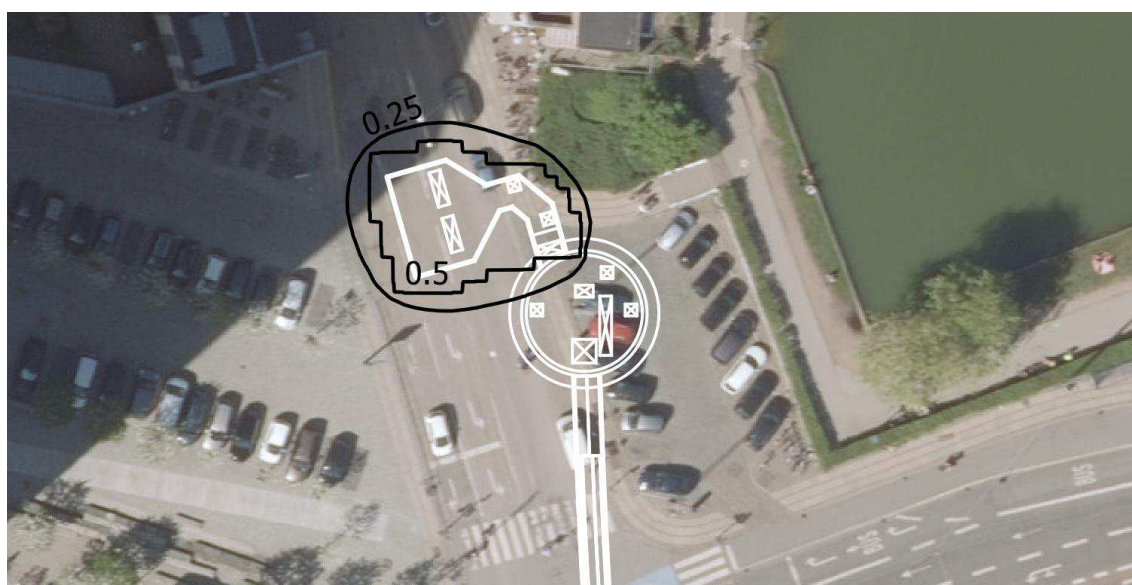
Kalken er på baggrund af flowlogs opdelt i 4 zoner. 90 % af grundvandsstrømningen foregår i de øverste 6,5 m af kalken. Transmissiviteten er på baggrund af en langtidsprøvepumpning bestemt til $8,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Der skal udgraves til kote -15,5 m. Top af kalk er beliggende i kote -7,0 m. Sekantpælene føres til kote -20,3 m. Grundvandet sænkes til 0,5 m under udgravningsbund.

Modellsimuleringen viser, at der skal bortledes grundvand i størrelsesordenen $60 \text{ m}^3/\text{døgn}$. I toppen af kalken ses sænkninger i størrelsesordenen $0,5 \text{ m}$ inden for en afstand af ca. 10 m fra indfatningen, jf. Figur16.5. I lagene herover ses sænkninger på under $0,5 \text{ m}$ uden for indfatningen. I det øverste modellag ses ingen påvirkning af det terrænnære grundvandsspejl.



Figur16.5: Grundvandssænkning i toppen af kalken (m) omkring skakten, Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø



Figur16.6: Sænkning af grundvandsspejl (m) uden for indfatning af tilslutningsbygværk ved Skt. Jørgens Sø

Halmtorvet/Gasværksvej – tilslutningsbygværk

Tilslutningsbygværket etableres før skakten. Der skal graves til kote -2,5 m. Der etableres tæt indfatning omkring byggegruben til kote -4,4 m. Det terrænnære grundvandsspejl sænkes til kote -3,0 m svarende til 0,5 m under udgravningsniveau inden for indfatningen.

Modelsimuleringerne viser, at der strømmer i størrelsesordenen 20 m³ grundvand pr. døgn ind i byggegruben.

Der ses en sænkning på mindre end 0,1 m i det øverste modellag umiddelbart uden for indfatningen. I de øvrige modellag ses ingen sænkning.

Halmtorvet/Gasværksvej - skakt

Kalken er på baggrund af flowlogs opdelt i 3 zoner. 95 % af grundvandsstrømningen foregår i de øverste 4 m af kalken. Transmissiviteten er på baggrund af et 4-trins pumpeforsøg bestemt til $6,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Der skal udgraves til kote -15,66 m. Top af kalk er beliggende i kote -9,0 m. Sekantpælene føres til kote -20,66 m. Grundvandet sænkes til 0,5 m under udgravningsbund.

Modelsimuleringen viser, at der skal bortledes grundvand i størrelsesordenen 10 m³/døgn. I toppen af kalken ses sænkninger mindre end 0,1 m inden for en afstand af ca. 10 m fra indfatningen. I lagene herover ses sænkninger på under 0,1 m uden for indfatningen. I det øverste modellag ses ingen påvirkning af det terrænnære grundvandsspejl.

Kalvebod Brygge – skakt

Kalken er på baggrund af flowlogs opdelt i 4 zoner. 95 % af grundvandsstrømningen foregår i de øverste 5 m af kalken. Transmissiviteten er på baggrund af et 4-trins pumpeforsøg bestemt til $1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Der skal udgraves til kote -23,50 m. Top af kalk er beliggende i kote -11,0 m. Sekantpælene føres til kote -26,05 m. Grundvandet sænkes til 0,5 m under udgravningsbund.

Modelsimuleringen viser, at der skal bortledes grundvand i størrelsesordenen 70 m³/døgn. I toppen af kalken ses sænkninger mindre end 0,1 m inden for en afstand af ca. 10 m fra indfatningen. Fra lag 3 og opefter ses ingen påvirkning af det terrænnære grundvandsspejl.

Opsamling

Modelsimuleringerne viser, at der kan forventes at skulle håndteres ganske små mængder grundvand, hvorfor behovet for afværge ligeledes er meget begrænset. Sænkingsudbredelsen uden for sekantpæleindfatningen er ganske lille og vil ikke have betydende påvirkninger inden for Frederiksberg Forsynings indvindingsopland. Desuden sker der ikke betydende sænkning i det terrænnære sekundære grundvandsspejl og der vil således ikke være påvirkning af bygningsfundamenter som følge af grundvandssænkning.

De begrænsede vandmængder, der skal bortpumpes, vil endvidere sikre, at der ikke sker mobilisering af eksisterende grundvandsforureninger.

På den baggrund vurderes påvirkningen af grundvand og afledte effekter heraf som værende **ubetydelige**.

16.4 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Der foretages alene grundvandssænkning i anlægsfasen. Påvirkning af grundvandsforholdene i driftsfasen relaterer sig alene til minimal indtrængen af grundvand i de permanente konstruktioner, der designes vandtætte. Vandmængder, der skal bortpumpes til kloak i driftsfasen, vurderes således at være minimale og påvirkningen på omgivelserne **ubetydelig**. Herudover kan

der teoretisk set forekomme barriereeffekter af tunnelrør og konstruktioner. I praksis vurderes disse effekter dog ikke at have betydning for natur og miljø.

16.5 Kumulative effekter

Såfremt der samtidigt med etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel foregår andre anlægsarbejder i området, som omfatter grundvandssænkning, forventes der at være tilsvarende krav om minimal påvirkning af grundvandsspejl. Der vurderes derfor at være minimale kumulative virkninger på grundvandet.

16.6 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Grundlaget, hvorpå modelberegningerne og vurderinger er foretaget vurderes at være tilstrækkeligt. Dog har der ved udarbejdelsen ikke været langtidspumpeforsøg fra Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge til rådighed, som repræsenterer transmissiviteten fra den øverste højermeable del af kalken, hvorfor modelberegningerne for disse lokaliteter er baseret på 4-trins pumpeforsøg. Dette vurderes tilstrækkeligt på nuværende stade af projektet. Der vil senere i processen blive iværksat langtidspumpeforsøg ved Kalvebod Brygge.

16.7 Afværgenforanstaltninger

De afskærende sekantpælevægge omkring skaktene og den tætte indfatning omkring byggegruber til tilslutningsbygværker nedsætter den nødvendige pumpeydelse for at opnå den ønskede bortpumpning af indtrængende vand/grundvandssænkning til et minimum. Herved minimeres også risikoen for at mobilisere eksisterende grundvandsforurening.

Hvis grundvandssænkningen uden for byggegruberne viser sig at være uacceptabel kan det blive nødvendigt at foretage reinfiltration af det oppumpede grundvand uden for byggegruben.

Ved tilslutningsbygværkerne kan der om nødvendigt etableres drænrender til infiltration af det oppumpede vand umiddelbart uden for indfatningen.

Hvis det mod forventning bliver nødvendigt at reinfiltrere grundvand, kan grundvandshåndteringen foretages enten i et lukket eller åbent system.

I et lukket system sikres det, at der ikke – eller kun i meget begrænset omfang – sker iltning af det oppumpede vand. Herved sikres, at der ikke kan ske udfældning af metaller i ledninger og reinfiltrationsboringer, som besværliggør driften. Til gengæld er mulighederne for rensning af det oppumpede vand meget begrænsede.

I et åbent system foretages iltning af det oppumpede vand, som ledes gennem et sandfilter som fjerner metaller som jern, mangan og arsen. Ved reinfiltration ledes det nu iltede vand ned i et reduceret grundvandsmiljø. Dette kan give problemer med udfældning af metaller i og nær infiltrationsboringer.

For Cityringen og Sydhavnsmetroen har der været krav om infiltration af 95 % af det oppumpede grundvand. Et tilsvarende krav vil blive aktuelt for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, hvis de oppumpede vandmængder mod forventning overstiger 100.000 m³ pr. skakt pr. år.

17 Kulturarv (fredede og bevaringsværdige bygninger)

Der er en række fredede og bevaringsværdige bygninger nær skaktene og langs tunnelens tracé, som potentielt kan påvirkes af anlægsaktiviteterne i forbindelse med arbejdet med Kalvebod Skybrudstunnel.

17.1 Metode

Der er foretaget en kortlægning af fredede og bevaringsværdige bygninger inden for en afstand af 100 m nær byggepladserne ved hjælp af FBB. FBB er Slots- og Kulturstyrelsens register over **F**redede og **B**evaringsværdige **B**ygninger i Danmark [80]. Kortlægningen er suppleret med oplysninger fra OIS/BBR-registret samt gadefotos.

Det er vurderet, at bygninger langs selve tunnelen ikke påvirkes af anlægsarbejderne på grund af dybden af tunneleringen. Bygninger langs tunneltraceet er således ikke kortlagt og vurderet.

17.1.1 Fredede bygninger

Registreringen af de fredede bygninger er Slots- og Kulturstyrelsens ansvar, og den finder sted i henhold til lov om bygningsfredning og bevaring af bygninger (LBK nr. 219 af 06/03/2018) [32]. Alle fredede bygninger er fredet både ind- og udvendigt. Det betyder, at man ikke må ændre på bygningen uden Slots- og Kulturstyrelsens tilladelse.

17.1.2 Bevaringsværdige bygninger

Kommunerne kan efter bygningsfredningsloven udpege bygninger som bevaringsværdige i forbindelse med kommuneplanen eller i en lokalplan. Slots- og Kulturstyrelsen kan også udpege bevaringsværdige bygninger. Det er altid kommunerne, der har ansvar for de bevaringsværdige bygninger, også selv om de er udpeget af Slots- og Kulturstyrelsen.

Bevaringsværdi er et redskab til at passe på vores bygningskultur. Bygningers bevaringsværdi efter den såkaldte SAVE-metode. SAVE er en sammenskrivning af "Survey of Architectural Values in the Environment" (= Kortlægning af arkitektoniske værdier i miljøet).

Metoden bygger på en vurdering af fem forskellige forhold ved en bygning:

- Arkitektonisk værdi
- Kulturhistorisk værdi
- Miljømæssig værdi
- Originalitet
- Tilstand

Hvert af disse forhold vurderes på en skala fra 1-9 og sammenfattes til en samlet bevaringsværdi for bygningen. Det er den værdi, der fremgår af FBB.

Vurderingen af bevaringsværdien bygger på et helhedsindtryk af bygningens kvalitet og tilstand. Som hovedregel vil den arkitektoniske og den kulturhistoriske værdi dog veje tungest. Karaktererne 1-3 regnes for en høj værdi, 4-6 for middel værdi og 7-9 for lav værdi.

17.1.3 Miljøforhold - fredede og bevaringsværdige bygninger

Vibrationer som følge af anlægsarbejde i anlægsfasen vurderes i forhold til de vejledende grænseværdier for bygningsskadelige vibrationer, se Tabel 17.1 ,og på denne baggrund vurderes behov for evt. afværgeforanstaltninger og overvågning. Denne vurdering er nærmere beskrevet i kapitel 10.

Der foretages en vurdering af påvirkning af fredede og bevaringsværdige bygninger som følge af eventuelle grundvandssænkninger, da betydende sænkninger af det terrænnære sekundære vandspejl kan påvirke konstruktioners stabilitet. Denne vurdering er nærmere beskrevet i kapitel 16.

17.2 Eksisterende forhold

17.2.1 Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø

Figur 17.1 viser fredede og bevaringsværdige bygninger inden for 100 m fra byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø. Bevaringsværdige bygninger er bygninger med SAVE-værdi 1-3. Bygninger med en bevaringsværdi på mere end tre indgår ikke på figuren. De fredede og bevaringsværdige bygninger er oplistet i Tabel 17.2.

Inden for en afstand af 100 m til byggepladsen er der 1 fredet ejendom samt 14 ejendomme med bevaringsværdi 2-3.



Figur 17.1: Fredede og bevaringsværdige (værdi 1-3) bygninger ved byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø

Tabel 17.2 Fredede og bevaringsværdige (værdi 1-3) bygninger ved byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø

Adresse	Bevaringsværdi / fredning	Opførelsesår	Byggematerialer	Gadefoto
Vodroffsvej 2	Fredet	1929	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Tagpap (med taghældning)	
Vodroffsvej 5	3	1868	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Tegl	
Vodroffsvej 7	3	1868	Ydervæggen: Betonelementer (etagehøje betonelementer) Tagdækningsmateriale: Fiber-cement, herunder asbest (bølge- eller skifer-eternit)	

Stenos- gade 4	3/5	189 5	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber- cement, herunder asbest (bølge- eller skifer-eternit)	
Stenos- gade 5	2	189 6	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber- cement (asbest, bølge- og ski- fer eternit)	
Stenos- gade 7	3	189 5	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber- cement, herunder asbest (bølge- eller skifer-eternit)	

Gammel Kongevej 15	3	1852	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber-cement, herunder asbest (bølge- eller skifer-eternit)	
Gammel Kongevej 21	3	1890	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber-cement (asbest, bølge- og skifer eternit)	
Gammel Kongevej 23	3(5)	1906	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Tegl	
Gammel Kongevej 25	3	1869	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber-cement (asbest, bølge- og skifer eternit)	

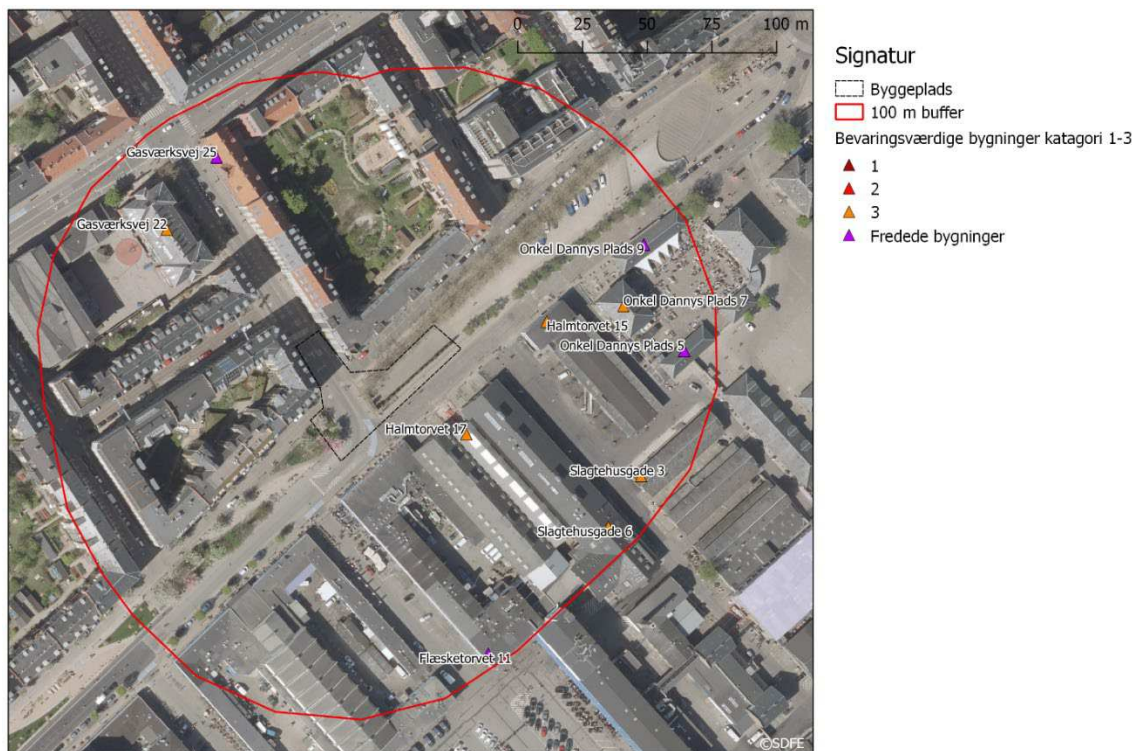
Gammel Kongevej 27	2	1909	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber-cement (asbest, bølge- og skifer eternit)	
Gammel Kongevej 29	3	1908	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Tagpap (med taghældning)	
Gammel Kongevej 29a	2	1882	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Tegl	

Gammel Kongevej 31	3	1908	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber-cement (asbest, bølge- og skifer eternit)	
Bagers-træde 6	3	1885	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber-cement (asbest, bølge- og skifer eternit)	
Bagers-træde 8	3	f	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fiber-cement (asbest, bølge- og skifer eternit)	

17.2.2 Byggepladsen Halmtorvet/Gasværksvej

Figur 17.2 viser fredede og bevaringsværdige bygninger inden for 100 m fra byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej. Bygninger med SAVE-værdi 1-3 har høj bevaringsværdi, og beskrives på den baggrund som 'bevaringsværdige'. Bygninger med en bevaringsværdi på mere end tre indgår ikke på figuren. De fredede og bevaringsværdige bygninger er oplistet i Tabel 17.3

Inden for en afstand af 100 m til byggepladsen er der 4 fredede ejendomme samt 6 ejendomme med bevaringsværdi 1-3.



Figur 17.2: Fredede og bevaringsværdige (værdi 1-3) bygninger ved byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej

Tabel 17.3: Fredede og bevaringsværdige (værdi 1-3) bygninger ved byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej

Adresse	Bevaringsværdi / Fredning	Opførelsesår	Byggematerialer	Streetfoto
Onkel Dannys Plads 5	Fredet	1879	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fibercement (asbest, bølge- og skifer eternit)	
Onkel Dannys Plads 7	3	1879	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fibercement (asbest, bølge- og skifer eternit)	

Onkel Dannys Plads 9	Fredet	1879	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fibercement (asbest, bølge- og skifer eternit)	
Flæske- torvet 11	Fredet	1934	Ydervægge: Andet Tagdækningsmateriale: Tagpap med hældning	
Gas- værks- vej 25	Fredet	1859	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Tegl	
Gas- værks- vej 22	3	1880	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fibercement (asbest, bølge- og skifer eternit)	
Halm- torvet 15	3	1953	Ydervægge: Betonelemen- ter Tagdækningsmateriale: Tagpap	
Halm- torvet 17	3	1879	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fibercement (asbest, bølge- og skifer eternit)	

Slagtehusgade 3	3	1879	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fibercement (asbest, bølge- og skifer eternit)	
Slagtehusgade 6	3	1879	Ydervægge: Mursten (tegl, kalksten, cementsten) Tagdækningsmateriale: Fibercement (asbest, bølge- og skifer eternit)	

17.2.3 Byggepladsen ved Kalvebod Brygge

Der er ingen fredede og bevaringsværdige bygninger inden for 100 m fra byggepladsen ved Kalvebod Brygge.

17.3 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

I kapitel 10 er risiko for bygningsskadelige vibrationer beskrevet og vurderet. De eneste anlægsaktiviteter, der kan medføre bygningsskadelige vibrationer er ramning og vibrering af spuns. Ramning og vibrering af spuns påfører den omkringliggende jord en betragtelig vibrationspåvirkning, som udbreder sig til omgivelserne. Spunsning kan, alt afhængig af spunsdimensioner, nedbringningsmetode, jordbundsforhold, afstande til nabokonstruktioner samt konstruktionstyper og -tilstande, være kritisk i forhold til risiko for bygningsskader. Det er vurderet, at vibrationspåvirkninger fra ramning og vibrering medfører en risiko for skader på bygninger ud til afstande på ca. 10-20 m fra anlægsaktiviteten.

Ramning af spuns ved tilslutningsbygværkerne medfører risiko for overskridelse af de vejledende grænseværdier for bygningsskadelige vibrationer ved beboelsesejendommen Vodroffsvej 2, der er en fredet bygning beliggende meget tæt på byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø. Det vurderes nødvendigt, at vibrationspåvirkningen overvåges som beskrevet under overvågning (afsnit 10.6), i perioder, hvor der udføres arbejde, der medfører risiko for bygningsskadelige vibrationer. Ved risiko for bygningsskade implementeres tiltag for at reducere vibrationspåvirkningen for således at minimere eller afværge skader. Der er ikke risiko for overskridelse af grænseværdier for bygningsskadelige vibrationer ved øvrige fredede eller bevaringsværdige bygninger.

I kapitel 16 er den forventede grundvandshåndtering beskrevet og vurderet ved hjælp af modelberegninger af grundvandsforholdene. Modelberegningerne viser, at der kan forventes at skulle håndteres ganske små mængder grundvand, hvorfor behovet for afværge ligeledes er meget begrænset. Der vil ikke forekomme sænkninger af grundspejlet som kan have betydelige påvirkninger for fredede og bevaringsværdige bygninger.

Samlet set vurderes påvirkningen af fredede og bevaringsværdige bygninger i form af risiko for bygningsskader i forbindelse med anlægsarbejder på Byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø som **moderat**. Der er risiko for bygningsskader som følge af vibrationspåvirkning på en enkelt fredet bygning, på Vodroffsvej 2, i en enkelt fase af byggeriet. Risikoen for bygningsskader som

følge af vibrationspåvirkninger ved Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge vurderes om **ubetydelig**.

17.4 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Der vil ikke være aktiviteter i driftsfasen, der kan påvirke kulturarven og emnet behandles ikke yderligere i miljøkonsekvensrapporten.

17.5 Kumulative effekter

Der forventes ikke væsentlige kumulative effekter. Bygningsskadelige vibrationer forekommer ganske tæt på anlægsaktiviteterne. Der er ikke kendskab til andre vibrationsgivende anlægsaktiviteter i umiddelbar nærhed af byggepladserne, og der forventes ikke kumulative effekter, se afsnit 10.4. I afsnit 16.5 er beskrevet, at der ikke forventes kumulative effekter ved grundvandssænkninger, og dermed heller ikke afledte bygningsskadelige effekter.

17.6 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Der vurderes ikke at være betydende mangler ved denne miljøvurdering. Mangler ved vurdering af risiko for bygningsskadelige vibrationer er beskrevet i afsnit 10.5. Mangler ved vurdering af grundvandssænkninger er beskrevet i afsnit 16.6.

17.7 Afværgeforanstaltninger

De mulige afværgeforanstaltninger i forhold til risiko for bygningsskadelige vibrationer er beskrevet i afsnit 10.6. De konkrete afværgeforanstaltninger kan først fastlægges i en senere fase af projektet. Afværgeforanstaltninger i forhold til grundvandssænkning er beskrevet i afsnit 16.7. Den primære afværgeforanstaltning er de afskærende sekantpælevægge, der nedsætter vandindtrængning til et minimum, hvorved risikoen for grundvandssænkning minimeres.

18 Materielle goder

Begrebet materielle goder omfatter 'fysiske goder', men også indvirkningen på andre former for goder. Det kan være bredere betragtninger som samfundsmæssige eller lokalsamfundsmæssige indvirkninger. Det vil sige grundlaget for et områdes sociale struktur og erhvervsliv. Kapitlet omfatter overordnede vurderinger for følgende emner, som påvirkes af skybrudstunnelen, og som har betydning for de materielle goder i området:

- Ejendomme
- Erhvervsliv
- Social struktur

I anlægsfasen kan ejendomme påvirkes af bygningsskadelige vibrationer og grundvandssænkninger. Påvirkningen af ejendomme opsummeres ud fra kapitel 9 Vibrationer og kapitel 16 Grundvand og drikkevand.

Påvirkningen af ejendomme i driftsfasen sker ved oversvømmelseshændelser.

Da formålet med projektet er at undgå oversvømmelseshændelser, der bl.a. medfører vand på terræn og dermed risiko for vand i kældre mv. og deraf følgende skader på folks ejendom, er de positive effekter mht. dette beskrevet i projektbeskrivelsen i kapitel 4 og behandles ikke yderligere under materielle goder.

Erhvervsliv og social struktur påvirkes her af ændringer i infrastruktur og lokale adgangsforhold i området i anlægsfasen. Desuden kan erhvervsliv påvirkes af støj.

Analysen tager udgangspunkt i en overordnet kortlægning og beskrivelse af ejendomme og erhvervsliv ved alle tre byggepladser og social struktur ved byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej. De generelle påvirkninger af erhverv og sociale forhold beskrives og vurderes på baggrund af projektets ændringer i infrastrukturen i området, herunder specielt ændringer i adgangsforhold, samt støj og vibrationer.

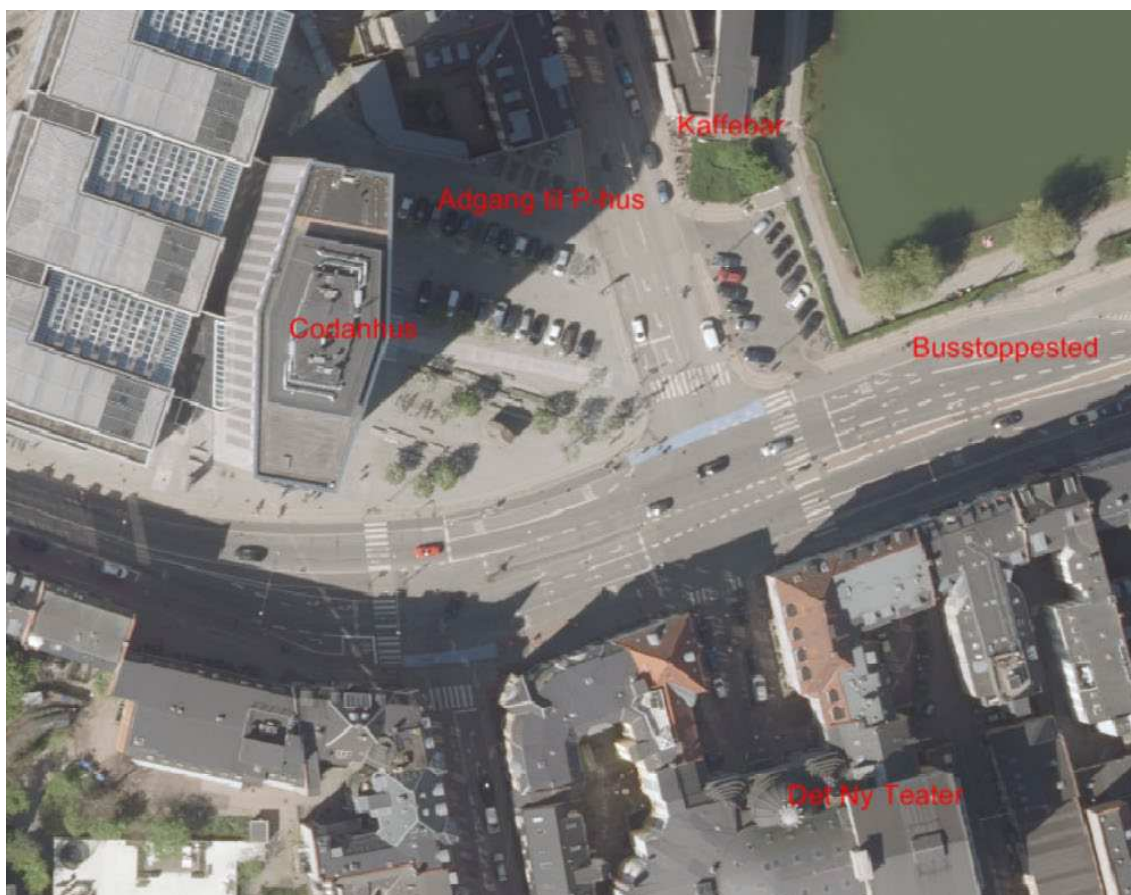
Derudover er de potentielle påvirkninger ved skybrudstunnelens passage af Cityringens to tunnelrør, der ligger lige syd for Sønder Boulevard, og passage af jernbanen, der ligger lige nord for Kalvebod Brygge, vurderet.

18.1 Eksisterende forhold

18.1.1 Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø

Ved Skt. Jørgens Sø består bygningsmassen syd for Gammel Kongevej og langs Vodroffsvej generelt af klassiske københavnerejendomme af teglsten i op til fem etagers højde, og ejendommen Vodroffsvej 2 er fredet. Nord for det offentlige p-areal på Vodroffsvej ligger en kaffebær med udeservering langs bygningsfacaden, se Figur 18.1. Codanhus, beliggende på vestsiden af Vodroffsvej, har vejadgang til p-kælderen under Codanhus fra Vodroffsvej.

På Gl. Kongevej ligger lige øst for krydset med Vodroffsvej et busstoppested, der bl.a. betjener kunder til Det Ny Teater. Gåafstanden fra busstoppestedet til Det Ny Teater er ca. 100 m.



Figur 18.1: Eksisterende forhold ved Skt. Jørgens Sø

18.1.2 Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej

Ved Halmtorvet består bygningsmassen nord for Halmtorvet generelt af klassiske københavner ejendomme af teglsten i op til fem etagers højde. Mod øst findes Den Brune Kødbý, bestående af et antal murstensbygninger, og mod syd findes Den Hvide Kødbý. Ejendommen Skomagersvendebroderskabets Stiftelse på Gasværksvej 25-27, samt flere bygninger i både Den Brune Kødbý og Den Hvide Kødbý er fredede.

På det vestlige hjørne af Gasværksvej og Halmtorvet ligger Cafe De Fire Årstider og Freddys Bar, se Figur 18.2. Freddys Bar har udeservering langs bygningsfacade på Gasværksvej og Cafe De Fire Årstider har udeservering langs bygningsfacade på Gasværksvej og Halmtorvet. I en del af bygningen på det østlige hjørne er der kontorer. Der er adgang til bygningen fra Gasværksvej og Halmtorvet.

Specielt omkring Halmtorvet er der et liv med mange socialt udsatte, herunder brugere af stofindtagelsesrummet H17 på Halmtorvet 17.

Ved Halmtorvet/Gasværksvej er der en basketballbane ligesom området også bruges til petanque-spil.

Syd for Sønder Boulevard ligger to parallelle tunneler til den nye Metro Cityring ca. 17 m under terræn.

Maskincentralen i den hvide Kødbý driver et centralt køleanlæg der forsyner virksomhederne med centralkøling. Køleanlægget omfatter et rørsystem med ammoniak i kældrene under Kødbýen.

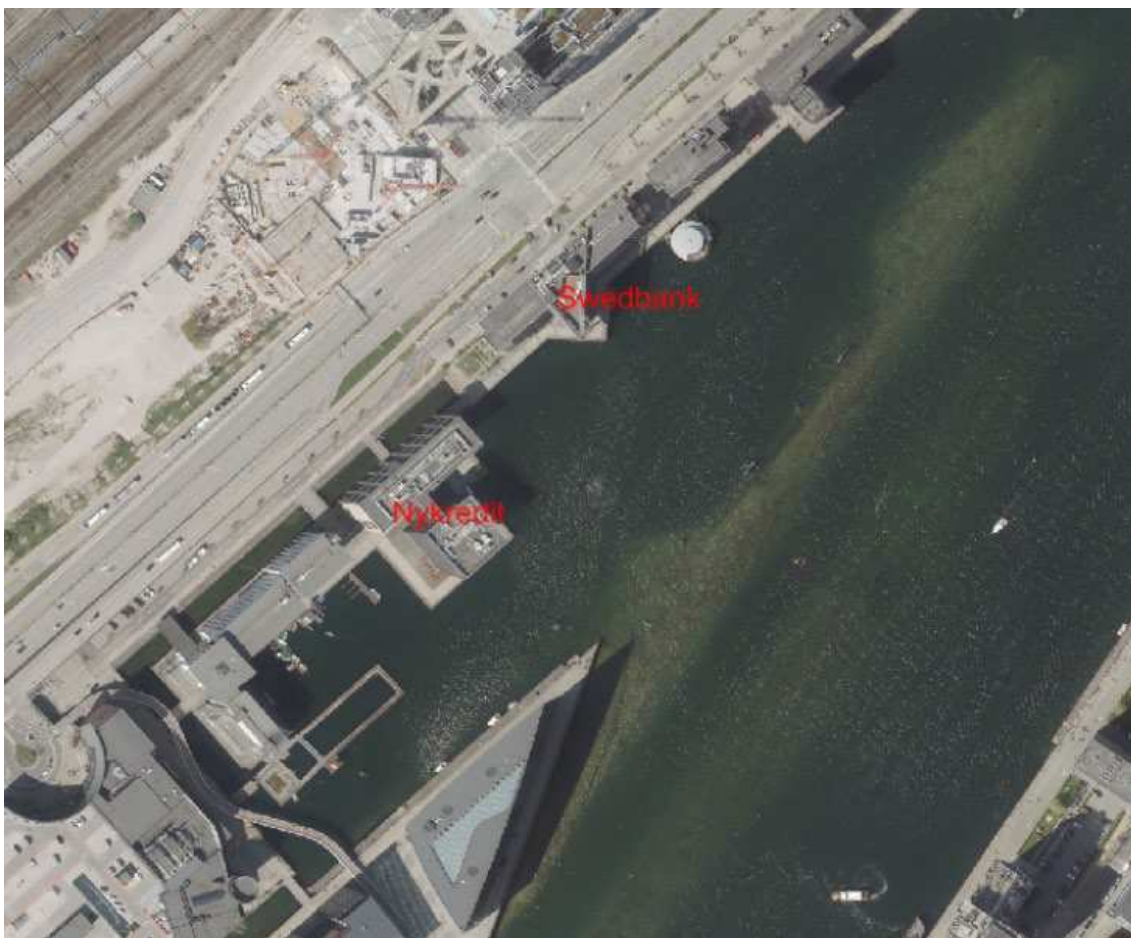


Figur 18.2: Eksisterende forhold ved Halmtorvet/Gasværksvej

18.1.3 Byggeplads ved Kalvebod Brygge

Ved Kalvebod Brygge består bygningsmassen af moderne kontorbyggerier og nyere hoteller. På Kalvebod Brygge nr. 45 har en række virksomheder domicil herunder Castellum og Swedbank og i nr. 47 har Nykredit domicil, se Figur 18.3. Virksomhederne har hovedadgang fra Kalvebod Brygge, men Nykredit har tillige en adgang fra Havneringen, som er en gang- og cykelrute langs Københavns Havn.

Nord for Kalvebod Brygge ligger et baneterræn med togspor i terræn.



Figur 18.3: Eksisterende forhold ved Kalvebod Brygge

18.2 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

Byggepladserne kan i en begrænset periode medføre begrænsninger i adgangsforhold for nogle erhvervsdrivende, medføre støj- og vibrationsgener samt påvirke den sociale struktur i nærområdet. Ved valg af anlægsmetode for tunnelen og placering af byggepladserne er der taget mest muligt hensyn til at imødekomme disse udfordringer, således at gener for de erhvervsdrivende og den sociale struktur i projektområdet nedbringes.

18.2.1 Byggeplads ved Skt. Jørgens Sø

Ved de særligt støjende arbejder, her spunsning for tilslutningsbygværk og boring af sekantpæle for skakt, vil der jf. kapitel 9 være høje støjniveauer, der vil medføre støjgener ved de nærmeste erhvervsdrivende i dagtimerne.

Etablering af spuns er den anlægsaktivitet, som erfaringsmæssigt kan give anledning til de største vibrationspåvirkninger. Beregninger i kapitel 10 viser, at der er risiko for overskridelse af den vejledende grænseværdi for bygningsskadelige vibrationer ved den sydligste del af den fredede bygning beliggende Vodroffsvej 2.

Visse typer virksomheder og institutioner kan have aktiver eller aktiviteter, som er særligt vibrationsfølsomme, og hvor en kraftig vibrationspåvirkning potentielt kan beskadige kulturarv

eller begrænse en virksomheds drift. Codan og Det Ny Teater er identificeret som potentielt vibrationsfølsomme virksomheder. Forholdene omkring disse og eventuelt afværgende tiltag bør undersøges på et mere detaljeret grundlag inden anlægsarbejderne igangsættes.

Adgangsforholdene for kaffebaren på Vodroffsvej ændres ikke og udeserveringen vil kunne fortsætte i anlægsperioden, der har en varighed af ca. 2 år og 7 måneder. Dog vil der i perioder være støj fra byggepladsen, der kan gøre udeservering mindre attraktiv og eventuelt helt forhindre den, se kapitel 9.

Adgangsforholdene til p-kælderen under Codan på vestsiden af Vodroffsvej tilpasses i anlægsfasen, således at adgangen kan opretholdes i hele anlægsperioden, selvom Vodroffsvej ensrettes fra nord i fase 1 af anlægsarbejderne ved Skt. Jørgens Sø. Ind- og udkørende trafik til p-kælderen fra Vodroffsvej kan afvikles i begge retninger (fra syd og nord). Der inddrages midlertidigt 20 p-pladser ved Skt. Jørgens Sø.

Busstoppestedet på Gl. Kongevej flyttes mod øst, hvilket vil forlænge gåafstanden til Det Ny Teater med 20-30 m, hvilket vurderes at være en ubetydelig ændring i forhold til kundernes mulighed for at benytte bussen.

18.2.2 Byggeplads ved Halmtorvet/Gasværksvej

Ved de særligt støjende arbejder, her spunsning for tilslutningsbygværk og boring af sekantpæle for skakt, vil der jf. kapitel 9 være høje støjniveauer, der vil medføre støjgener ved de nærmeste erhvervsdrivende i dagtimerne. Generne kan reduceres ved forud for og gennem hele anlægsarbejdet at gennemføre en dialogproces med de berørte virksomheder.

Etablering af spuns er den anlægsaktivitet, som erfaringsmæssigt kan give anledning til de største vibrationspåvirkninger. Beregninger i kapitel 10 viser, at der er risiko for overskridelse af den vejledende grænseværdi for bygningssskadelige vibrationer ved ejendommene Halmtorvet 30/Gasværksvej 35 og Halmtorvet 34/Gasværksvej 28.

Visse typer virksomheder og institutioner kan have aktiver eller aktiviteter som er særligt vibrationsfølsomme, og hvor en kraftig vibrationspåvirkning potentielt kan beskadige kulturarv eller begrænse en virksomheds drift. Kødbyens Maskincentral er identificeret som potentielt vibrationsfølsom virksomhed. Forholdene omkring disse og eventuelt afværgende tiltag bør undersøges på et mere detaljeret grundlag inden anlægsarbejderne igangsættes.

I hele anlægsperioden vil fodgængere og cyklister fortsat kunne passere forbi Cafe De Fire Årstider og Fredrys Bar på hjørnet af Gasværksvej og Halmtorvet. I fase 1 med en varighed på 9 måneder vil udeservering fortsat være mulig for Cafe De Fire Årstider og Fredrys Bar. Dog vil der i perioder være støj fra byggepladsen, der kan gøre udeservering mindre attraktiv og eventuelt helt forhindre den, se kapitel 9 Støj. I fase 2 der har en varighed af 2 år og 2 måneder indsnævres fortovet, således at udeservering ikke vil være mulig hverken langs facaden på Gasværksvej eller på Halmtorvet.

Adgangsforholdene til stofindtagelsesrummet H17 på Halmtorvet 17 og Kødbyen opretholdes, da der ikke er hindret adgang på den sydlige del af Halmtorvet jf. kapitel 7 Trafik. Der nedlægges midlertidigt 4-5 p-pladser på Halmtorvet.

Omkring byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej bliver passagerne for fodgængere og cyklister forholdsvis smalle og "lukkede" mellem bygningsfacader og byggepladshegn, hvilket kan skabe utryghed i forhold til det sociale liv omkring Halmtorvet. For at minimere påvirkningen opsættes tryghedsskabende belysning på byggepladshegnet for disse passager. Udendørsfaciliteter for særligt udsatte beboere i området håndteres senere i processen i dialog med Københavns Kommune, Vesterbro lokaludvalg og øvrige interessenter.

18.2.3 Byggeplads ved Kalvebod Brygge

Ved de særligt støjende arbejder, her boring af sekantpæle for skakt og spunsning og etablering af jordankre for midlertidig inddæmning i havnen, vil der jf. kapitel 9 være høje støjni-veauer, der vil medføre støjgener ved de nærmeste erhvervsdrivende i dagtimerne.

Etablering af spuns er den anlægsaktivitet, som erfaringsmæssigt kan give anledning til de største vibrationspåvirkninger. Beregninger i kapitel 10 viser, at der er risiko for overskridelse af den vejledende grænseværdi for bygningskadelige vibrationer ved ejendommene Kalvebod Brygge 45, 47 og 49.

Visse typer virksomheder og institutioner kan have aktiver eller aktiviteter som er særligt vibrationsfølsomme, og hvor en kraftig vibrationspåvirkning potentielt kan beskadige kulturarv eller begrænse en virksomheds drift. Lejere i kontorejendommene Kalvebod Brygge 45 og 47 er identificeret som potentielt vibrationsfølsomme virksomheder. Forholdene omkring disse og eventuelt afværgende tiltag bør undersøges på et mere detaljeret grundlag inden anlægsarbej-derne igangsættes.

Hovedadgangene til Kalvebod Brygge nr. 45 (Castellum, Swedbank m. fl.) og nr. 47 (Nykredit) opretholdes i anlægsperioden, men adgangen til Nykredit fra Havneringen afbrydes i anlægsperioden med en varighed af 3 år og 7 måneder. Der nedlægges midlertidigt 12-13 p-pladser langs byggepladsen og bygningsfacaden i nr. 45.

18.2.4 Metro Cityring og baneterrænet

Skybrudstunnellen passerer over de parallelle tunneler til den nye Metro Cityring i en afstand af mindst 1 m, hvilket er den mindst tilladte respektafstand defineret af Metroselskabet. Skybrudstunnellen passerer dybt under jernbaneterrænet. I den videre projektering gennemføres en CSM-proces (en fælles sikkerhedsmetode til risikoevaluering og vurdering som indgår i en risikostyringsproces ved Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen) for godkendelse af krydsningerne, og det aftales med hhv. Metroselskabet og Banedanmark, hvilken overvågning, der skal gennemføres under borearbejdet for at sikre mod påvirkning af Metrotunnellerne og jernbanen.

18.2.5 Ammoniakkøleanlæg i Kødbyen

Skybrudstunnellen passerer under kødbyen i 15-20 m's dybde under terræn og dermed i stor afstand til køleanlæggets rørsystem. Der er anlægsteknisk taget højde for at minimere risikoen for sætninger ved tunnelering pga. den valgte tunneleringsmetode, og der er dermed ikke risiko for bygningskadelige sætninger som følge af selve tunneleringen. Erfaringer fra tilsvarende tunneleringsarbejder viser, at der ikke vil opstå bygningskadelige vibrationer som følge af tunneleringen. I forbindelse med anlægsarbejder på byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej er der risiko for overskridelse af de vejledende grænseværdier for bygningskadelige vibrationer ved Halmtorvet 17 og 19 i den Hvide Kødby. Der iværksættes overvågning af vibrationspåvirkning af bygningerne, som beskrevet under afværgeforanstaltninger for vibrationspåvirkninger (afsnit 10.6), ved arbejde, der medfører risiko for bygningskadelige vibrationer. Ved risiko for bygningskade implementeres tiltag, som fx etablering af københavnergæ eller forboring inden nedbringning af spuns, for at reducere vibrationspåvirkningen. Det vurderes på baggrund af dette, at der ikke er risiko for skader på anlægget, som kan medføre udslip af ammoniak til omgivelserne.

18.2.6 Konklusion

Støjen fra spunsning er begrænset ved anvendelse af 'silent piling', støjsvag spunsning ved midlertidig inddæmning i havnen ved Kalvebod Brygge. Støjgenerne ved alle tre byggepladser kan reduceres ved god information til virksomhederne om tidspunkter og varighed af støjen. På den baggrund vurderes støjgenerne at medføre en **mindre** påvirkning af de materielle go-der.

Jf. kapitel 10 vibrationer vurderes det nødvendigt, at vibrationspåvirkningen på enkelte bygninger ved hver af de tre byggepladser overvåges under arbejdsprocesser, der medfører risiko for bygningsskadelige vibrationer, for dermed at minimere eller afværge skader. På den baggrund vurderes risikoen for bygningsskadelige vibrationer på et begrænset antal ejendomme ved enkelte korterevarende arbejdsprocesser samlet for projektet at medføre en **mindre** påvirkning af de materielle goder.

Det kan i perioder være rift om p-pladserne i området, men ud fra antallet af p-pladser i området vurderes den midlertidige nedlæggelse af et mindre antal p-pladser ved hver af de tre byggepladser at have en **mindre** påvirkning på de materielle goder.

Påvirkningen af udeservering kan være væsentlig for den enkelte virksomhed, men overordnet set vurderes det med valget af anlægsmetode for tunnelen, placering af byggepladserne i forhold til adgangsforhold og hele processen omkring krydsningen af Metro-tunnellerne og jernbanen, at projektet vil have en **mindre** påvirkning af de materielle goder i projektområdet.

Samlet set vurderes påvirkningen af de materielle goder som følge af anlæg af skybrudstunnelen som **mindre**.

18.3 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Ud over en **positiv** påvirkning af ejendomme ved oversvømmelseshændelser, som beskrevet i projektbeskrivelsen i kapitel 4, vurderes, at der **ingen** påvirkninger er af materielle goder i området som følge af driften af skybrudstunnelen.

18.4 Kumulative effekter

Der er ikke kendskab til øvrige anlægsprojekter, da kan medføre kumulative effekter på de nævnte forhold.

18.5 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Det vurderes, at undersøgelserne vedrørende materielle goder er dækkende på det nuværende stadie af projektet med de data, der er tilgængelige.

18.6 Afværgeforanstaltninger

Ved valg af anlægsmetode for tunnelen og placering af byggepladserne er der taget mest muligt hensyn til at opretholde adgangsforholdene for de erhvervsdrivende i projektområdet.

Forud for og gennem hele anlægsarbejdet gennemføres en dialogproces med de grupper, som forventes at blive berørt herunder bl.a. virksomheder, foreninger, institutioner, Vesterbro Lokalkråd og borgere. Formålet med dialogprocessen er at sikre at anlægsarbejdet og øvrige ændringer i området tilrettelægges mest hensigtsmæssigt i forhold til interessenterne. Der bliver eksempelvis gennemført en informationskampagne inden anlægsstart og løbende, når byggeriet går ind i nye faser, der fx kræver trafikomlægninger

Der etableres overvågning/måling af bygningsskadelige vibrationspåvirkninger på de nærmeste omkringliggende ejendomme med automatisk notifikation af bl.a. entreprenør, rådgiver og bygherre i tilfælde af vibrationspåvirkninger i nærheden af de vejledende grænseværdier jf. kapitel 10.

Forholdene omkring de potentielt vibrationsfølsomme virksomheder bør undersøges på et mere detaljeret grundlag og eventuelle afhjælpende afværgeforanstaltninger fastlægges inden anlægsarbejderne igangsættes.

I den videre projektering gennemføres en CSM proces (risikostyringsproces ved Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen) for godkendelse af krydsningen af Metro-tunnellerne og banekrydsningen. Under borearbejdet etableres overvågning af tunnellerne og banen for at sikre mod påvirkning.

Der opsættes tryghedsskabende lys på byggepladshegnet ved "lukkede" passager omkring byggepladsen ved Halmtorvet/Gasværksvej for at skabe tryghed for de passerende.

Der anvendes silent piling, støjsvag spunsning ved etablering af den midlertidige arbejdsplads i havnen ved Kalvebod Brygge.

19 Jord

Ved etablering af skybrudstunnellen ved Kalvebod vil der blive opgravet og udboret materiale (jord og kalk) fra både skakte og tunnelstrækning. Ved skaktene vil der blive udgravet materiale fra terræn og ned til dybden af de enkelte skakte, mellem 10 og 20 m under terræn. Ved etablering af tunnellen vil der blive udboret materiale i tunneldybden (beliggende i kalken med varierende dybde mellem ca. 12 og 20 m under terræn). Derudover etableres midlertidig byggeplads ude i havnen, hvor der tilføres og senere fjernes sand/materialer. I forbindelse hermed skal der ikke håndteres havnesediment.

Området for den kommende skybrudstunnel har igennem en lang årrække været anvendt til industrielle formål. I området med den tætte boligbebyggelse på den nordlige del af kommende tunnelstrækning har der tidligere ligget en lang række mindre virksomheder, som findes i baghuse, kældre og butikslokaler. Disse typer af virksomheder har typisk givet anledning til forurening med oliestoffer, tungmetaller, PAH og klorerede opløsningsmidler. Derudover lå Vestre Gasværk i perioden 1957-1927 i det område, som i dag betegnes "Kødbyen", og havde en tilhørende havn til losning af kul. Gasværker har typisk givet anledning til forurening med lette kulbrinter såsom benzen, toluen, ethylbenzen, xylener og naphtalen (BTEXN), samt tjærestoffer, phenoler, cyanid og oliestoffer. Typen af de tidligere aktiviteter i området langs tunneltracéet har således erfaringsmæssigt ofte medført forurening af jorden og grundvandet, og gennemførte forureningsundersøgelser har også vist forurening.

I dette afsnit beskrives jordens og grundvandets forureningsgrad, og projektets miljøpåvirkning i forhold til håndtering af overskudsjord samt risiko for ny jordforurening ved anlægsarbejderne og efterfølgende drift af skybrudstunnellen vurderes.

Miljøpåvirkning i forhold til afdampning fra forurenede overskudsjord beskrives i kapitel 11 Risiko for spredning af forurenede havnesediment beskrives i kapitel 15 Overfladevand og vandkvalitet. Vurdering af projektets miljøpåvirkning i forhold til det forurenede grundvand beskrives i kapitel 16.

19.1 Metode

19.1.1 Overskudsjord ved anlægsarbejderne

Omfanget af overskudsjord er beregnet ud fra forventede dimensioner for henholdsvis skakte og tunnelstrækninger, og de estimerede jordmængder er opgjort i [81].

19.1.2 Forurenede jord

Der er fra Danmarks Miljøportal hentet kort med arealer, som i henhold til jordforureningsloven [82] er kortlagt på vidensniveau 1 (V1) (mistanke om forurening) og vidensniveau 2 (V2) (kendskab til forurening). De forureningskortlagte arealer fremgår af Figur 19.1 og er kort beskrevet i Tabel 19.1. HOFOR og Frederiksberg Forsyning har indhentet oplysninger om de kortlagte arealer fra Region Hovedstaden samt Frederiksberg og Københavns Kommunes arkiver.

Ud over de forureningskortlagte arealer kan der forekomme forureninger, som på grund af igangværende undersøgelser eller oprensninger endnu ikke er blevet kortlagt (registreret), og der kan ligeledes forekomme forureninger, som miljømyndighederne (Region Hovedstaden samt Københavns og Frederiksberg Kommuner) endnu ikke har kendskab til.

Fra Danmarks Miljøportal [83] er der desuden studeret gamle kort (høje målebordsblade) med henblik på at identificere potentielle forureninger som følge af fx gastanke fra det tidligere Vestre Gasværk (området, hvor Kødbyen ligger i dag) og tidligere kystlinjer, hvor der har været havn til bl.a. losning af kul til gasværket.

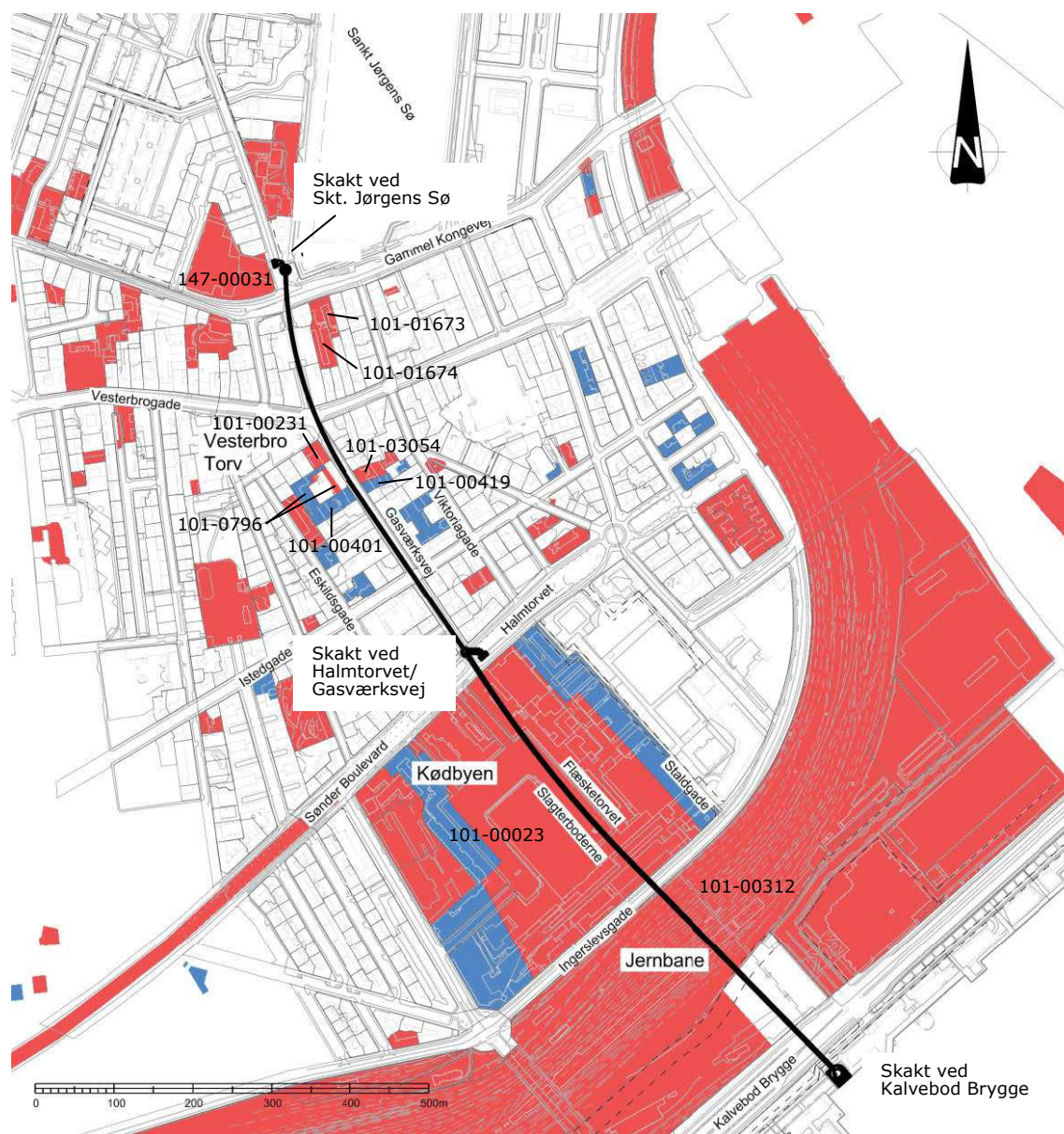
Derudover har HOFOR rekvireret oplysninger fra Metroselskabet om miljøundersøgelser, som er gennemført i området ved Sønder Boulevard/Halmtorvet/Kødbyen, hvor en del af den nye Metro Cityring ligger.

Endelig har HOFOR i forbindelse med nærværende projekt udført 26 boringer langs det kommende tunneltracé og ved de kommende skaktplaceringer med det formål at afklare geotekniske- og forureningsmæssige forhold [84], [85]. Derudover afventer 2 boringer, som skal placeres på banearialet. Boringerne er generelt placeret med en indbyrdes afstand på mindre end 100 m, og der er bl.a. udtaget jord- og grundvandsprøver i dybder svarende til kommende tunneltracé. Det er særligt HOFORs egne forureningsundersøgelser, der i det følgende vil danne grundlaget for vurderingen af miljøpåvirkningen i forhold til håndtering af overskudsjord og grundvand.

19.2 Eksisterende forhold

Skybrudstunnellen kommer til at gå gennem og passere flere områder, der er forureningskortlagte i henhold til jordforureningsloven [82]. De kortlagte områder fremgår af Figur 19.1 og vedrører både V1- og V2-kortlagte grunde (henholdsvis mistanke om og konkret kendskab til forurening). Derudover er hele området områdeklassificeret, hvor jorden betragtes som lettere forurenede som følge af påvirkning fra trafik, industri mv.

De tre skakte til tunnelen ved henholdsvis Skt. Jørgens Sø, Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge ligger uden for forureningskortlagte arealer, mens tunnelstrækningerne kommer til at forløbe under forureningskortlagte arealer ved Kødbyen og jernbanen syd for Kødbyen.



Figur 19.1: Forureningskortlagte arealer (pr. 11/2-2019)

Blå: Kortlagt på vidensniveau 1 (V1). Rød: kortlagt på vidensniveau 2 (V2)

De kortlagte lokaliteter nær projektområdet (maks. 30 m) er sammenfattet i Tabel19.1

Tabel19.1: Kortlagte arealer nær projektområdet. UV = Udenbys Vester Kvarter, København

Lokalitsnr.	matr.nr.	Kort-læg-ning	Afstand fra kortlagt areal til linjeføring eller byggepladser	Forening/potentiel forurening
147-00031	24a Frederiksberg	V2	20 m	Bl.a. tidligere servicestation. Spild af olie ifm. byggeplads. Truffet olie (kulbrinter) i jord og grundvand, samt PAH i jorden, og spor af klorerede opløsningsmidler i grundvandet.
101-01674	18b UV	V2	30 m	Tidl. småindustri med garveri, snedkerværksted, sprøjtelakering. Truffet oliestoffer og bly i jorden. Ikke udtaget vandprøver.
101-01673	1384 UV	V2	30 m	Tidl. småindustri med bl.a. smedeværksted, trykkeri, blystøberi og kemisk fabrik. Truffet tunge oliestoffer og tjærestoffer (PAH) i jorden. Spor af klorerede opløsningsmidler i grundvand.
101-00231	67c UV	V2	< 10 m	Tidl. småindustri med bl.a. metalforarbejdning, forsølvning og zinksliberi. Truffet olie og tjærestoffer i jorden samt oliestoffer i grundvandet.
101-00796	67d UV	V1 og V2	20 m	Tidl. vognmandsvirksomhed med værksted, autolakering, vaskehal, tanke mv. Truffet kraftig forurening med benzin i grundvandet.
101-00401	67e UV	V1	<10 m	Tidl. autoværksted, trykkeri og maskinværksted. Truffet bly og tjærestoffer i jorden. Der foreligger ingen oplysninger om vandprøver.
101-03054	153 UV	V2	<10 m	Tidl. maskinværksted, bogtrykkeri, cykelværksted og nedgravede tanke. Truffet oliestoffer i jord og grundvand.
101-00419	70a UV	V1	< 10 m	Tidl. smede- og maskinværksted. Truffet olie i jorden. Der foreligger ingen oplysninger om vandprøver.
101-00023	374 UV	V2	0 m	Tidl. gasværk, kemisk virksomhed og fødevarevirksomheder (Kødbyen). Truffet kraftig forurening med kulbrinter (inkl. benzen, toluen, xylener, naphtalen), klorerede opløsningsmidler, phenoler og cyanider i jord og grundvand.
101-00312	1695a UV	V2	0 m	Jernbane og togdrift (inkl. godsbane). Forventet forurening med særligt olie, tjærestoffer og evt. kemikalier fra spild.

I det følgende beskrives de eksisterende forureningsforhold områdevis for de forskellige områder/strækninger, som berøres af kommende skybrudstunnel, fra Skt. Jørgens Sø til udløbet i havnen ved Kalvebod Brygge. For placering af områderne og de kortlagte arealer henvises til Figur 19.1.

19.2.1 Skakt ved Skt. Jørgens Sø

Ved etablering af kommende skakt ved Skt. Jørgens Sø skal der opgraves jord til selve skakten. Derudover skal skakten fungere som startskakt for tunnelering, hvilket medfører, at der her skal bortskaffes tunnelmuck, som udbores mellem skakten ved Skt. Jørgens Sø og skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej.

Området ved Skt. Jørgens Sø er ikke forureningskortlagt, men vest og syd herfor findes henholdsvis én og to grunde, som er V2-kortlagt på grund af påvist forurening med særligt kulbrinter (oliestoffer) (med lokalitetsnumrene 147-00031 og 101-01673/101-01674).

Jord: I nye borer fra 2018 (HOFOR) ved skaktområdet blev der ikke påvist forurening med kulbrinter i jordprøverne udtaget i de øverste 5-6 m. Terrænnært blev der dog truffet forurening med bly, og der blev påvist nikkel i de dybe prøver.

Forud for udgravning til skakten vil der blive udført en vurdering og nødvendig forklassificering af den jord, der skal opgraves inden for den kommende skakt, for at sikre miljømæssig forsvarlig bortskaffelse af jorden.

Grundvand: I grundvandsprøverne blev der påvist moderat forurening med kulbrinter.

19.2.2 Tunnel mellem Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej

Tunnelen mellem skaktene ved Skt. Jørgens Sø og Halmtorvet/Gasværksvej kommer til at være ca. 13-16 m under terræn (m.u.t.), og den bores fra Skt. Jørgens Sø mod Halmtorvet/Gasværksvej, således at udboret tunnelmuck skal op ved skakten ved Skt. Jørgens Sø.

På strækningen mellem de to skakte findes flere forureningskortlagte arealer (både V1- og V2-kortlagte arealer). På den V2-kortlagte grund (med lokalitetsnr. 101-03054) beliggende mellem Vesterbros Torv og Istedgade har tidligere miljøundersøgelser vist forurening med kulbrinter i de øvre jordlag og grundvand.

Jord: Jordprøver udtaget i dybden for kommende tunnel viste ikke indhold af kulbrinter, men stort set samtlige analyserede jordprøver viste indhold af tungmetallet cadmium over Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier. Det forhøjede cadmiumindhold vurderes dog at skyldes naturligt indhold af cadmium i kalken, da dette er gennemgående for prøverne over hele tunnelstrækningen.

Forud for tunneleringen vil der blive udført en vurdering af den jord, der skal udbores på den pågældende strækning, for at sikre miljømæssig forsvarlig bortskaffelse af jorden.

Grundvand: Grundvandsprøver udtaget i dybden for den kommende tunnel viste flere steder moderate indhold af kulbrinter, og omtrent midt mellem Vesterbros Torv og Istedgade blev der påtruffet kraftig forurening med kulbrinter. Det er sandsynligt, at den kraftige forurening kan henføres til den V2-kortlagte grund samme sted (101-03054).

19.2.3 Skakt ved Halmtorvet/Gasværksvej

Ved etablering af kommende skakt ved Halmtorvet/Gasværksvej skal der opgraves jord til selve skakten. Da tunnelen bores fra skakten ved Kalvebod Brygge mod skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej, skal der ikke håndteres tunnelmuck ved sidstnævnte.

Området ved skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej er ikke forureningskortlagt, men syd herfor findes Købbyen, som er V2-kortlagt (med lokalitetsnr. 101-00023) på grund af påvist forurening med særligt kulbrinter (oliestoffer) og benzen.

Jord: De terrænnære jordprøver fra HOFORs undersøgelser i 2018 viste moderat forurening med tungmetallet bly og tunge kulbrinter. Analyselaboratoriet vurderer, at kulbrinterne kan

stamme fra fx asfalt, tagpap, fuel- eller smøreolie og lign. De dybereliggende jordprøver viste ikke forurening ud over forhøjet indhold af cadmium, som forventes at kunne tilskrives naturligt indhold i kalken.

Forud for udgravning til skakten vil der blive udført en vurdering og nødvendig forklassificering af den jord, der skal opgraves inden for den kommende skakt, for at sikre miljømæssig forsvarlig bortskaffelse af jorden

Grundvand: Grundvandsprøver nær den kommende skakt har vist både moderat og kraftig forurening med kulbrinter i prøver udtaget i kalken (ned til ca. 21 m u.t.), som må formodes at hidrøre fra Vestre Gasværk.

19.2.4 Tunnel mellem Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge

Tunnelen mellem skaktene ved Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge kommer til at forløbe ca. 15-20 m under terræn (m.u.t.), og der bores fra Kalvebod Brygge mod Halmtorvet/Gasværksvej, således at udboret tunnelmuck skal op ved skakten ved Kalvebod.

På strækningen mellem de to skakte findes to store V2-kortlagte arealer, henholdsvis Kødbyen, hvor der tidligere har ligget et stort gasværk (Vestre Gasværk) (lokalitetsnr. 101-00023), og et areal kortlagt pga. jernbanedrift (lokalitetsnr. 101-00312).

Jord: I en af borerne langs tunnelstrækningen i Kødbyen viste jordprøver udtaget 9,5-13,5 m u.t. forurening med stoffet benzen, og mere terrænnært blev der påvist forurening med tjærestoffer (PAH) og naphtalen. Dette indikerer, at der forekommer en kilde til forurening nær den pågældende boring, og forureningen stammer sandsynligvis fra to nærliggende tidligere gasbeholdere.

Jordprøver udtaget i dybden for kommende tunnel viste ikke indhold af benzen, naphtalen, kulbrinter eller tjærestoffer, men stort set samtlige analyserede jordprøver viste indhold af tungmetallet cadmium over Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier. Det forhøjede cadmiumindhold vurderes at skyldes naturligt indhold af cadmium i kalken.

Forud for tunneleringen vil der blive udført en vurdering af den jord, der skal udbores på den pågældende strækning, for at sikre miljømæssig forsvarlig bortskaffelse af jorden.

Grundvand: Indholdet af forurenende stoffer i grundvandet varierer betydeligt langs tunnelstrækningen mellem skaktene ved Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge. I tre områder - henholdsvis umiddelbart syd for skakten på Halmtorvet/Gasværksvej, på den sydlige del af Kødbyen og umiddelbart syd for banen - er der påvist kraftig forurening med særligt kulbrinter. Boringer herimellem viser moderat eller ingen forurening, hvilket indikerer, at der er tale om tre selvstændige forureninger. Det midterste af de tre forurenede områder er ligeledes kraftig forurenede med benzen og naphtalen. De kraftige forureninger er også påtruffet i dybder svarende til dybden af kommende tunneltracé.

19.2.5 Skakt ved Kalvebod Brygge

Ved etablering af den kommende skakt ved Kalvebod Brygge skal der opgraves jord til selve skakten. Derudover skal skakten fungere som modtageskakt for tunnelmuck, som udbores mellem skaktene Halmtorvet/Gasværksvej og Kalvebod Brygge.

Området ved skakten ved Kalvebod Brygge er ikke forureningskortlagt. Området var tidligere en del af Kalveboderne (dvs. en del af havnens vandområde) og blev for mere end 100 år siden opfyldt. I mange år var området ved Kalvebod Brygge havn for Vestre Gasværk, hvortil der blev fragtet store mængder kul og formentlig også udskibet affald fra gasværket. I forbindelse med byggerier på Kalvebod Brygge omkring år 2000 skete der yderligere opfyldning til nuværende kajkant.

Jord: I borerne på land ses lettere forurening med kulbrinter i fyldmaterialet ca. 4 m.u.t. (forventeligt tilført ved opfyldningen omkring 2000). Ca. 8 m.u.t. blev der konstateret olielugt, og jordprøver viste ligeledes lettere forurening med kulbrinter og tungmetaller.

Forud for udgravning til skakten vil der blive udført en vurdering og nødvendig forklassificering af den jord, der skal opgraves inden for den kommende skakt, for at sikre miljømæssig for-svarlig bortskaffelse af jorden

Sedimentet i havnen forventes generelt at være kraftig forurennet på grund af tidligere industri-virksomheder (særligt med kviksølv fra Soyakagefabrikken på Islands Brygge). Sedimentprø-ver udtaget i 2018, hvor kommende byggeplads skal etableres ud i havnen, viste, at de øver-ste m af havbunden er kraftig forurennet med kulbrinter og forurennet med PAH'er og tungmetal-ler (inkl. kviksølv, bly m. fl.).

Det forventes ikke, at der skal håndteres sediment ved etablering af skakt og byggeplads.

Grundvand: Der blev ikke konstateret forurening i grundvandet ved Kalvebod Brygge.

19.2.6 Sammenfatning

I Tabel 19.2 er sammenfattet kendskabet til forurening på strækningen fra skakten ved Skt. Jørgens Sø til skakten ved Kalvebod Brygge.

Tabel 19.2: Sammenfatning af kendskab til forurening i projektområdet

Sted	Medie	Forure-nings-stof-fer	Forurenings-niveauer (max)	Dybde/ placering af foru-rening	Bemærkninger
Skakt ved Skt. Jørgens Sø	Jord	Tungmetal-ler (bly og nikkel)	+	Terrænnært (bly) og 5-6 m (nikkel)	
	Grund-vand	Kulbrinter	++	Tunnelniveau + over/under tun-nelniveau (alle vandprøver udta-get i kalken)	
Tunnel mellem Skt. Jør-gens Sø og Halm-tor-vet/Gas-værksvej	Jord	(Cadmium)	(+)	I dybere jordlag	Forhøjet cadmiumind-hold - formentlig fra naturligt indhold i kal-ken.
	Grund-vand	Kulbrinter	+++	Tunnelniveau + over/under tun-nelniveau (alle vandprøver udta-get i kalken)	Forureningsniveau va-rierer meget langs tunnelstrækningen. Kraftig forurening vur-deres at være relativ afgrænset til under og nær kortlagte arealer på Gasværksvej.
Skakt ved Halm-tor-vet/Gas-værksvej	Jord	Kulbrinter Bly (Cadmium)	+	Terrænnært. Cadmium dog i dybere jordlag	Forhøjet cadmiumind-hold - formentlig fra naturligt indhold i kal-ken.
	Grund-vand	Kulbrinter	+++	Tunnelniveau + over/under tun-nelniveau (alle vandprøver udta-get i kalken)	Forureningsniveau va-rierer meget fra bo-ring til boring.
Tunnel mellem Halm-tor-	Jord	Benzen Naphtalen PAH	++	Naphthalen og PAH i øvre jordlag. Benzen dybere,	Kilde synes at være omkring KAL39 (sydlig del af Købbyen) som er placeret nær store

vet/Gas-værksvej og Kalvebod Brygge				men umiddelbart over tunnelniveau.	tidligere gastanke. Øvrige jordprøver fra strækningen var rene i tunnelniveau.
	Grundvand	Kulbrinter Benzen Naphtalen Ethylbenzen Xylen	+++	Tunnelniveau + over/under tunnelniveau.	Forureningsniveau varierer meget langs tunnelstrækningen.
Skakt ved Kalvebod Brygge	Jord	Kulbrinter Tungmetaller	+	Umiddelbart uforurenet de øverste 3 m. Herunder lav forurening med kulbrinter og tungmetaller i varierende dybder.	
	Grundvand		-		
Midlertidig opfyldning	Sediment	Kulbrinter Tungmetaller PAH	++	I sedimentet i havnen (øverste ca. 1 m).	

-: ingen forurening, +: lav forurening, ++: medium forurening, +++: kraftig forurening
"ingen forurening" = under Miljøstyrelsens jord- og grundvandskvalitetskriterier, "lav" = 1-10 gange kvalitetskriterierne, "medium" = 10-100 gange kriterierne, "kraftig" = mere end 100 gange kriterierne

Jord: Generelt kan det konkluderes, at der inden for den planlagte tunnelstrækning er påvist lav eller ingen forurening i jordprøver udtaget i dybden for kommende tunneltracé. Prøver taget i den sydligere del af Kødbyen viser tegn på, at der er sket en nedsivning af forurening med benzen, naphtalen og kulbrinter. Ud fra prøver i det pågældende område vurderes forureningen at være afgrænset til umiddelbart over tunneltracé, men det kan ikke udelukkes, at der også forekommer forurening i jorden/kalken i tunnelniveau. Derudover er der i de dybere jordlag/kalken forhøjet indhold af cadmium, som dog vurderes at være naturligt indhold. Terrænnær fyldjord kan generelt forventes at være lettere forurenet med tungmetaller, PAH og kulbrinter, og aktuelle jordprøver har vist forurening med bly og kulbrinter.

Havnesediment: Sedimentet i havnen er forurenet med kulbrinter, PAH og tungmetaller.

Grundvand: Prøver af grundvandet viser varierende indhold af forurening, fra forureningsfrit til kraftig forurening med kulbrinter, benzen og naphtalen. Særligt under den sydligere del af Kødbyen forekommer der kraftig forurening med benzen, naphtalen og kulbrinter, men også på andre relativt afgrænsede strækninger er der påvist kraftig eller moderat forurening med kulbrinter i tunneldybden.

19.3 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

For Kalvebod Brygge Skybrudstunnel skal der håndteres store mængder jord fra etablering af skakte/bygværker, tunnelstrækninger, byggepladser mv. og flere steder er der påvist forurening af jorden og grundvandet, hvilket potentielt kan have betydning for omgivelserne og arbejdsmiljø.

19.3.1 Jordmængder

I tabel 18.3 fremgår et estimat over den samlede mængde materiale (jord og kalk), som skal opgraves/udbores og håndteres ved etablering af de tre skakte og tunnelstrækningen. Dette svarer til i alt omkring 31.500 m³ eller ca. 60.000 ton, hvoraf det hele skal bortskaffes.

Dertil kommer, at der til etablering af byggepladsen i havnen ved Kalvebod Brygge skal anvendes ca. 12.800 m³ ren jord/sand, som tilføres udefra. Opfyldningen er midlertidig, og ved projektets afslutning fjernes de tilførte materialer igen.

Samlet set skal der således håndteres omtrent 44.500 m³ (svarende til ca. 84.000 ton) jord/sand/kalk i projektet. Jordmængderne (i vægt) kan dog variere på grund af anden reel massefylde end de antagede.

Tabel 19.3: Opgravede og udborede jordmængder (estimerede)

	(indre) diameter af skakt	Udgravningsdybde af skakt	Diameter sekantpæle	Længde sekantpæle	Tunnel-diameter	Længde af tunnelstrækning	Samlet mængde overskudsjord
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ³) / (t)
Skakt Skt. Jørgens Sø	10,6	19,6	1	22,2			2.790 m ³ ** 5.280 t
Tunnel fra Skt. Jørgens Sø til Halm-torvet/Gasværksvej					2,0 (indre) 2,4 (ydre)	540	2.700 m ³ 5.400 t
Skakt Halm-torvet/Gasværksvej	9	18,5	1	22,2			3.570 m ³ ** 6.652 t
Tunnel fra Halm-torvet/Gasværksvej til Kalvebod Brygge					3,0 (indre) 3,9 (ydre)	735	9.400 m ³ 18.800 t
Skakt Kalvebod Brygge	18,8	25,2	1,2	25,2			13.100 m ³ *** 24.510 t
I alt uden byggeplads i havnen							31.560 m³ 60.642 t
Byggeplads i havnen *							12.800 m ³ 23.040 t
I alt inkl. byggeplads i havnen							44.360 m³ (83.700 t)

* tilførte materialer (6.400 m³), som fjernes igen ved projektets afslutning (dvs. i alt håndteres 12.800 m³)

** Jordmængder er inkl. overskudsjord fra tilkobling til eksisterende spildevandssystemer.

*** Jordmængder er inkl. overskudsjord fra frigravning af eksisterende jordankre, som skal fjernes. Som omregningsfaktor for massefylden fra m³ til ton er anvendt 1,9 t/m³ for jorden i skakten, 1,8 t/m³ for jord ifm. tilkoblinger til eksisterende systemer og udgravning af jordankre samt 2,0 t/m³ for tunnelmuck.

19.3.2 Jordhåndtering og generelle krav

Hele projektområdet er enten forureningskortlagt eller områdeklassificeret, og al jordhåndtering vil således være omfattet af jordflytningsbekendtgørelsen [10]. Dette medfører, at jordflytninger skal anmeldes til kommunen, og jordens forureningsgrad skal dokumenteres.

19.3.3 Etablering af skakte

Etablering af de tre skakte vil foregå ved først at etablere sekantpælevæg som indfatning til skaktene, hvorefter jorden inden for sekantpælene graves op.

Jord: De gennemførte forureningsundersøgelser nær de kommende skakte viste ikke tegn på kraftig jordforurening. Forud for etablering af skaktene vil der blive udført en vurdering og nødvendig forklassificering af den jord, som skal opgraves. På baggrund af vurdering og forklassificering udarbejdes en jordhåndteringsplan, som skal godkendes af kommunerne forud for opgravning og bortkørsel af jorden. Bygherres leverandøraftaler med jordmodtagere medfører, at jorden herefter disponeres miljømæssigt korrekt. Ved håndtering af jorden sikres det, at eventuel forurennet jord ikke spredes via jordstøv eller spild. Der forventes således **ingen** påvirkning af miljøet i forhold til direkte håndtering af opgravet jord ved etablering af skaktene.

Vand: Under etablering af skaktene vil der blive behov for at oppumpe og bortlede vand fra udgravningen. De oppumpede vandmængder vil som udgangspunkt blive ledt til kloakken, men ved byggepladsen på Kalvebod Brygge, vil muligheden for direkte udledning til havnen blive undersøgt. Miljømyndigheden skal udstede tilladelse til bortledning af det oppumpede vand, og såfremt vandet er forurennet, vil krav i tilladelsen sikre, at vandet renses i tilstrækkelig omfang, så det ikke udgør en risiko for miljøet. Der forventes ikke at skulle ske grundvandssænkning uden for skaktene i forbindelse med etablering af skaktene. Projektets miljømæssige konsekvenser i forhold til grundvand i øvrigt er vurderet i kapitel 16 *Grundvand og drikkevand*.

Under anlægsarbejderne ved etablering af skaktene, vil der blive fjernet forurennet jord og grundvand, men set i forhold til den forurening, som efterlades, er fjernelsen kun en lokal og **mindre/ubetydelig** miljøforbedring.

19.3.4 Boring af tunnel

Etablering af tunnelen vil blive opdelt i to strækninger, hvor den ene strækning bores fra skakten ved Skt. Jørgens Sø mod skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej, og den anden strækning bores fra skakten på Kalvebod Brygge mod skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej. Det udborede materiale (tunnelmuck) kommer således op ved skaktene ved Skt. Jørgens Sø og Kalvebod Brygge.

Boremetoden vil som udgangspunkt være EPB (Earth Pressure Balance), hvor udboret materiale/tunnelmuck vil være relativt blødt. Udboret materiale vil blive lagt på fast underlag på terræn på byggepladserne, inden det læsses på lastbiler. Der forventes at blive udboret mellem 40 og 200 m³ tunnelmuck om dagen (svarende til 8-15 boremeter om dagen).

Tunnelmuckens forureningsgrad vil ikke være kendt, når den udbores, men på baggrund af gennemførte miljøundersøgelser ved boringer langs det kommende tunneltracé vurderes det, at noget af det udborede materiale vil være forurennet med særligt BTEXN og kulbrinter omkring Vestre Gasværk (ved skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej)

De gennemførte miljøundersøgelser indikerer imidlertid, at forureningsniveauerne i jorden er relativt lave. Derfor forventes det, at udboret materiale kan bortskaffes direkte til slutdepot afhængigt af forureningsgrad. Omkring Vestre Gasværk (ved skakten ved Halmtorvet/Gasværksvej) vil jorden/mucken formentlig skulle til klasse 2-3 depot og resten kan formentlig bortskaffes til renjordsdepot.

Ved håndtering af det udborede materiale vil det blive sikret, at eventuel forurennet jord ikke spredes til fx afløb/riste/brønde/havnen eller til arealerne uden for byggepladserne. Der forventes således **ingen** påvirkning af miljøet i forhold til direkte håndtering af opgravet jord ved

etablering af tunnelstrækningerne. Under anlægsarbejderne ved boring af tunnelstrækningerne, vil der blive fjernet forurenede jord og grundvand, men set i forhold til den forurening, som efterlades, er fjernelsen kun en lokal og **mindre/ubetydelig** miljøforbedring.

Da udboret materiale kan være forurenede med flygtige stoffer, kan der være risiko for, at der sker afdampning af forurening til udeluften og dermed omgivelserne omkring byggepladserne ved Kalvebod Brygge og Skt. Jørgens Sø. Denne risiko i forhold til udeluften er vurderet i kapitel 11 Luft.

Eventuelle arbejdsmiljømæssige risici håndteres i Bygherres arbejdsmiljøorganisation.

19.3.5 Etablering af arbejdsplads i havnen

For at opnå tilstrækkeligt plads til arbejdsareal omkring skakten på Kalvebod Brygge anlægges byggepladsen ud over eksisterende kajkant og ca. 30 m ud i havnen. I alt bliver det midlertidigt inddragede havneareal til en byggeplads på ca. 1.500 m², der etableres ved nedbringning af spuns og opfyldning med rene materialer. Efter etablering af spunsen og forud for opfyldning med tilførte rene materialer lægges en geotekstil på havbunden. Oven på de opfyldte materialer lægges en tæt membran eller anden tæt belægning, således at evt. spild på byggepladsen ikke vil forurene de tilførte rene materialer, som ved projektets afslutning fjernes inden spunsen trækkes op. Da opfyldningsmaterialet således vil fjernes uforurenede vurderes der, at der **ingen** påvirkning er på miljøet.

For vurdering af miljøpåvirkning af vandkvaliteten i forbindelse med etablering og optagningen af spuns i havnen henvises til afsnit 15.3.1.

19.3.6 Anvendelse af kemiske produkter

I forbindelse med anlægsarbejder i jorden anvendes en lang række forskellige kemiske produkter. Da der er en potentiel risiko for, at miljøfremmede kemiske stoffer i produkter anvendt til anlægsarbejdet kan påvirke jord og grundvand, skal der indhentes tilladelser fra kommunerne iht. miljøbeskyttelseslovens § 19, før de må anvendes.

Ved etablering af skakte, tilløbsbygværker og tunnelering vil der blive benyttet en lang række produkter som helt eller delvist efterlades i undergrunden. En del af disse produkter vil blive benyttet under det primære grundvandsspejl eller kan trænge ned til grundvandet. Brug af produkterne vil derfor medføre en risiko for påvirkning af jorden og ikke mindst grundvandsmagasinet, fordi de indeholder eller kan indeholde kemiske produkter. Dette er specielt et opmærksomhedspunkt i forbindelse med byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø, da den er beliggende inden for et område med drikkevandsinteresser.

Til etablering af skaktene bruges forskellige typer af beton til fx sekantpæle, bund, vægge, fundering af ankre mv. samt injiceringsprodukter til tætning af samlinger og utætheder. Skaktene er over 20 m dybe og vil være i direkte kontakt med det primære grundvandsmagasin. Mange af de samme produkter vil blive anvendt ved tilslutningsbygværkerne, som dog ikke ligger så dybt i undergrunden og derved medfører mindre risiko for påvirkning af det primære grundvandsmagasin. Ved tunnelering, som udelukkende foregår i kalken og dermed i direkte grundvandskontakt, anvendes typisk en bentonitblanding tilsat diverse tilsætningsstoffer og katalysatorer afhængig af fx geologi, behov for tætning mv.

Bygherre kan ikke stille krav om, hvilke konkrete produkter, herunder indholdsstoffer, der skal benyttes, da det kan være ansvarspådragende for bygherre ift. produkternes ønskede egenskaber, kvalitet, garantier mv. Det er den udførende entreprenør, som skal sikre, at bygherres konstruktionsmæssige og udførelsesmæssige krav kan overholdes med de valgte produkter, herunder også, at der kan opnås tilladelse til de pågældende produkter.

Bygherre har allerede procedure for, i forbindelse med udbud, at gøre de bydende entreprenører opmærksom på, at de anvendte produkter i jorden skal kunne opnå den nævnte §19-tilladelse fra myndighederne, før de må anvendes. Entreprenørerne skal levere vurdering udarbejdet af uvidelig rådgiver, for at de valgte produkter ikke medfører en unødigt påvirkning af jord og grundvand. Udbudsmaterialet vedlægges typisk et bilag med en vejledning til ansøgning om §19-tilladelse baseret på materiale fra Københavns Kommune. I udbudsmaterialet vil bygherre ligeledes gøre opmærksom på, at byggepladsen ved Skt. Jørgens Sø er beliggende i et område med drikkevandsinteresser, hvorfor der kan komme skærpede krav til de anvendte produkter i jorden. Det vil desuden fremgå af udbudsmaterialet, at der erfaringsmæssigt stilles krav til, at stoffer nævnt i bilag 2 i Spildevandsbekendtgørelsen ikke må ledes direkte til grundvandet jf. bekendtgørelsen §29, og produkter, vurderet ud fra en ABC-vurdering, skal være vurderet som C-stoffer. Eventuelle miljøproblemer skal forebygges ved hensigtsmæssigt produktvalg (BAT).

Bygherres erfaring fra tilsvarende tunneleringsprojekter i bl.a. København er, at der findes egnede kemikalier og produkter, der muliggør, at arbejdet kan gennemføres uden risiko for væsentlig forurening af jord og grundvand (se også afsnit 20.2.1).

19.3.7 Øvrig forurening ved anlægsarbejder

I projektets anlægsfase kan der være risiko for, at der sker spild med olieprodukter ved tankning af entreprenørmaskiner eller spild og lækage fra mobile tanke eller hydraulikslanger. Endvidere kan der være risiko for forurening ved oplag af olie, benzin eller øvrige kemikalier på arbejdsarealerne.

Forud for anlægsarbejderne vil der blive udarbejdet en beredskabsplan for håndtering og begrænsning af spild af kemikalier og brændstof, der kan forurene jord og grundvand. Risikoen for forurening kan fx reduceres ved, at entreprenørtanke etableres på spildbakker eller opstilles i containere med opsamling for samtidig at sikre mod påkørsel. I HOFORs generelle miljøkrav [11] til anlægsarbejder, som entreprenørerne er forpligtet til at overholde, er desuden beskrevet, at udslip af olie, brændstof, flydende affald eller kemikalier skal forebygges ved brug af spildbakker til beholdere indeholdende disse stoffer samt ved forsvarlig afskærmning mod omgivelserne og mod intern transport på arbejdsområdet. Derudover angiver HOFORs generelle miljøkrav, at indretningen af oplagspladser mv. vil i øvrigt ske i henhold til kommunale forskrifter herom. Tanke bør i øvrigt flyttes så lidt som muligt. Entreprenørmaskiner og udstyr skal vedligeholdes, så spild og brud forhindres, og der vil blive stillet krav til opbevaringen.

Såfremt der opstår forurening vil myndighederne blive kontaktet, og med de foreskrevne krav til tanke mv, samt en hurtig og effektiv indsats i tilfælde af spild vurderes der kun at være mindre risiko for jordforureninger.

På baggrund af ovenstående forventes det derfor ikke, at selve anlægsarbejderne vil give anledning til risiko for væsentlig forurening af jorden og påvirkningen vurderes på den baggrund at være **ubetydelig**.

19.3.1 Samlet vurdering

Det vurderes, at der ingen påvirkning vil være i forbindelse med jordhåndtering omfattende direkte håndtering af opgravet jord fra skaktene, udboret jord fra tunnelen og håndtering af opfyldningsmateriale fra midlertidig opfyldning i havnen. Det vurderes at risikoen for væsentlig forurening af jorden i forbindelse med selve anlægsarbejderne vil være ubetydelig. Samlet vurderes påvirkningen af jord som følge af anlæg af skybrudstunnelen således at være **ubetydelig**.

19.4 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

Den kommende skybrudstunnel vil blive tæt i forhold til ind- og udsivning, og der vurderes ikke at være risiko for ny forurening eller spredning af eksisterende forureninger i driftsfasen. Det vurderes på den baggrund at der **ingen** påvirkninger er i driftsfasen.

19.5 Kumulative effekter

Der er løbende store bygge- og anlægsprojekter i Hovedstadsområdet, og disse vil - ligesom Kalvebod Brygge Skybrudstunnel - også generere store mængder overskudsjord, som skal bortskaffes. HOFOR vil sikre en fornuftigt jordhåndtering gennem leverandøraftaler med jordmodtagere. Det vurderes bl.a. at være muligt at bortskaffe overskudsmaterialerne ifm. flere større opfyldningsprojekter i Københavnsområdet.

19.6 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Det vurderes, at undersøgelserne vedrørende jord og forurening er dækkende på det nuværende stadie af projektet med de data, der er tilgængelige.

19.7 Afværgeforanstaltninger

Det forventes ikke, at projektet får uacceptable miljøkonsekvenser, hvis normale procedurer for håndtering af forurenede jord og grundvand følges, såsom:

- bortskaffelse af jord til godkendte jordmodtagere efter kommunens anvisning
- sikring mod spredning af forurenede jord ved håndtering og transport (herunder undgå støvgener, fjernelse af alt oplagt overskudsjord, etablering af oplagspladser uden risiko for spredning til fx brønde/afløb eller recipienter samt undgå jordspild på veje ved både udkørsel fra byggeplads og fra lastbillad ved kørsel til jordmodtager)
- rensning af oppumpet vand, der skal afledes til kloak eller recipient.

Risikoen for, at projektet medfører nye forureninger afværges ved at sikre, at der udarbejdes beredskabsplaner for håndtering og begrænsning af spild af kemikalier og brændstof. Derudover skal alle eventuelle additiver i forbindelse med boring af tunnelen godkendes af kommunen iht. Miljøbeskyttelseslovens §19 inden anvendelse, således der ikke forekommer en væsentlig forurening af jord og grundvand.

Som beskrevet i 11 Luft, kan der være risiko for uacceptabel afdampning af forureningsstoffer fra tunnelmucken fra visse tunnelstrækninger, og ved byggepladsen på Kalvebod Brygge vil der være afstandskrav fra oplagt tunnelmuck til nærmeste bygning.

20 Materialer og affald

I dette kapitel beskrives forbruget af de væsentligste materialetyper/råstoffer såsom beton, stål, grus, sand og vand samt estimerede mængder og bortskaffelse af affald fra anlægsarbejdet fx i form af jord, tunnelmuck, beton og asfalt samt spildevand. De endelige materiale-mængder og valg af specifikke materialer og produkter samt affaldsmængder afhænger af projektets metoder og løsninger og kan først fastlægges endeligt ved detailprojektering.

Anlæg og drift vil blive tilrettelagt i overensstemmelse med HOFORs miljøpolitik, der bl.a. har beskrevet indsatsområder inden for genanvendelse af byggeaffald og genanvendelig jord samt beskyttelse af grundvandet mod miljøgifte.

20.1 Metode

Forventet ressourceforbrug og affaldsmængder er opgjort på baggrund af projektforslaget, der har ligget til grund for projektbeskrivelsen. Projektets detaljeringsgrad på tidspunktet for færdiggørelse af Miljøkonsekvensvurderingen har været tilstrækkelig til at fastlægge de overordnede mængder af ressourcer såsom beton, sand, grus, stål og tilsvarende. Disse mængder danner grundlag for vurdering af forslagens miljøkonsekvenser. Ressourceforbrug er opgjort for de tre byggepladser med skakte og tilslutningsbygværker samt for den samlede tunnel.

Jord indgår i dette kapitel som den anslåede mængde jord, der skal håndteres i projektet ved bl.a. udgravning af skakte, udboring af tunnel samt indbygning i midlertidig arbejdsplads i haven. Nærmere beskrivelse af jordhåndtering i forbindelse med forurenede jord fremgår af kapitel 19.

Mængden af materialer og affald, der forventes opbrudt og nedrevet er estimeret ved overslagsberegninger, der bygger på indhentning og vurdering af viden omkring eksisterende forhold hvor skakter, tilslutningsbygværker og tunnel skal placeres, herunder viden om de belægnings, der forventes opgravet samt anlæg og konstruktioner, der forventes fjernet i forbindelse med anlægsarbejdet. Materiale- og affaldsmængderne er desuden estimeret ud fra erfaring fra lignende anlægsarbejder.

Affaldsmængderne i driftsfasen er estimeret ud fra den forventede drift af skybrudstunnelen.

20.1.1 Regler på affaldsområdet

Reglerne for erhvervsaffald fremgår af affaldsbekendtgørelsen [86] og Københavns og Frederiksbergs Kommuner regulativer for erhvervsaffald [87], [88].

Størstedelen af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ligger i Københavns Kommune, mens en del af projektet ved Skt. Jørgens Sø ligger i Frederiksberg Kommune. Frembragte affaldsmængder skal her som udgangspunkt sorteres og behandles i overensstemmelse med kommunernes regulativ for erhvervsaffald.

Ikke-genanvendeligt bygge- og anlægsaffald bliver håndteret i henhold til bestemmelserne om de enkelte affaldsfraktioner i Københavns Kommunes erhvervsaffaldsregulativ.

Disse omfatter:

- Ikke-genanvendeligt farligt affald
- Ikke-genanvendeligt PVC-affald
- Forbrændingseget affald
- Deponeringseget affald.

Regulativets formål er at fastsætte krav til håndtering af visse typer bygge- og anlægsaffald i Københavns Kommune, som ikke kan genanvendes. Reglerne skal sikre, at forurening forebygges. Derudover har Københavns Kommune udgivet en række vejledninger om affald i byggeriet.

20.2 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

20.2.1 Materialer og ressourcer

Etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel forudsætter forbrug af ressourcer til skakter, tilslutningsbygværker, pumpestation og selve tunnelen. Materiale-, ressource- og råstofforbruget vil primært bestå af beton, grus, sand, stål og cement. Derudover skal der bruges en række materialer til etablering af selve pumpestationen i form af beton, mursten, stål og kabler – disse mængder er ikke opgjort.

HOFOR har en række miljøhensyn, der skal indgå i grundlaget for bl.a. valg af materialer og produkter, herunder kemikalier.

De konkrete valg af materialer og produkter vil ske løbende gennem projekteringsprocessen og mange produkter vil først kunne specificeres endeligt i forbindelse med planlægningen af anlægsarbejderne.

I Tabel 20.1 er de samlede materialemængder til anlægget opgjort og vist for hhv. skakter og tunnel.

Tabel 20.1: Estimeret ressourceforbrug til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel

	Enhed	Kalvebod Brygge	Halmtorvet/ Gasværksvej	Skt. Jørgens Sø	Tunnel	Total (bygværker + tunnel)
Beton	m ³	5.100	1.700	1.800	3.500	12.100
Grout/Mørtel	m ³	0	0	0	300	300
Stål (armering)	ton	460	180	170	420	1.230
Stål (spuns og ankre)	ton	330	55	40	20	445
Grus	m ³	7.000	1.400	140	0	8.540
Sand til opfyldning	m ³	10.000	0	0	0	10.000
Vand til fyldning af skakte	m ³	0	2.000	0	-	2.000
Boremudder (bentonit og vand)	m ³	0	0	0	1.000	1.000

Beton anvendes i projektet til etablering af skakter samt til selve tunnelkonstruktionen. Beton fremstilles af cement og vand samt sand og grus. Det vurderes, at det samlede forbrug af beton til skakter, tunnelelementer mv. vil være ca. 12.000 m³. Der anvendes færdigstøbte tunnelelementer, og det er endnu ikke afgjort, om der anvendes betonelementer støbt i Danmark eller i udlandet. Det vurderes, at det samlede forbrug af beton ikke udgør et ressourcemæssigt problem.

Stål anvendes i projektet til armering af betonkonstruktionerne samt til spunsvægge. Det samlede forbrug af stål forventes at blive omkring 1.700 tons. Da produktion af stål er miljøbelastende, vil der være en miljøgevinst ved at anvende genbrugsstål. De spunsjern, der skal anvendes midlertidigt til anlæg af byggeplads i havnen, udgør ca. 400 ton og det forventes, at disse i større eller mindre grad kan genanvendes ved andre projekter efterfølgende. Det samlede forbrug af stål vurderes ikke at udgøre et ressourcemæssigt problem.

Derudover skal der anvendes en sandmængde på 10.000 m³ til opfyldning af den midlertidige byggeplads. Dette sand kan genbruges til andre byggeprojekter, når anlægsarbejdet er afsluttet.

Ved anvendelse af slurry-metoden ved boring af den sydlige tunnelstrækning mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej anvendes en mængde boremudder (slurry) bestående af bentonit og vand tilsat en række kemiske stoffer (se også nedenfor). Ved brug af separationsanlæg kan en del af boremuddet (bentonit og vand) føres tilbage til slurry-kammeret i borefronten og genbruges, hvilket kraftigt reducerer forbruget og deponeringen af boremuddet.

Tunnelen afvandes forventeligt med PEH-plastrør. Iht. HOFORs miljøpolitik må der ikke anvendes PVC-rør eller PVC i ledninger til elektriske installationer.

Der foreligger på nuværende tidspunkt ikke oplysninger om de byggematerialer, der vil blive benyttet i mindre omfang, herunder til pumpehus og installationer, hvorfor mængderne af disse materialer ikke kan vurderes på nuværende tidspunkt.

Det forventede ressourceforbrug til anlæggelse af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel og mængden af ressourcerne vurderes ikke at være i en størrelsesorden, der vil medføre forsyningsproblemer i forbindelse med anlægsarbejderne eller medføre væsentlige påvirkninger af den nationale råstofforsyning.

Kemiske produkter

I forbindelse med anlægsarbejder i jorden anvendes en række forskellige kemiske produkter. Der skal bl.a. anvendes en stor mængde beton til etablering af tunnel og skakter, og derudover skal der bruges en mængde mørtel/grout til bagfyldning i den borede tunnel. Afhængigt af de konkrete funktioner af betonen og konstruktionstekniske omstændigheder vil der skulle tilsættes forskellige additiver til disse materialer for at opnå de ønskede tekniske egenskaber. Additiver i færdighærdet beton, som fx de præfabrikerede tunnelrør, vil under normale omstændigheder ikke afgives til omgivelserne. Ved anvendelse af slurry-metoden, skal der anvendes en mængde boremudder tilsat en række additiver/kemiske stoffer, der regulerer boremuddets egenskaber.

Til etablering af skaktene anvendes injiceringsprodukter til tætning af samlinger og utætheder. Ved tunnelering med EPB metoden anvendes typisk en bentonitblanding tilsat diverse hjælpekemikalier i form af tilsætningsstoffer og katalysatorer afhængig af fx geologi, behov for tætning mv.

Brug af produkterne vil medføre en risiko for påvirkning af jorden og ikke mindst grundvandsmagasinet, fordi de indeholder eller kan indeholde kemiske produkter. Eventuelle miljøproblemer skal forebygges ved hensigtsmæssigt produktvalg (BAT).

Inden igangsættelse af anlægsarbejdet skal der indhentes en tilladelse fra myndighederne efter §19 i miljøbeskyttelsesloven og dokumenteres, at de valgte produkter ikke medfører en unødigt påvirkning af jord og grundvand, se også afsnit 19.3.6.

Bygherres erfaring fra tilsvarende tunneleringsprojekter i bl.a. København er, at der findes egnede kemikalier og produkter, der muliggør, at arbejdet kan gennemføres uden risiko for væsentlig forurening af jord og grundvand.

På baggrund af ovenstående vurderes det samlede ressourceforbrug til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ikke at have væsentlige miljømæssige konsekvenser og påvirkningen af miljøet vurderes som **mindre**.

20.2.2 Affald

I forbindelse med anlæg af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel forventes der produceret affald og materialer som skal bortskaffes, bl.a. materialer fra etablering af skakte og udboring af tunnel samt fra nedbrydning af konstruktioner og belægninger, herunder kajanlæg ved Kalvebod Brygge.

Tabel 20.2 angiver de estimerede affaldstyper og -mængder, der frembringes i forbindelse med anlægsarbejdet af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel.

Tabel 20.2: Estimerede affaldsmængder der frembringes i forbindelse med anlæg af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel

Type	Enhed	Kalvebod Brygge	Halmtorvet/ Gasværksvej	Skt. Jørgens Sø	Tunnel	Total
Armeret beton	ton	600	170	170	-	940
Asfalt	ton	350	850	900	-	2.100
Stål (spuns og ankre)	ton	330	55	40	-	425
Jord/grus/sand til deponering	m ³	26.000	2.000	2.600	12.000	42.600
Boremudder (bentonit og vand)	m ³	0	0	0	1.000	1.000

De primære affaldsfraktioner omfatter jord/muck, beton, stål og asfalt, som opgjort i Tabel 20.2. Dertil kommer diverse kabelmaterialer i forbindelse med ledningsomlægninger. Mængden af dette materiale er ikke opgjort på nuværende tidspunkt i projektet.

Der skal bortskaffes en stor mængde jord og muck fra udgravning af hhv. skakte og tunnel. Derudover vil der ved anvendelse af slurry-metoden mellem Kalvebod Brygge og Halmtorvet/Gasværksvej være behov for bortskaffelse af en mængde boremudder fra byggepladsen på Kalvebod Brygge. De opgravede og udborede materialer samt boremudder håndteres efter gældende lovgivning. Nærmere beskrivelse af jordhåndtering i forbindelse med forurenede jord fremgår af kapitel 19.

De 10.000 m³ sandfyld, som anvendes til opfyldning af midlertidig byggeplads ud i havnen ved Kalvebod Brygge, vil blive beskyttet af tæt membran på havbunden og igen på toppen af sandlaget inden udlægning af kørematerialer i terræn. Sandfyldet vil derfor være rent efter endt anlægsarbejde og vil kunne bortkøres og genanvendes som sådan.

Affaldet vil i videst muligt omfang blive genanvendt, enten i projektet eller det transporteres til et godkendt modtageanlæg med henblik på genanvendelse. Affald, der ikke kan genanvendes,

bortskaffes til forbrænding, deponi eller specialbehandling iht. sorteringskrav og anvisning til behandling som angivet i affaldsbekendtgørelsen og Københavns og Frederiksbergs Kommuner erhvervsaffaldsregulativer og vejledninger.

Ud over jord/muck/sand og affald fra nedbrydning af konstruktioner og belægninger forventes der også at være en vis mængde affald fra anlægsarbejderne. Affald fra anlægsarbejderne omfattende beton og stål, som bl.a. stammer fra gennembrydning af skaktvægge, er medtaget i tabel 19,2. Øvrige mængder er på nuværende tidspunkt i projektet ikke mulige at opføre, men det vurderes, at disse mængder er begrænsede.

Derudover vil der være dagrenovationslignende affald fra byggepladserne, der bortskaffes efter de ordninger der er i hhv. Københavns og Frederiksberg Kommuner.

Det vurderes, at den totale mængde af affald fra projektet udgør en ubetydelig del af den samlede mængde bygge- og anlægsaffald i Danmark. Det vurderes, at affaldsmængderne fra projektet ikke har nogen væsentlig negativ virkning på miljøet, da store dele af affaldet vil kunne genanvendes enten lokalt eller regionalt. Gældende regler for affaldshåndtering og kommunernes erhvervsaffaldsregulativer vil blive overholdt i projektet, herunder anmeldelse af byggeaffald og farligt affald, ligesom håndteringen vil ske iht. HOFORs generelle miljøkrav til bygge- og anlægsarbejder [11]. På baggrund af dette er den samlede vurdering, at påvirkningen på miljøet i forbindelse med håndtering og bortskaffelse af affald er **mindre**.

I anlægsfasen genereres processpildevand bl.a. i forbindelse med rengøring af maskinel, boring af sekantpæle, højtryksspuling af bl.a. sekantpælevægge mv. Ligesom indtrængende grundvand i skakten ledes vandet til kloak. Det kan vise sig nødvendigt at foretage rensning af såvel grundvand og processpildevand før udledning til spildevandssystemet. Rensning kan omfatte sedimentationscontainer, olieudskillere, sandfilter, kulfilter eller andre mere avancerede teknikker. Vandbehandlingen skal sikre, at der ikke sker uacceptabel påvirkning i spildevandssystemet og på renseanlægget. Det kan fx dreje sig om krav til indhold af suspenderet stof, jern, kvælstof eller miljøfremmede stoffer. Omfang af behov for rensning fastsættes af miljømyndigheden i forbindelse med efterfølgende tilslutningstilladelse til afledning til kloak, hvor vilkårene i tilladelsen fastsætter på hvilke betingelser, spildevandet kan ledes til kloakken.

Mængderne af processpildevand estimeres til op til 20 m³/dag ved hver byggeplads. Dertil lægges indtrængende grundvand i byggegruberne, der mellem byggegruberne varierer mellem 10 m³ og 60 m³/døgn (se afsnit 16.3.2). I alt skal der bortledes op til ca. 80 m³ vand til kloakken pr. døgn ved hver byggeplads, hvilket ikke vurderes at skabe kapacitetsmæssige udfordringer i spildevandssystemet.

På baggrund af ovenstående vurderes at påvirkningen på miljøet i forbindelse med håndtering og afledning af processpildevand og grundvand er **mindre**.

20.3 Miljøpåvirkninger i driftsfasen

20.3.1 Materialer

Der anvendes ikke særlige materialer eller produkter i driftsfasen. Det forventes at anvende materialer i form af reservedele til den almindelige vedligeholdelse af skakte og pumpestation.

20.3.2 Affald

I driftsfasen produceres der ikke affald i forbindelse med drift af tunnelen udover en meget begrænset mængde affald bl.a. i form af udskiftede reservedele, olie fra det tekniske anlæg o.l.

samt dagrenovationslignende affald i forbindelse med servicering af pumpestationen, pumpe-tests og regnhændelser, hvor tunnelen idriftsættes.

Gældende regler for affaldshåndtering og kommunernes erhvervsaffaldsregulativer vil blive overholdt i forbindelse med håndtering og bortskaffelse af affald, og det vurderes, at den meget begrænsede mængde affald, der genereres i driftsfasen, ikke vil have nogen væsentlig negativ virkning på miljøet og påvirkningen vurderes at være **ubetydelig**.

20.3.3 Eventuelle mangler ved miljøvurderingen

Det vurderes, at det foreliggende grundlag er tilstrækkeligt til vurdering af de miljømæssige konsekvenser.

20.4 Afværgeforanstaltninger

20.4.1 Materialer

Afværgeforanstaltninger vedr. materialer vil ligge i valget af kemikalier til de forskellige materialer og processer. Alle additiver skal risikovurderes og godkendes efter gældende lovgivning af Københavns og Frederiksberg Kommuner med oplysninger om de specifikke produkter, som skal anvendes.

20.4.2 Affald

Da gældende nationale regler for affaldshåndtering sammen med kommunernes erhvervsaffaldsregulativer og HOFORs generelle miljøkrav vedr. affald vil blive overholdt i projektet, herunder anmeldelse af byggeaffald og farligt affald, vurderes der ikke at være miljøpåvirkninger, der kræver, at der iværksættes afværgetiltag.

21 Overvågning

Formålet med et overvågningsprogram er at sikre, at projektets omfattende påvirkninger begrænses mest muligt, samt at sikre at projektets afværgeforanstaltninger virker efter hensigten.

Et overvågningsprogram bygger på følgende overordnede principper:

- Programmet tager udgangspunkt i overvågning af potentielle omfattende miljøpåvirkninger samt overvågning af udvalgte afværgeforanstaltninger i henholdsvis anlægsfase og driftsfase.
- Overvågningen er enten rettet mod miljøstanden eller effekten af afværgeforanstaltninger.
- Overvågningen skal ikke være rettet mod overholdelse af lovgivning eller andre almindelige gældende regler/retningslinjer på miljøområdet. Disse forhold forventes overholdt samt derudover reguleret og kontrolleret i anden forbindelse, fx i forbindelse med tilsyn på projektet.
- Overvågningen skal ikke være rettet mod almindelige krav til entreprenører fx stillet i udbud og kontrakt. Disse forhold forventes kontrolleret i forbindelse med tilsyn på byggepladsen.

Ud fra principperne for et overvågningsprogram og de foreliggende miljøvurderinger i nærværende rapport er der ikke fundet behov for at opstille et overvågningsprogram.

22 Referencer

- [1] Københavns Kommune, Københavns klimatilpasningsplan, 2011.
- [2] Københavns Kommune, Københavns kommunes skybrudsplan, 2012.
- [3] Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune, Konkretisering af skybrudsplan. Ladegårds Å, Frederiksberg Øst og Vesterbro.
- [4] Miljø- og Fødevareministeriet, *LBK nr. 1225 af 25/10/2018 . Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM)*, 2018.
- [5] Transport-, Bygnings- og Boligministeriet , »Bekendtgørelse om vurdering af virkning på miljøet (VVM) af projekter vedrørende erhvervshavne og Københavns Havn samt om administration af internationale naturbeskyttelsesområder og beskyttelse af visse arter for så vidt angår anBEK nr 450 af 08/05/2017,« 2017.
- [6] Københavns Kommune, Spildevandsplan 2008. Tillæg nr. 8. Marts 2018., 2018.
- [7] Københavns Kommune, »Bygge- og anlægsforskrift i København, December 2016,« 2016.
- [8] Frederiksbergs Kommune, »Forskrift for begrænsning af støjende og støvende bygge- og anlægsarbejder,« 2006.
- [9] WHO, »Guidelines for community Noise,« 1999.
- [10] M.-. o. Fødevareministeriet, Bekendtgørelse nr 1452 af 07/12/2015 om anmeldelse og dokumentation i forbindelse med flytning af jord, 2015.
- [11] HOFOR, Kravspecifikation. Generelle miljøkrav ved HOFORs bygge- og anlægsprojekter., 2018.
- [12] Københavns Kommune, Frederiksberg Kommune og Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, »Udtalelse fra VVM-myndighederne om afgrænsning af indhold i miljøkonsekvensrapport for Kalvebod Brygge Sktbrudstunnel,« 2019.
- [13] HOFOR, »Afgrænsningsnotat for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel,« 2019.
- [14] NIRAS, »KAL-PD-HYD-GEN-NOT-006 - Analyse af skybrudsklappernes betydning for aflastninger,« 2018.
- [15] IDA_Spildevandskomiteen, »Skrift 30 - Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter,« IDA Spildevandskomiteen, Danmark, 2014.
- [16] DST, »Statistikbanken - PRIS115,« DST, 29 April 2019. [Online]. Available: <http://statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1920>. [Senest hentet eller vist den 29 April 2019].

- [17] Finansministeriet, »Konvergensprogram Danmark 2019,« Finansministeriet, København, Bilagstabel 1b, 2019.
- [18] HOFOR, Kravspecifikation. Generelle miljøkrav ved HOFOR's bygge- og anlægsprojekter, 2018.
- [19] Spildevandskomitéen, Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter. Spildevandskomiteen, Skrift nr. 30., 2014.
- [20] Miljø- og Fødevarerministeriet, Lovbekendtgørelse om Lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM) nr 1225 af 25. oktober 2018, 2018.
- [21] Miljø- og Fødevarerministeriet , »(Bekendtgørelse om samordning af miljøvurderinger og digital selvbetjening m.v. for planer, programmer og konkrete projekter omfattet af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM)),« 2019.
- [22] Miljø- og Fødevarerministeriet , »Lovbekendtgørelse nr. 119 af 26/01/2017 af lov om miljømål m.v. for internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven),« 2017.
- [23] Miljø- og Fødevarerministeriet , »Bekendtgørelse nr. 1595 af 06/12/2018 om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter,« 2018.
- [24] NIRAS, Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Input til afgrænsningsnotat for miljøvurdering, 2018.
- [25] Miljø- og Fødevarerministeriet , »Lovbekendtgørelse nr. 126 af 26/01/2017 om bekendtgørelse af lov om vandplanlægning,« 2017.
- [26] Europa-Parlamentet og Rådet for den europæiske union, »uropa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger,« 2000.
- [27] Erhvervsministeriet , »Lovbekendtgørelse nr 287 af 16/04/2018 om bekendtgørelse af lov om planlægning,« 2018.
- [28] Frederiksberg Kommune, »Kommuneplan 2017,« 12 03 2019. [Online]. Available: <https://www.frederiksberg.dk/kommuneplan>.
- [29] Københavns Kommune, »Kommuneplan 15,« 12 03 2019. [Online]. Available: <https://kp15.kk.dk/>.
- [30] Miljø- og Fødevarerministeriet, »Lovbekendtgørelse nr 240 af 13/3/2019 om bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse,« 2019.
- [31] Kulturministeriet , »Lovbekendtgørelse nr. 358 af 08/04/2014 om bekendtgørelse af museumsloven,« 2014.
- [32] Kulturministeriet , »Lovbekendtgørelse nr. 219 af 06/03/2018 om bekendtgørelse af lov om bygningsfredning og bevaring af bygninger og bymiljøer,« 2018.

- [33] Miljø- og Fødevareministeriet, »Lovbekendtgørelse nr. 241 af 13/03/2019 af bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse,« 2019.
- [34] Miljø- og Fødevareministeriet , »Miljøaktivitetsbekendtgørelsen nr 844 af 23/06/2017,« 2017.
- [35] Københavns Kommune, »Bygge og anlægsskrift i København,« 2016.
- [36] Frederiksberg Kommune, »Forskrift for begrænsning af støjende og støvende bygge- og anlægsarbejder I Frederiksberg Kommune,« 2006.
- [37] Miljø- og Fødevareministeriet , »Lovbekendtgørelse nr. 118 af 22/02/2018 om bekendtgørelse af lov om vandforsyning m.v.,« 2018.
- [38] Miljø- og Fødevareministeriet, »Lovbekendtgørelse nr. 282 af 27/03/2017 om bekendtgørelse af lov om forurennet jord,« 2017.
- [39] Københavns Kommune, »Konkretisering af skybrudsplan for skybrudsoplandene Ladegårds å, Frederiksberg Øst og Vesterbro,« 2013.
- [40] Frederiksberg Kommune, »Trafikudvikling og -tællinger 2010-2014,« 2015.
- [41] Københavns Kommune, »Copenhagendata,« 2019. [Online]. Available: <https://data.kk.dk/dataset/trafiktal>.
- [42] Københavns Kommune, »Byggerier, vejprojekter og ledningsarbejder på Vesterbro 2018-2014,« 2018.
- [43] Miljøstyrelsen, »i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993 – Beregning af ekstern støj fra virksomheder,« 1993.
- [44] Miljøstyrelsen , Ekstern støj fra virksomheder, 1984.
- [45] Miljøstyrelsen, »Støjdanmarkskortet,« 2017. [Online]. Available: <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&profile=noise>.
- [46] *DIN 4150-3 Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen*, 2016.
- [47] *Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 9 1997, Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø*, 1997.
- [48] F. Deckner, *Ground vibrations due to pile and sheet pile driving – influencing factors, predictions and measurements*, Stockholm: KTH, 2013.
- [49] Vejdirektoratet, *Parallelmåling af bygningsskadelige vibrationer ifm. 'sheet pile press system'*, 2017.
- [50] Miljøstyrelsen, *B-værdivejledningen*, 2016.

- [51] NIRAS, *Note: KAL Cludburst tunnel. Assessment of contamination and risk assessment of working environment and the population in the surroundings from above ground level soil handling*, 2019.
- [52] K. Kommune, *Udpegning af potentialer for rekreativ udvikling af Københavns Havn*, 2015.
- [53] T.-. o. m. V. o. V. Københavns Kommune, *Mail Badevand i Københavns Havn*, 7. februar 2019.
- [54] BEK. nr. 917 af 27/06/2016, Bekendtgørelse om badevand og badeområder., Miljø- og Fødevareministeriet.
- [55] Mygind, L., Kjeldsted, E., Hartmeyer, R., Mygind, E. & Bentsen, P. , *Mygind, L., Kjeldsted, E., Hartmeyer, R., Mygind, E. Forskningsoversigt over effekter af friluftsliv på mental, fysisk og social sundhed*, 2018.
- [56] WHO, »Guidelines for community noise,« 1999.
- [57] Miljø- og Fødevareministeriet, *Vandområdeplan 2015-2021 for Vandområdedistrikt Sjælland*, 2016a.
- [58] Miljøstyrelsen, *Miljøgis for vandområdeplanerne 2015-2021. Juni 2016.*
<http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=vandrammedirektiv2-2016>, 2016b.
- [59] Københavns Kommune, *Basisanalyse af Københavns Havn. Havneatlas 2011*, Københavns Kommune, Teknik og Miljøforvaltningen, 2013.
- [60] Københavns Kommune, *Vegetationsundersøgelse Københavns Havn 2012 (Orbicon)*, 2012.
- [61] DCE, *Iltsvindsrapporter*, Nationalt Center for Miljø og Energi, 2018.
- [62] Direktiv 2000/60/EF, *Direktiv om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger (Vandrammedirektivet)*.
- [63] LBK nr 126 af 26/01/2017, *Bekendtgørelse af lov om vandplanlægning*, Miljø- og Fødevareministeriet.
- [64] Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning, *Retningslinjer for udarbejdelse af vandområdeplaner 2015-2021. Intern arbejdsinstruks*, Miljø- og Fødevareministeriet, 2016.
- [65] BEK nr 1625 af 19/12/2017, *Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand*, Miljø- og Fødevareministeriet.
- [66] Bek. nr. 1521 af 15/12/2017, *bekendtgørelse om indsatsprogrammer for vandområdedistrikter*, Miljø. og Fødevareministeriet.
- [67] By og Havn, <http://www.byoghavn.dk/cphport/fiskeri>, 2019.
- [68] Alectia, *Søkabel i Københavns Havn. Miljøvurdering*, 2015.

- [69] Københavns Kommune, *Skitse til vandområdeplan for Kalveboderne*, 2003.
- [70] Københavns Kommune, *Udfordringer og principper for håndtering af vandkvalitet med udgangspunkt i skybrudsprojekterne i Korsgade og Rantzausgade*.
http://www.vandibyer.dk/media/1878/martin_macnaughton_kbh_komm_regnvand-og-vvm.pdf, 2018.
- [71] Københavns Kommune, *Spildevandsplan 2018*, 2018.
- [72] DCE og DHI, *Beregning af målbelastninger svarende til vandrammedirektivets fem tilstandsklasser*, 2016.
- [73] B. & H. o. J. D. Nordic Property Vision, *VVM Enghave Brygge (Orbicon)*, 2014.
- [74] Miljø- og Fødevareministeriet, »Vandområdeplan 2015-2021 for Vandområdedistrikt Jylland og Fyn,« Miljø- og Fødevareministeriet, 2016.
- [75] HOFOR A/S og Frederiksberg Forsyning, *Pst. Kalvebod Brygge. CFD analyse af udløb i havnebassinet fra pumpestation. (NIRAS)*, 2018.
- [76] Teknologisk Institut, *Regnvandsbassiner med natur og aktivitet. Rørcenter-anvisning 025*, 2018.
- [77] NMKN-10-00760, Afgørelse i sag om Odder Kommunes tilladelse til udledning af overfladevand fra [adresse1] til regnvandsbassin ved Torrild og videre til Stampmøllebæk.
<https://mfkn.naevneneshus.dk/afgoerelse/08331175-b3fd-40e0-abe6-75c6f33ec80b?highlight=NMK-10-00760>, 2015.
- [78] Aalborg Universitet, *Faktablad om dimensionering af våde regnvandsbassiner*.
http://separatvand.dk/download/Faktablad_Våde%20bassiner_3.pdf, 2012.
- [79] DANVA, *Designguide for regnvandsbassiner. DANVA vejledning nr. 102*.
https://www.danva.dk/media/4817/danva_regnvandsbassiner_designguide_2018_final.pdf, 2018.
- [80] Slots- og Kulturstyrelsen, »Fredede og bevaringsværdige bygninger,« 2019. [Online].
Available:
<https://www.kulturarv.dk/fbb/index.htm;jsessionid=4B30F0FBD45EDDFCEBB377F6D738C0A1>.
- [81] HOFOR, *VVM ansøgningsskema - Kalvebod Brygge Skybrudstunnel*, 2018.
- [82] M.-. o. Fødevareministeriet., *Bekendtgørelse nr. 282 af 27/03/2017 af lov om forurennet jord (Jordforureningsloven)*, 2017.
- [83] <https://arealinformation.miljoeportal.dk> - 11/2-2019.
- [84] HOFOR, Copenhagen, *Tunnel at Vesterbro, Kødbyen. Environmental investigations, Factual Report. Geo Job No. 202261. Report 1*, 2018-02-23.

- [85] HOFOR, Copenhagen. Kalvebod Brygge Tunnel. Geotechnical and Hydrogeological Investigations, Fac-tual Report. Geo Job No. 202519. Report 1, 2018-12-07 - PRELIMINARY, 2018.
- [86] M.-. o. fødevareministeriet, Bekendtgørelse nr 224 af 08/03/2019 om affald, 2019.
- [87] C. f. M. Københavns Kommune, Regulativ for erhversaffald, 2018.
- [88] F. Kommune, Regulativ for erhvervsaffald, 2017.
- [89] hjcghjgchj, hjcghj, 1111.
- [90] LBK nr 241 af 13/03/2019, Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse., Miljø- og Fødevareministeriet.

BILAG 1

Støjberegninger
KAL-PD-MYN-GEN-RAP-002

Notat Revision 3

HOFOR A/S & Frederiksberg Forsyning

Kalvebod Brygge Skybrudstunnel

Document no: KAL-PD-MYN-GEN-RAP-002

Projekt nr.: 229404

Revision 3

Udarbejdet af CAWE

Kontrolleret af JEK

Godkendt af BOTV

Indhold

1	Indledning	3
2	Støjkrav	3
3	Støjens karakter	4
4	Forudsætninger	4
5	Støjdæpende foranstaltninger	4
6	Usikkerhed	5
7	Beregninger	5
8	Konklusion	8

Bilag 1. Støjklilder for skakt ved Skt. Jørgens sø (JØR)	9
Bilag 2. Støjklilder for skakt ved Halmtorvet (SB)	11
Bilag 3. Støjklilder for skakt ved Kalvebod Brygge (KALV)	13
Bilag 4. Anvendte støjklilder og deres kildestyrke	14
Bilag 5. Støj fra anlægsarbejde ved Skt. Jørgens sø (JØR)	15
Bilag 6. Støj fra anlægsarbejde ved Halmtorvet (SB)	28
Bilag 7. Støj fra anlægsarbejde ved Kalvebod Brygge (KALV)	40

1 Indledning

Dette notat beskriver beregning af forventet ekstern støj fra kommende tre HOFOR byggepladser, der skal anlægge skakter i forbindelse med etablering af skybrudstunnel fra Skt. Jørgens sø til Kalvebod brygge. Beregningerne er udført som en del af miljøkonsekvensvurderingen af skybrudstunnelen.

Der er udført beregning for forskellige faser i forbindelse med anlægsprocessen af de tre skakte. Beregningen er udført med henblik på at vurdere støjen udendørs ved mest belastede nabobygninger. Der er udført beregning følgende steder:

- Skt. Jørgens sø (JØR)
- Halmtorvet (SB)
- Kalvebod Brygge (KALV)

2 Støjkrav

I henhold til Københavns kommune er følgende støjkrav gældende vedr. bygge- og anlægsarbejder. Beskrevet i "Bygge- og anlægsforskrift i København" fra december 2016.

Grænseværdier for støjbelastning målt udendørs	Hverdage mandag til fredag kl. 07.00 – 19.00, samt lørdag kl. 08.00-17.00	70 dB(A)
	Andre tidsrum*	40 dB(A)
	Maksimalværdi om natten (kl. 22.00 – 07.00)	55 dB(A)
Grænseværdier for bygningstransmitteret støj målt indendørs i beboelsesrum og kontorlokaler.	Hverdage mandag til fredag kl. 07.00 – 19.00, samt lørdage fra kl. 08.00 – 17.00	55 dB(A)
	Kontorlokaler uden for disse tidsrum	40 dB(A)
	Beboelsesrum uden for disse tidsrum	25 dB(A)
	Maksimalværdier om natten (kl. 22.00 – 07.00) i beboelsesrum	40 dB(A)

Grænseværdierne er angivet som det ækvivalente, korregerede støjniveau i dB(A), bortset fra maksimalværdierne, som er $L_{Amax,fast}$ værdier.

*Referenceperioden/midlingsperioden for støjen i natperioden er efter aftale med Københavns kommune, sat til 8 timer. Endvidere er selve støjkravet efter aftale sat til 45 dB(A).

Da der er tale om støj, der kommer udefra, vil det være de tre øverste krav, der umiddelbart er gældende.

Udover de ovennævnte støjkrav gælder, at nedenstående særligt støjende aktiviteter er undtaget fra støjkravene, men må kun foregå i tidsrummet mandag – fredag mellem kl. 08.00 – 17.00.

- Nedramning af spuns, pæle eller lignende.
- Etablering af slidsevægge, sekant pæle eller jordankre.
- Skærende og slibende aktiviteter, fx betonskæring, asfaltskæring, metalskæring eller lignende.
- Betonnedbrydning.
- Tilsvarende særligt støjende aktiviteter.

3 Støjens karakter

Ifølge Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1984: "Måling af ekstern støj fra virksomheder" skal der til L_{Aeq} -værdien adderes 5 dB, såfremt støjen i beregningspunkterne vurderes at indeholde tydeligt hørbare toner eller tydeligt hørbare impulser.

Der er i afsnit 7 Beregninger vist beregnede støjniveauer med og uden 5 dB's tillæg for hørbare impulser. Det skal bemærkes, at de viste facadestøjberegninger, der er vist i de forskellige bilag, ikke er tillagt 5 dB.

Da hørbare impulser er baseret på en subjektiv vurdering, kan det først endeligt vurderes om en støjkilde indeholder hørbare impulser ved et målepunkt, når støjilden er i drift på stedet. Jo længere væk fra en støjkilde et målepunkt er og jo mere baggrundsstøj der er mellem støjilden og målepunktet, jo mindre er sandsynligheden for at impulsen er hørbar.

4 Forudsætninger

Beregninger af støjen udendørs på facaderne er udført i programmet SoundPLAN v. 8.0 (update 12-03-2019) efter den fælles nordiske beregningsmetode, som beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993 – Beregning af ekstern støj fra virksomheder. I SoundPlan er der udarbejdet 3D modeller for de tre anlægsområder ud fra digitalt kort materiale fra Kortforsyningen, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. Disse kort indeholder information om terræn, bygninger, veje mm. I de udarbejdede modeller tilføjes støjkliller og deres driftstider, således at den resulterende støjbelastning udendørs ved nabo bygninger kan beregnes.

Mobile støjkliller, der er tilknyttet et bestemt areal, og som typisk modelleres som en arealkilde i SoundPLAN, er modelleret som et antal punktkliller. Københavns Kommune accepterer ikke arealkliller, hvis driftstid ikke svarer til referencetidsrum. Dette betyder, at når man anvender arealkliller, så skal referencetidsrummet for dem ligeledes være 8 timer. HOFOR har ønsket mulighed for, at der i beregningerne kan indgå mobile støjkliller, der ikke er i drift i hele referencetidsrummet.

Der er generelt regnet med at driften kan foregå mandag – fredag mellem kl. 07 – 19, og lørdag mellem kl. 08 – 17. For enkelte steder og faser skal der dog også foregå arbejde i natperioden. Der er regnet med et referencetidsrum på 8 timer i dagperioden og 8 timer for natperioden (efter aftale med Københavns Kommune). Særligt støjende arbejde, som angivet i kapitel 2. Støjkrav, foregår kun i perioden mandag – fredag mellem kl. 08 – 17.

I vedlagte bilag er følgende angivet:

Bilag 1: Faser for anlægsarbejde ved Skt. Jørgens sø (JØR), samt de anvendte støjkliller og deres driftstider.

Bilag 2: Faser for anlægsarbejde ved Halmtorvet (SB), samt de anvendte støjkliller og deres driftstider.

Bilag 3: Faser for anlægsarbejde ved Kalvebod Brygge (KALV), samt de anvendte støjkliller og deres driftstider.

De anvendte støjkliller stammer fra følgende kilder:

- "Støjdatabogen" fra Rapport LI 119/86 fra Lydteknisk Institut (nu DELTA)
- VVM-redegørelse Metro til Sydhavnen, august 2015
- Notat: "Damhusledningen – Tunnelbyggeplads Næsborgvej – Støj i natperioden", dateret 08-08-2014 udført af Rambøll.
- Støjdata fra leverandør.
- NIRAS erfaring fra tidligere lignende projekter.

5 Støjdæmpende foranstaltninger

Der er regnet med en 4 meter høj lydabsorberende støjskærm rundt om alle tre byggepladser. Omfang af skærmene ses i de vedlagte bilag.

6 Usikkerhed

Det må forventes at beregningerne er behæftet med en vis usikkerhed, da de beregnede støjniveauer er baseret på forventet driftstid, samt forventede arbejdsmetoder, og dermed forventede støjkloder. Der er dog så vidt muligt forsøgt at medregne alle betydende støjkloder, således at de udførte beregninger giver et så rigtigt billede af den kommende støjbelastning som muligt. Såfremt det senere viser sig, at der anvendes andre støjkloder og driftstider, kan det betyde ændrede støjniveauer.

7 Beregninger

I nedenstående tabel er angivet det beregnede støjniveau, $L_{Aeq,8 \text{ timer}}$, for dag- og natperioden (drift i natperioden forekommer kun for udvalgte faser og steder), for den mest støjbelastede facade, uafhængigt af etagehøjden, ved de enkelte anlægsarbejdspladser. I vedlagte bilag ses beregnede støjniveauer udendørs på facader, for de tre anlægsarbejdspladser og de forskellige faser. Alle støjniveauer er korrigeret til frit-felt niveauer. Der er angivet direkte beregnede støjniveauer, samt beregnede støjniveauer inkl. 5 dB's tillæg for eventuelle impulser.

Grøn farve angiver at det beregnede støjniveau overholder støjkravet

Gul farve angiver at det beregnede støjniveau overskrider støjkravet, men vurderes at ligge indenfor beregningsusikkerheden.

Rød farve angiver at det beregnede støjniveau overskrider støjkravet.

Skt. Jørgens sø (JØR)

Fase	Beregnet maksimalt støjniveau, dagperiode $L_{Aeq,8 \text{ timer}}$ [dB re 20 μ Pa] Uden impulstillæg/Med impulstillæg	Beregnet maksimalt støjniveau, natperiode $L_{Aeq,8 \text{ timer}}$ [dB re 20 μ Pa]	Bilag side
1a - Etablering af tilslutningsbygværk, forboret spunsning	81/86	-	15
1a - alternativ, rammet spunsning	90/95	-	16
1b - Etablering af tilslutningsbygværk/udgravning	66/71	-	17
1c - Etablering af tilslutningsbygværk/støbning af vægge	65/70	-	18
2 - Etablering af sekantvægge	82/87	-	19
3 - Etablering af jordankre	80/85	-	20
4 - Udgravning af skakt	60/65	-	21
5 - Kapning af pæletoppe	63/68	-	22
6 - Etablering af bundplade og forberedelse til tunnelering	67/72	-	23

7 - Tunnelering - EPB	57/62	49/54	24 / 25
8 - Støbning af skakt	69/74	-	26

For fase 1a er der udført beregning med forboret spunsning og rammet spunsning. Rammet spunsning er angivet som et alternativ.

Halmtorvet (SB)

Fase	Beregnet maksimalt støjniveau, dagperiode	Bilag side
	L _{Aeq,8 timer} [dB re 20 µPa] Uden impulstillæg/Med impulstillæg	
1a - Etablering af tilslutningsbygværk/spunsning	87/92	28
1a - alternativ, rammet spunsning	96/101	29
1b - Etablering af tilslutningsbygværk/udgravning	68/73	30
1c Etablering af tilslutningsbygværk/støbning	67/72	31
2 - Ledningsomlægninger ifbm. etablering af skakt	68/73	32
3 - Etablering af sekantvægge	89/94	33
4 - Etablering af jordankre	81/86	34
5 - Udgravning af skakt	63/68	35
6 - Kapning af pæletoppe	64/69	36
7 - Etablering af bundplade i skakt/klargøring tunnelboremaskiner	68/73	37
8 - Pause	-	-
9 Støbning af skakt og færdiggørelse	71/76	38

Kalvebod Brygge (KALV)

Fase	Beregnet maksimalt støjniveau, dagperiode L_{Aeq,8 timer} [dB re 20 µPa] Uden impulstillæg/Med impulstillæg	Beregnet maksimalt støjniveau, natperiode L_{Aeq,8 timer}/L_{Aeq,½time} [dB re 20 µPa]	Bilag side
1 - Etablering af støtte mur	89/94 (Kontor) 71/76 (Hotel)	-	40
2 - Støjsvag spunsning i havnen	76/81 (Kontor) 63/68 (Hotel)	-	41
3 - Etablering af jordankre	82/87 (Kontor) 64/69 (Hotel)	-	42
4 - Udgravning af skakt	66/71 (Kontor) 50/55 (Hotel)	-	43
5 - Kapning af pæletoppe	68/73 (Kontor) 48/53 (Hotel)	-	44
6a - Tunnelering EPB	63/68 (Kontor) 45/50 (Hotel)	53/58 (Kontor) / 40/45 (Hotel) (8 timers midling) 57/62 (Kontor) / 44/49 (Hotel) (½ times midling)	45 / 46 47
6b - Tunnelering Slurry	63/68 (Kontor) 45/50 (Hotel)	51/56 (Kontor) / 38/43 (Hotel) (8 timers midling) 58/63 (Kontor) / 45/50 (Hotel) (½ time midling)	48 / 49 50
7 - Støbning af skakt	76/81 (Kontor) 56/61 (Hotel)	-	51

For fase 1a er der udført beregning med forboret spunsning og rammet spunsning. Rammet spunsning er angivet som et alternativ.

For fase 6a og 6b er der udført beregning for natperioden med hhv. 8 timers midlingsperiode og ½ times midlingsperiode.

Det vurderes på baggrund af de anvendte støjkilder, at følgende faser kan karakteriseres som særligt støjende, og dermed ikke er underlagt støjkrav, men kan dog kun være i drift mandag – fredag mellem kl. 08 – 17.

Skt. Jørgens sø (JØR)

- Fase 1a, 2, 3, 4 og 5

Halmtorvet (SB)

- Fase 1a, 3, 4, 5 og 6

Kalvebod Brygge (KALV)

- Fase 1, 2, 3, 4 og 5

Ud fra de udførte beregninger kan følgende konkluderes:

Skt. Jørgens sø (JØR)

- Det ses, at gældende støjkrav er overholdt for alle faser, der ikke kan betegnes som særligt støjende. Såfremt der skal tillægges 5 dB for hørbare impulser, er der dog en mindre overskridelse for fase 1b, 6 og 8. For natperioden ses der en overskridelse af støjkravet på 4 - 14 dB for den mest støjbelastede facade, afhængigt af støjklidernes placering og om der skal gives tillæg for hørbare impulser.

Halmtorvet (SB)

- Det ses, at gældende støjkrav er overholdt for alle faser, der ikke kan betegnes som særligt støjende. Dog ses en mindre overskridelse på 1 dB for fase 9 ved den mest støjbelastede facade. Såfremt der skal tillægges 5 dB for hørbare impulser, er der dog en mindre overskridelse for fase 1b, 1c, 2, 7. For fase 9 ses en overskridelse på 6 dB, såfremt der skal tillæg for hørbare impulser.

Kalvebod Brygge (KALV)

- Det ses, at gældende støjkrav er overholdt for alle faser i dagperioden, der ikke kan betegnes som særligt støjende. Dog ses en overskridelse på op til 6 dB for fase 7, på mest støjbelastet facade ved kontor. Såfremt der skal tillægges 5 dB for hørbare impulser er overskridelsen op til 11 dB.
- For natperioden (for 8 timers midling), fase 6a og 6b, ses overskridelse for kontor på op til 8 dB og op til 13 dB, såfremt der skal tillæg for hørbare impulser. Ved nærmeste hotel overholdes gældende støjkrav (for 8 timers midling).

8 Konklusion

Dette notat beskriver beregning af støj fra anlægsarbejde i forbindelse med etablering af skybrudstunnel fra Skt. Jørgens sø til Kalvebod brygge i København. Der er udført beregning for de forskellige faser ved etablering af tre skakte på strækningen.

Det ses for de tre anlægsarbejdspladser at arbejdet i dagperioden, udover særligt støjende arbejde, generelt overholder de gældende støjgrænser i forhold til anlægsarbejde for dagperioden. For enkelte faser ses dog mindre overskridelser, samt overskridelser og mindre overskridelser, såfremt der skal tillæg for hørbare impulser til de beregnede støjniveauer.

For natperioden ses overskridelser ved Skt. Jørgens sø og ved facader til kontorer ved Kalvebod Brygge.

Bilag 1. Støjkilder for skakt ved Skt. Jørgens sø (JØR)

Fase nr.	Beskrivelse	Støjkilder	Driftstid dagperiode	Driftstid natperiode	Ca. varighed i dage
1a	Etablering af tilslutningsbygværk, inkl. ledningsomlægninger – spunsning, forboret	Spunsning, forboret	40 %	-	170 for fase 1a – 1c
		Lastbiler i tomgang	30 %	-	
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	-	
		Diverse støjende udstyr	30 %	-	
1a-alternativ	Etablering af tilslutningsbygværk, inkl. ledningsomlægninger – spunsning, rammet	Spunsning, rammet	40 %	-	
		Lastbiler i tomgang	30 %	-	
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	-	
		Diverse støjende udstyr	30 %	-	
1b	Etablering af tilslutningsbygværk, inkl. ledningsomlægninger udgravning	Gravemaskine	30 %	-	
		Kran	20 %	-	
		Lastbiler i tomgang	30 %	-	
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	-	
		Pumpe til afvanding	100 %	-	
		Diverse støjende udstyr	30 %	-	
1c	Etablering af tilslutningsbygværk inkl. ledningsomlægninger Støbning af vægge	Kran	20 %	-	
		Betonpumpe	1 time	-	
		Lastbiler i tomgang	30 %	-	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. dag	-	
		Betonlastbiler	2 pr. dag	-	
		Diamantskærer	10 %	-	
		Pumpe til afvanding	100 %	-	
		Diverse støjende udstyr	20 %	-	
2	Etablering af sekantvægge	Boring og støbning af sekantpæle	75 %	-	70
		Kran	25 %	-	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
		Betonlastbiler	5 stk.	-	
		Betonpumpe	3 timer	-	
3	Etablering af jordankre	Kran	25 %	-	30
		Borerig jordanker	40 %	-	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
4	Udgravning af skakt	Udgravning i skakt	85 %	-	20
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	-	
		Lastbiler i tomgang	30 %	-	
		Pumpe til afvanding	100 %	-	
		Kran	50 %	-	
		Hydraulisk hammer i skakt	80 %	-	
5	Kapning af pæletoppe	Diamantskærer	35 %	-	14
		Diverse støjende udstyr	100 %	-	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
6	Etablering af bundplade og forberedelse til tunnelering	Kran	15 %	-	36
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
		Betonlastbiler	10 pr. dag	-	
		Betonpumpe	20 %	-	
7	Tunnelering - EPB	Kran	35 %	20 %	150
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	

		Lastbiler i tomgang	5 %	-	
		Diverse støjende udstyr	20 %	-	
		Ventilationsanlæg	100 %	100 %	
8	Støbning af skakt	Kran	15 %	-	187
		Betonlastbiler	4 pr. dag	-	
		Betonpumpe	35 %	-	
		Lastbiler i tomgang	5 %	-	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. dag	-	
		Diverse støjende udstyr	20 %	-	

Bilag 2. Støjkilder for skakt ved Halmtorvet (SB)

Fase nr.	Beskrivelse	Støjkilder	Driftstid dagperiode	Ca. varighed i dage
1a	Etablering af tilslutningsbygværk, inkl. ledningsomlægninger - spunsning, forboret	Spunsning, forboret	40 %	175 for fase 1a – 1c
		Lastbiler i tomgang	30 %	
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	
		Diverse støjende udstyr	30 %	
1a-alternativ	Etablering af tilslutningsbygværk, inkl. ledningsomlægninger - spunsning, rammet	Spunsning, rammet	40 %	
		Lastbiler i tomgang	30 %	
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	
		Diverse støjende udstyr	30 %	
1b	Etablering af tilslutningsbygværk, inkl. ledningsomlægninger Udgravning af skakt	Gravemaskine	30 %	
		Kran	20 %	
		Lastbiler i tomgang	30 %	
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	
		Pumpe til afvanding	100 %	
		Diverse støjende udstyr	30 %	
1c	Etablering af tilslutningsbygværk, inkl. ledningsomlægninger Støbning	Kran	20 %	
		Lastbiler i tomgang	30 %	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. dag	
		Betonlastbiler	2 pr. dag	
		Pumpe til afvanding	100 %	
		Betonpumpe	1 time pr. dag	
		Diverse støjende udstyr	20 %	
		Diamantskærer	10 %	
2	Ledningsomlægninger ifbm. etablering af skakt	Gravemaskine	50 %	45
		Kran	20 %	
		Kørsel med lastbiler	2 pr. dag	
3	Etablering af sekantvægge	Boring og støbning af sekantpæle	75 %	100
		Kran	25 %	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	
		Betonlastbiler	5 pr. dag	
		Betonpumpe	3 timer pr. dag	
4	Etablering af jordankre	Kran	25 %	30
		Borerig jordanker	40 %	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	
5	Udgravning af skakt	Udgravning i skakt	85 %	20
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	
		Lastbiler i tomgang	30 %	
		Pumpe til afvanding	100 %	
		Kran	50 %	
		Hydraulisk hammer i skakt	80 %	
6	Kapning af pæletoppe	Diamantskærer	35 %	14
		Diverse støjende udstyr	100 %	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	
7	Etablering af bundplade i skakt og klargøring til modtagelse af tunnelboremaskiner	Kran	15 %	36
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	
		Betonlastbiler	10 pr. dag	
		Betonpumpe	20 %	
8	Pause	-	-	7 måneder
9	Støbning af skakt og færdiggørelse	Kran	15 %	168
		Betonlastbiler	4 pr. dag	
		Betonpumpe	35 %	

		Lastbiler i tomgang	5 %	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. dag	
		Diverse støjende udstyr	20 %	

Bilag 3. Støjkilder for skakt ved Kalvebod Brygge (KALV)

Fase nr.	Beskrivelse	Støjkilder	Driftstid dagperiode	Driftstid natperiode Midling 8h/1½h	Ca. varighed i dage
1	Etablering af støtte mur	Boring af sekant pæle, (2 stk.)	75 %	-	65
		Kran	25 %	-	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
		Betonlastbiler	6 pr. dag	-	
		Betonpumpe (2 stk.)	2 timer pr. dag	-	
2	Støjsvag spunsning i havnen	Spunsning (støjsvag, 2 stk.)	75 %	-	70
		Kran	25 %	-	
		Gravemaskine	100 %	-	
		Kørsel med lastbiler	4 pr. time	-	
3	Etablering af jordankre	Borerig jordanker	40 %	-	30
		Kran	25 %	-	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
4	Udgravning af skakt	Udgravning i skakt	85 %	-	70
		Kørsel med lastbiler	2 pr. time	-	
		Lastbiler i tomgang	30 %	-	
		Pumpe til afvanding	100 %	-	
		Kran	50 %	-	
		Hydraulisk hammer i skakt	80 %	-	
5	Kapning af pæletoppe	Diamantskærer	35 %	-	14
		Diverse støjende udstyr	100 %	-	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
6a	Tunnelering EPB	Kran	35 %	20 % / 50 %	150
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
		Lastbiler i tomgang	20 %	-	
		Diverse støjende udstyr	25 %	-	
		Ventilationsanlæg	100 %	100 % / 100 %	
6b	Tunnelering Slurry	Kran	15 %	5 % / 50 %	150
		Separationsanlæg	50 %	50 % / 50 %	
		Kørsel med lastbiler	1 pr. time	-	
		Lastbiler i tomgang	20 %	-	
		Diverse støjende udstyr	25 %	-	
		Ventilationsanlæg	100 %	100 % / 100 %	
7	Støbning af skakt	Kran	25 %	-	150
		Betonlastbiler	10 stk. pr. dag	-	
		Betonpumpe	50 %	-	
		Diverse støjende udstyr	25 %	-	

Bilag 4. Anvendte støjklilder og deres kildestyrke

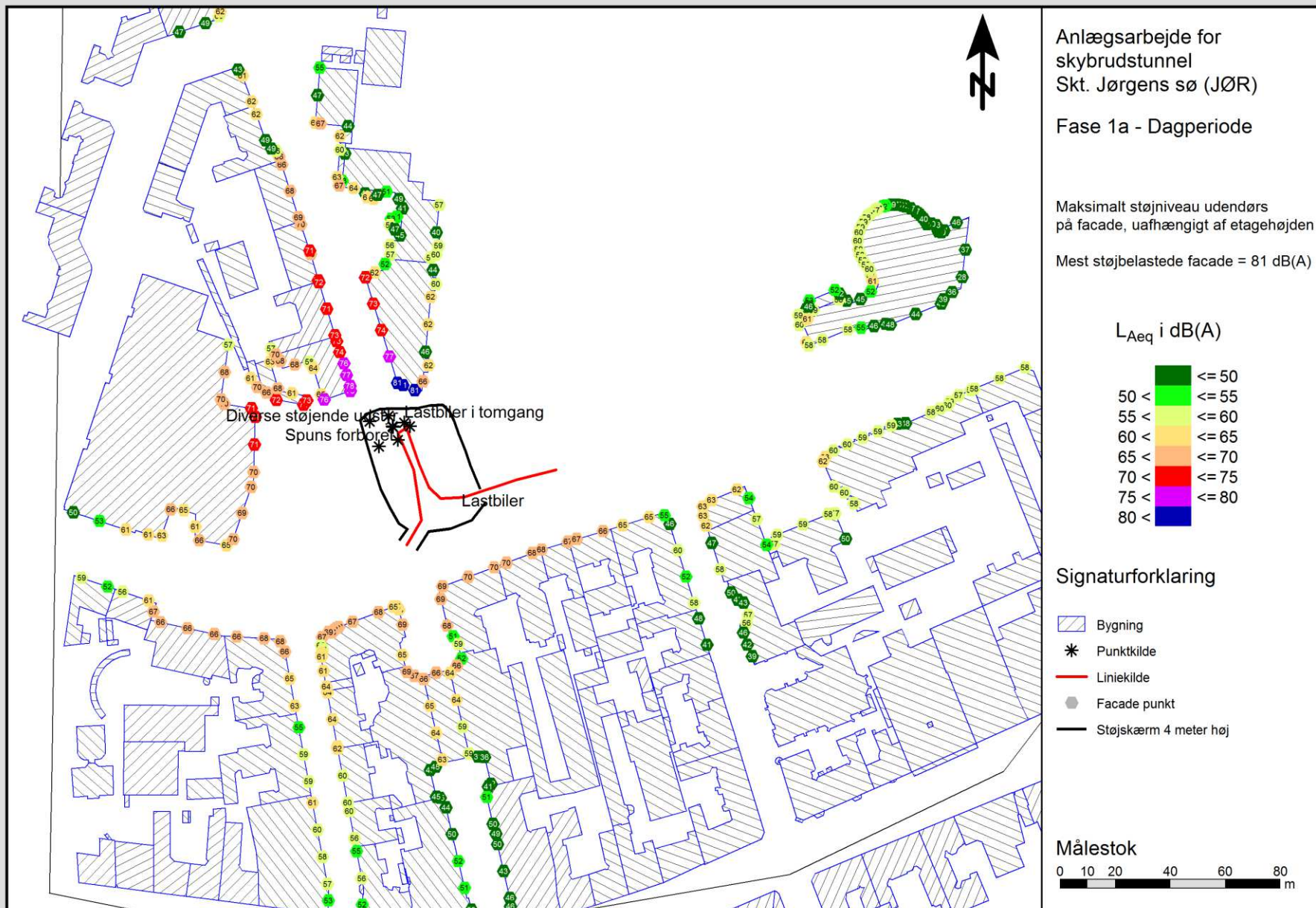
Støjkilde	Kildestyrke, L _{WA} [dB re 1 pW]	Kildehøjde over terræn [m]
Sekantpæleboremaskine ⁵	117	3
Ventilationsanlæg ⁵	50	1,5
Spunsning forboret ⁵	117	5
Støjsvag spunsning (press-in piling) ⁴	83	5
Gravemaskine ⁵	105	2
Kran ³	94	2
Lastbil, svag acceleration, 10-20 km/t ¹	100	1,5
Lastbil i tomgang ⁵	96	1,5
Betonpumpe ⁵	107	1,5
Betonlastbil ⁵	97	1,5
Pumpe til afvanding ⁵	84	1,5
Diverse støjende udstyr ved terrænniveau ⁵	70	1
Borerig til jordankre ⁵	115	3
Diamantskærer ²	100	-5 / 1
Udgravning i skakt ^{5*}	90	0
Hydraulisk hammer ²	115	-10
Separationsanlæg (Slurry) ⁵	90	2

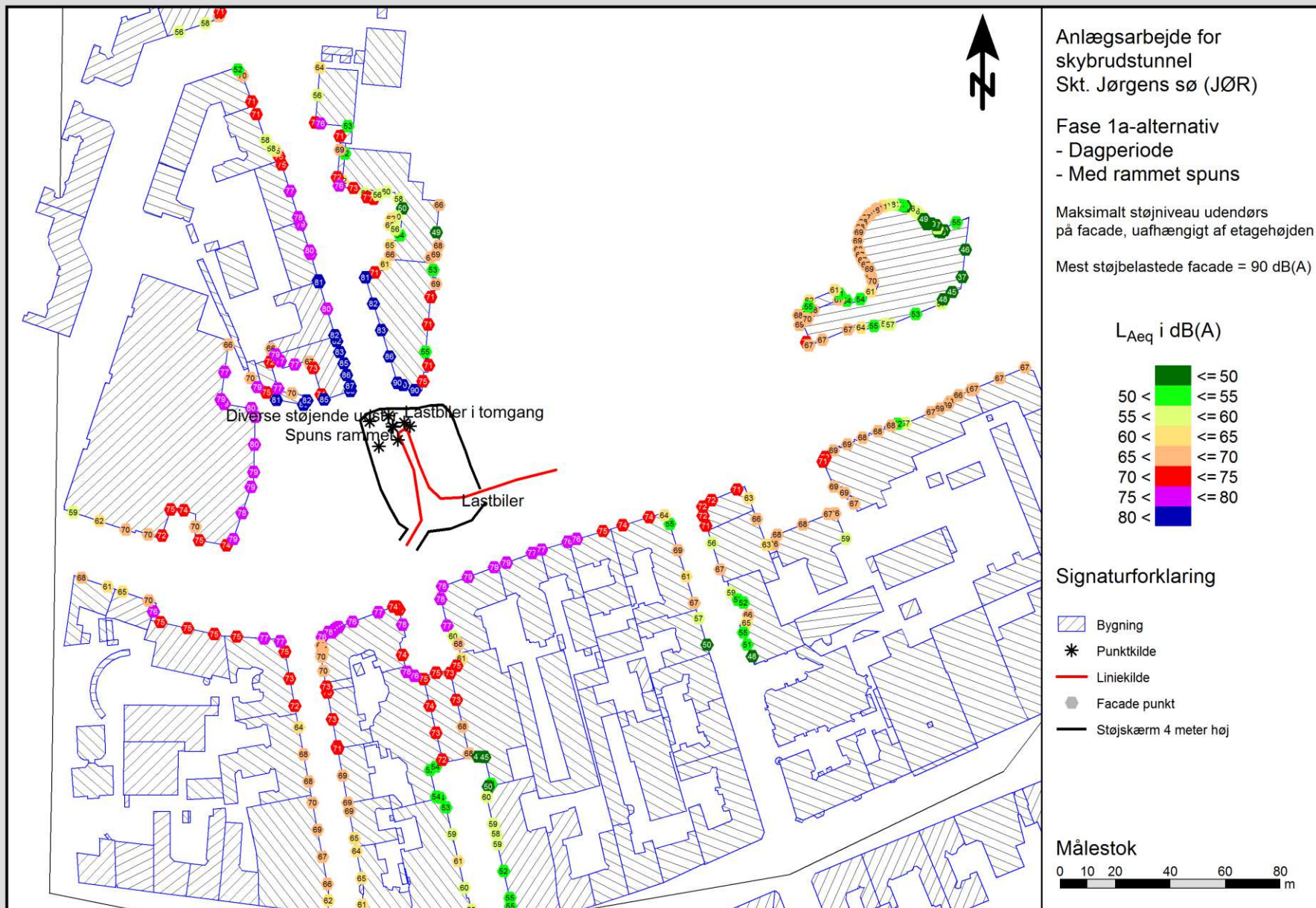
1. "Støjdatabogen" fra Rapport LI 119/86 fra Lydteknisk Institut (nu DELTA)
2. VVM-redegørelse Metro til Sydhavnen, august 2015
3. Notat: "Damhusledningen – Tunnelbyggeplads Næsborgvej – Støj i natperioden", dateret 08-08-2014 udført af Rambøll.
4. Støjdata fra leverandør.
5. NIRAS erfaring fra tidligere lignende projekter.

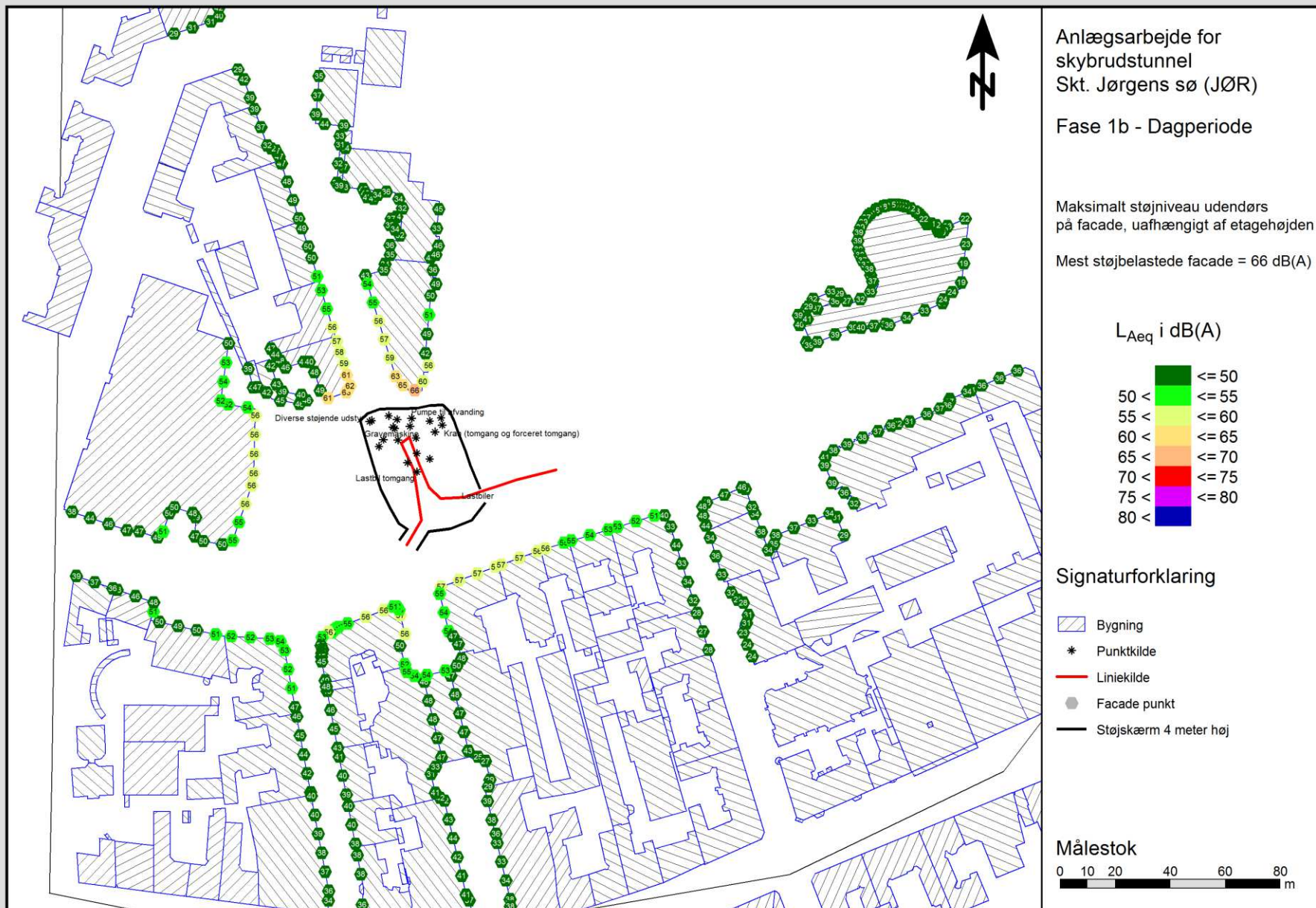
Bilag 5. Støj fra anlægsarbejde ved Skt. Jørgens sø (JØR)

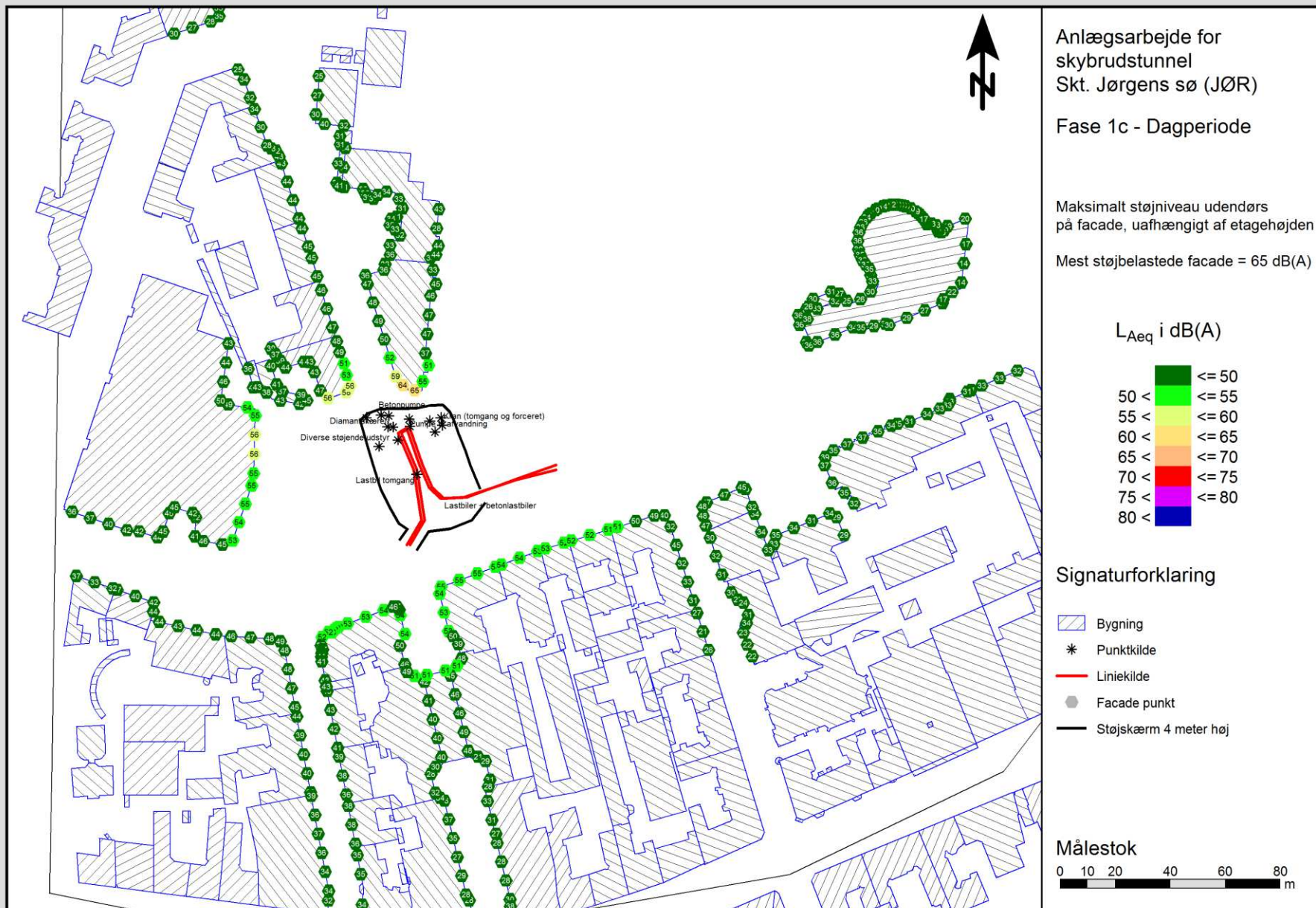
Støj udendørs på facader angivet som det maksimale A-vægtede støjniveau uafhængigt af etagehøjden.

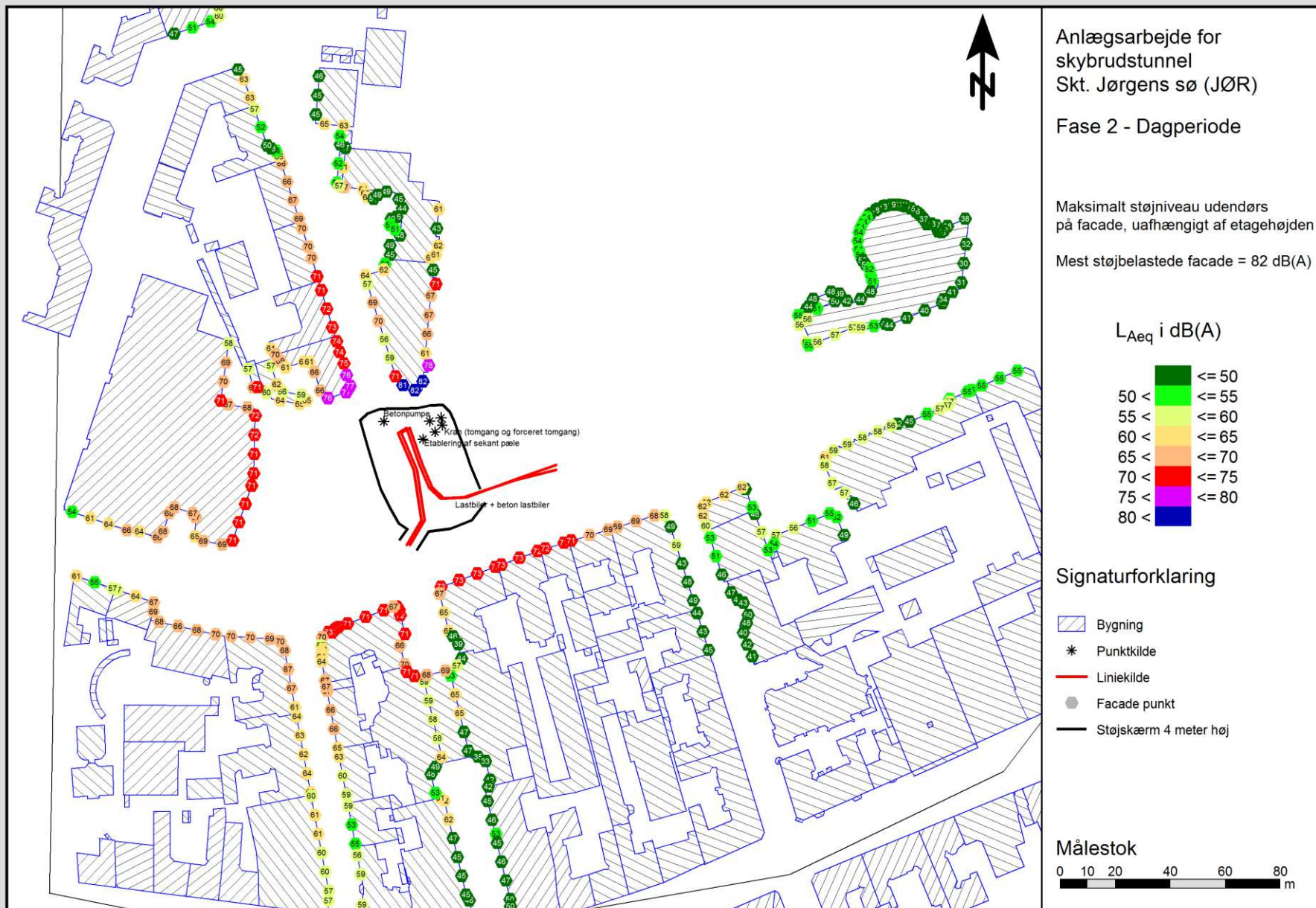
Side	Fase
16	Fase 1a dagperiode
17	Fase 1a-alternativ dagperiode
18	Fase 1b dagperiode
19	Fase 1c dagperiode
20	Fase 2 dagperiode
21	Fase 3 dagperiode
22	Fase 4 dagperiode
23	Fase 5 dagperiode
24	Fase 6 dagperiode
25	Fase 7 dagperiode
26	Fase 7 natperiode
27	Fase 8 dagperiode

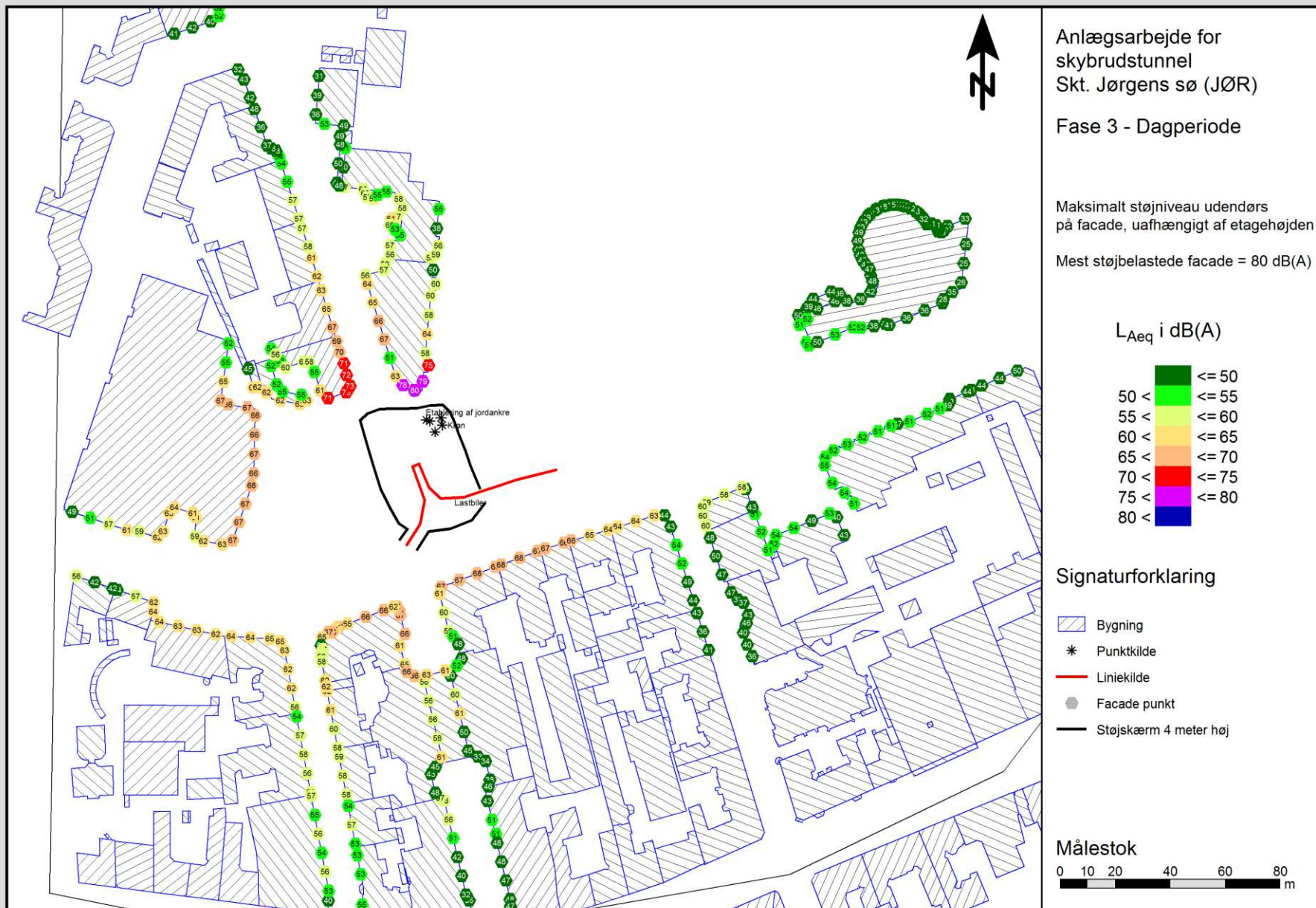


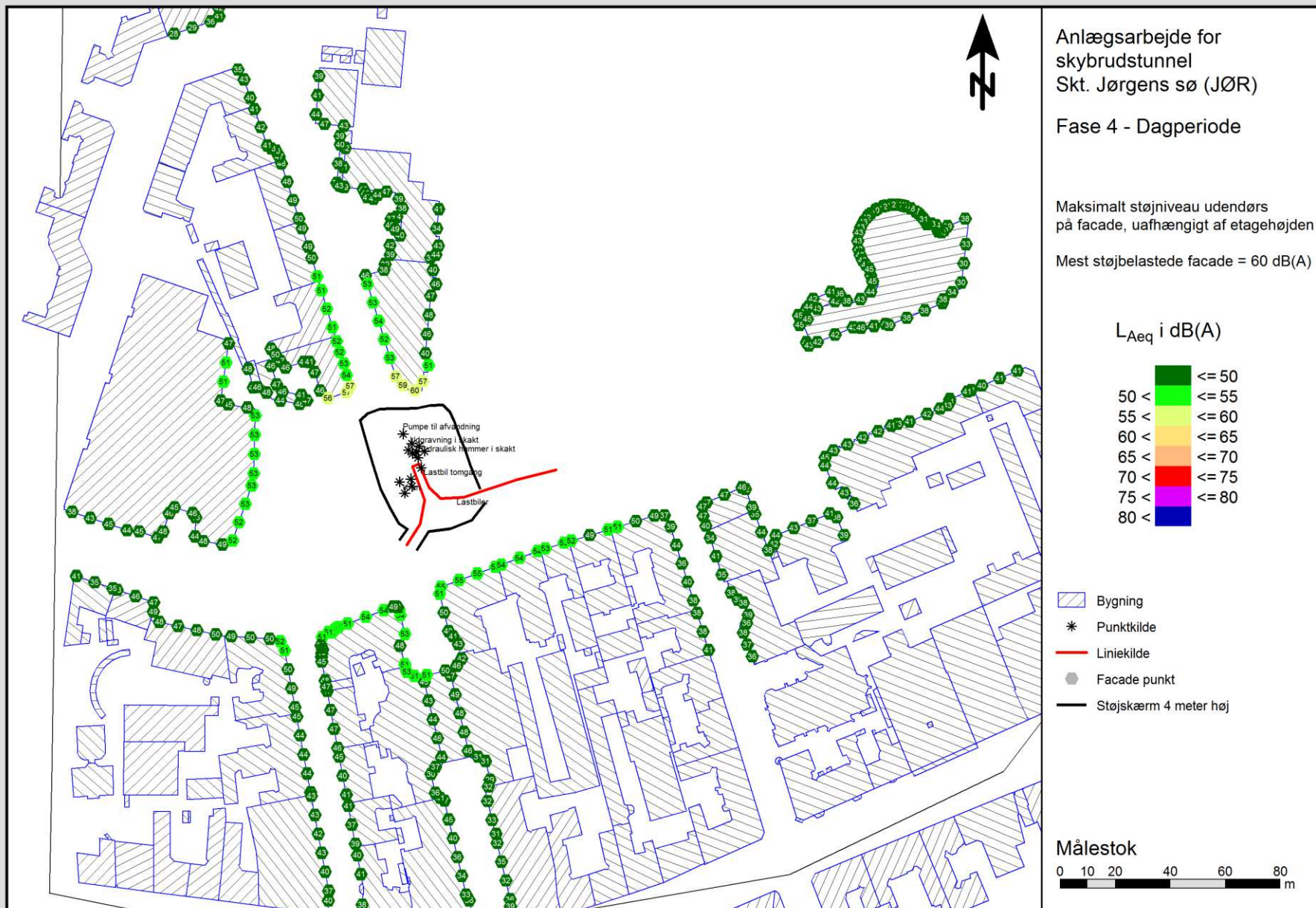


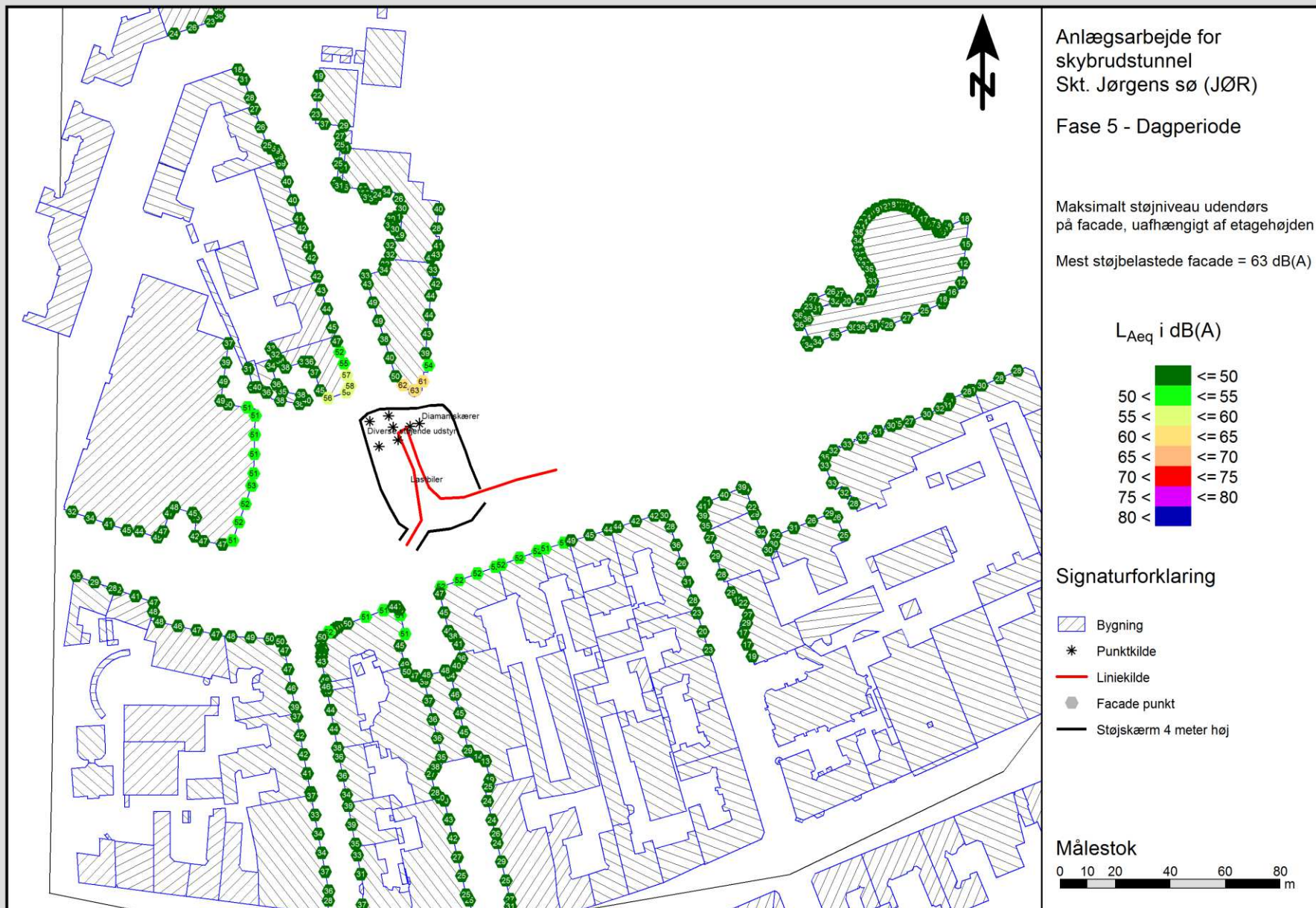


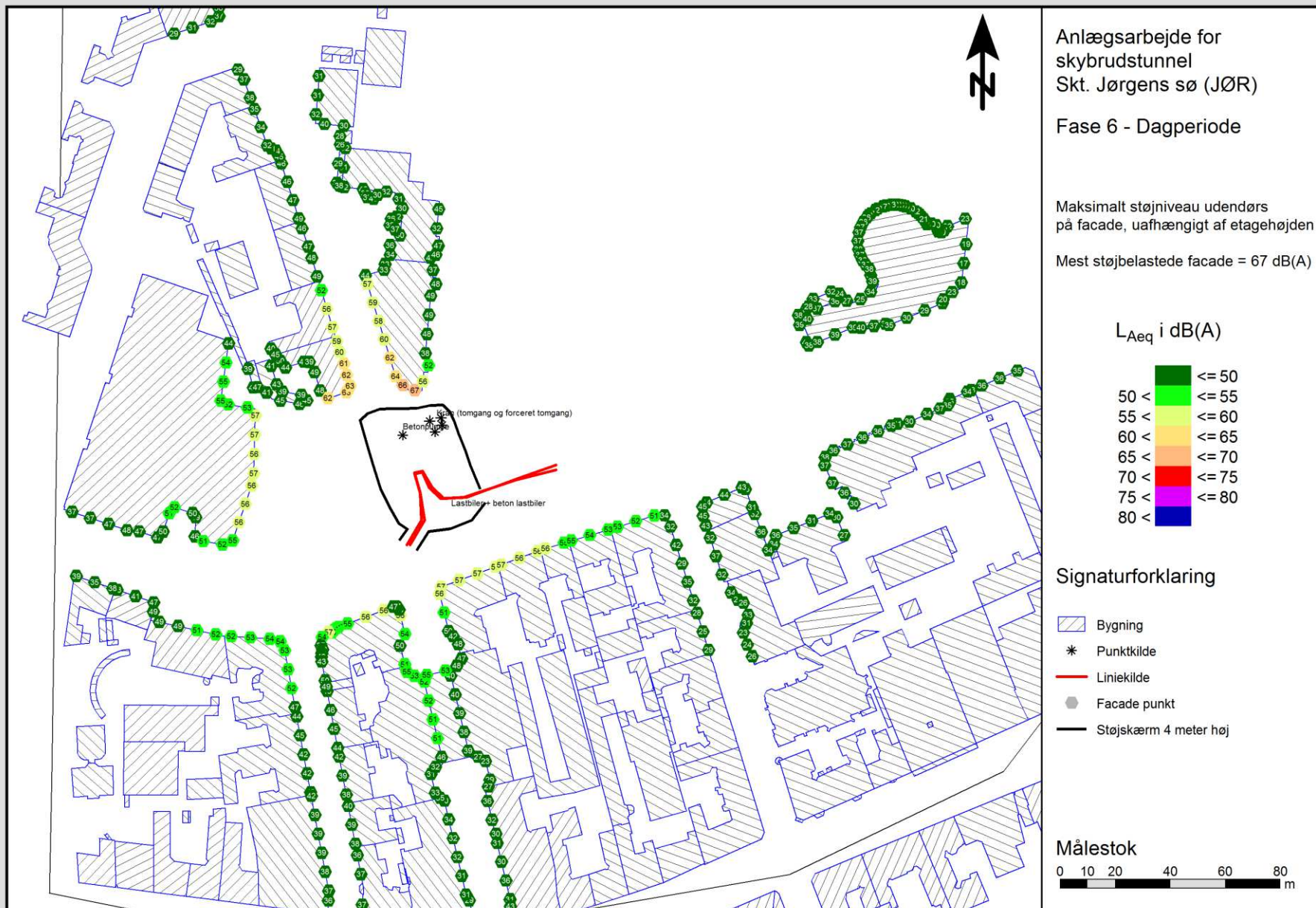


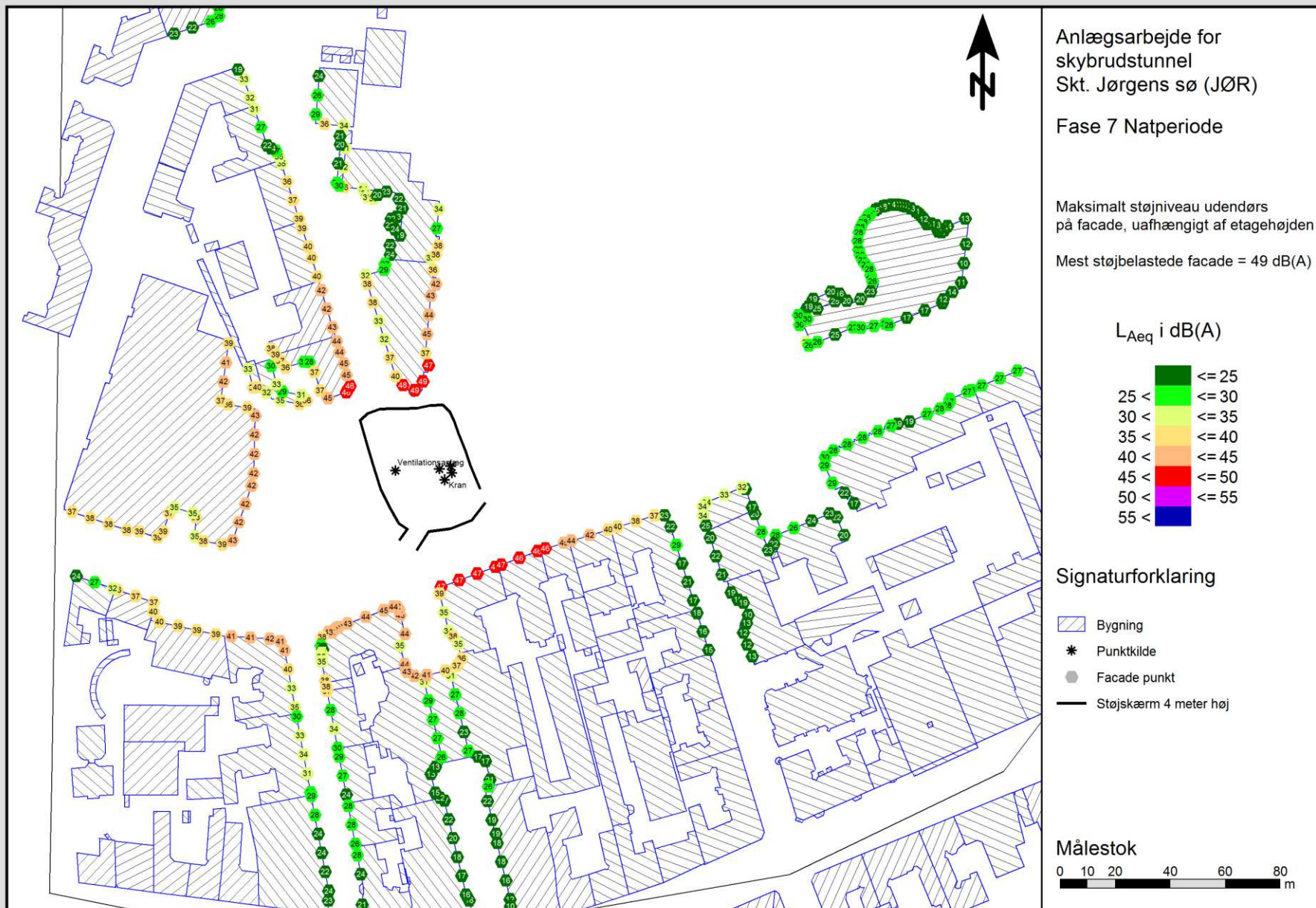


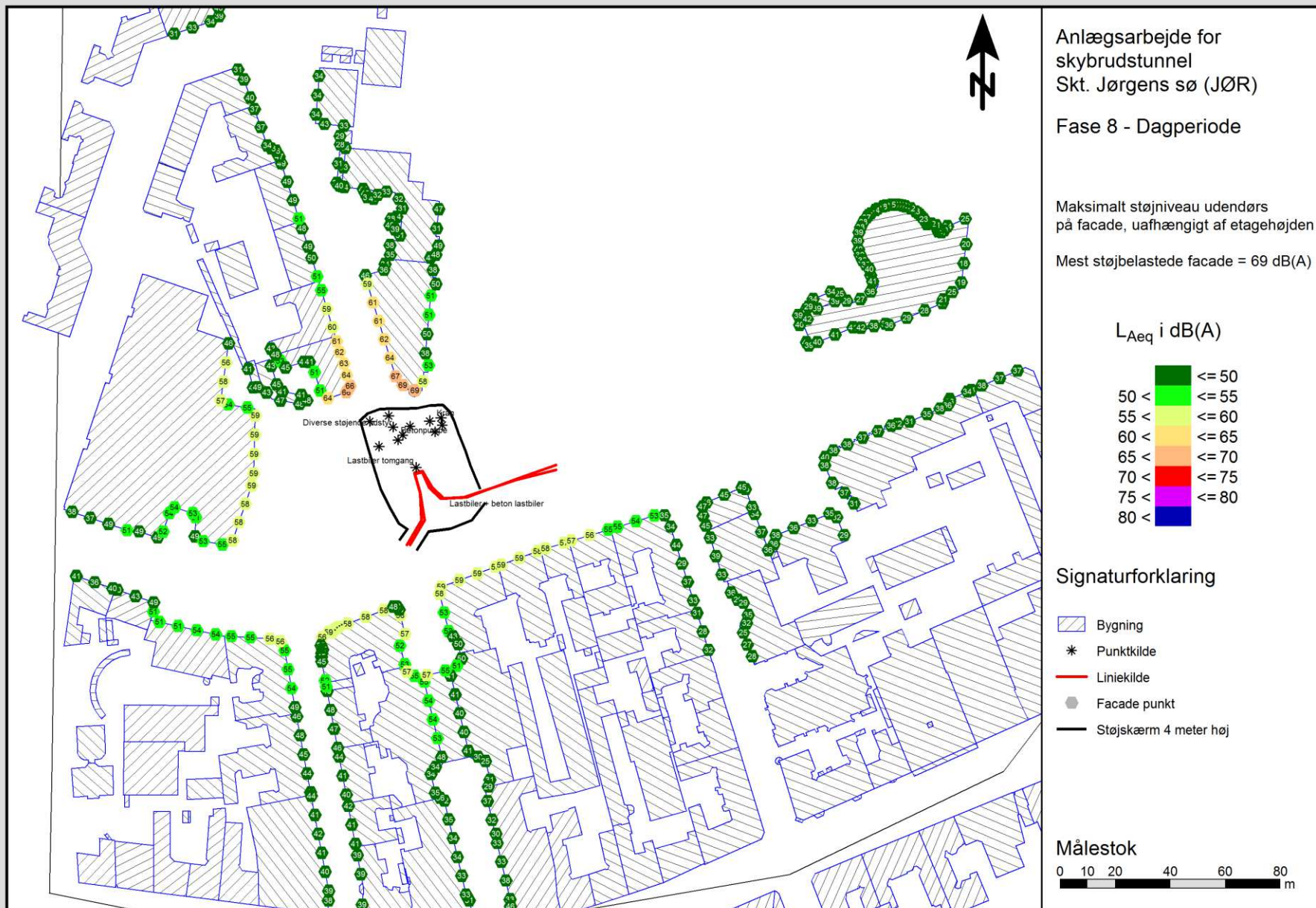








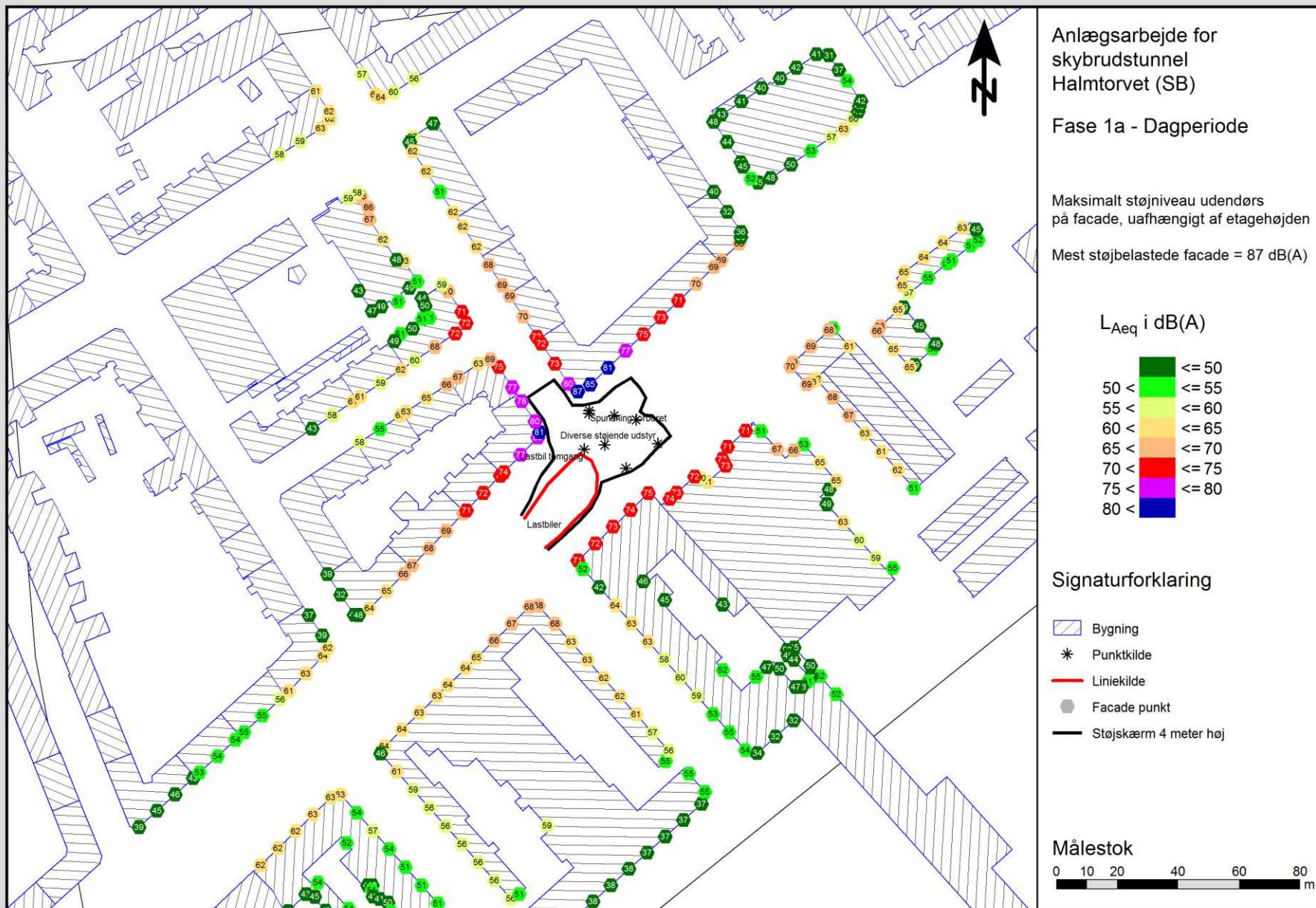


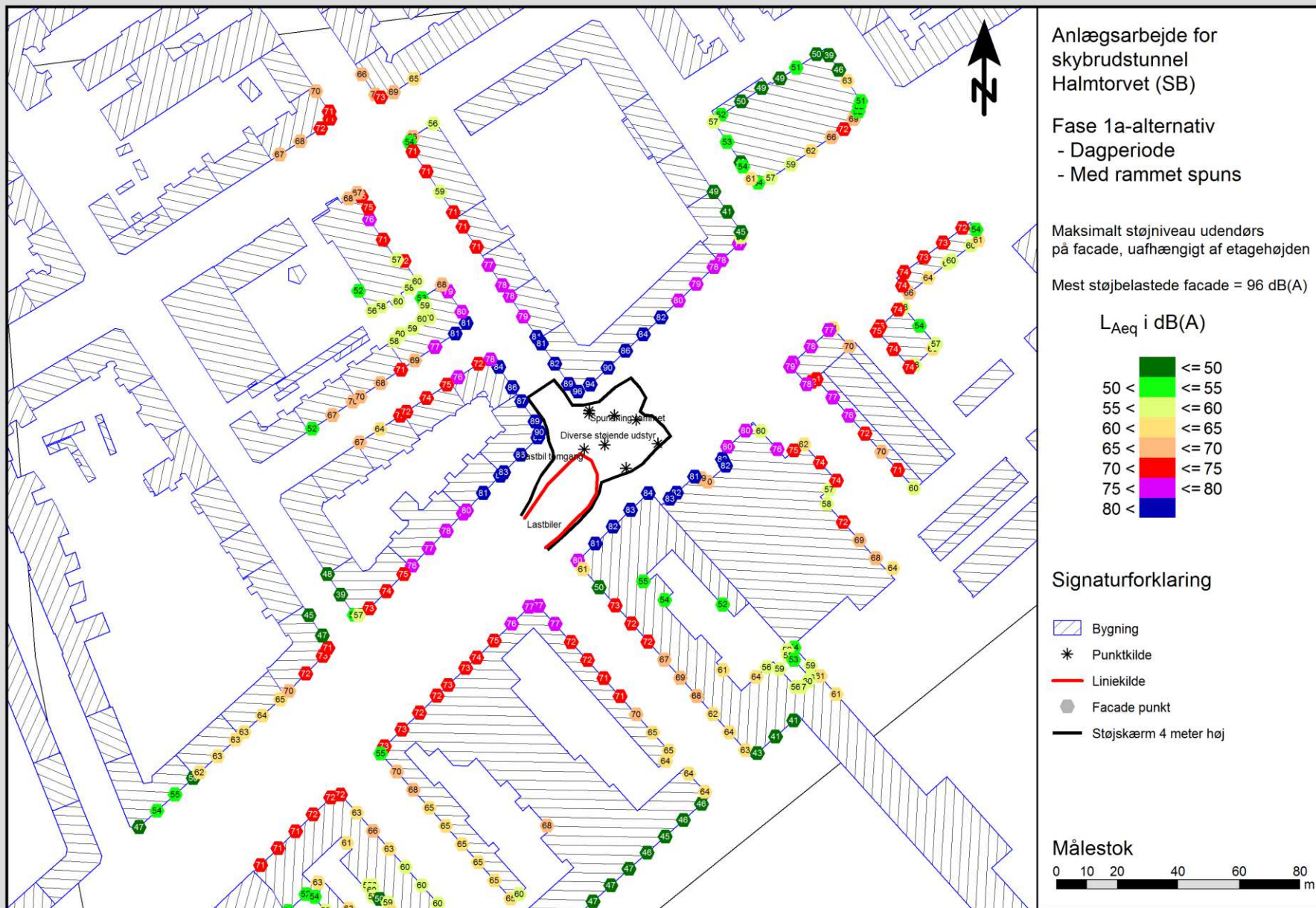


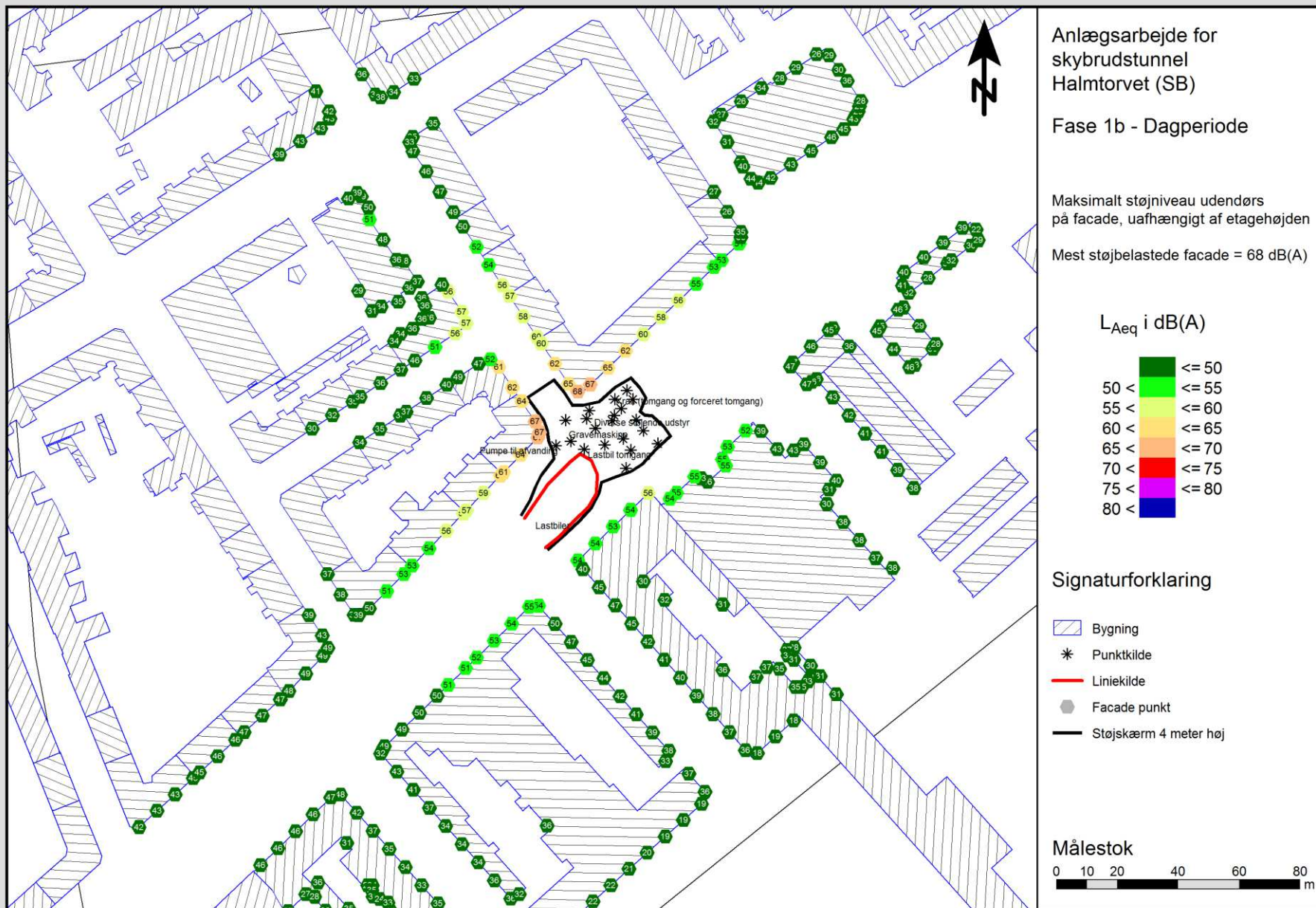
Bilag 6. Støj fra anlægsarbejde ved Halmtorvet (SB)

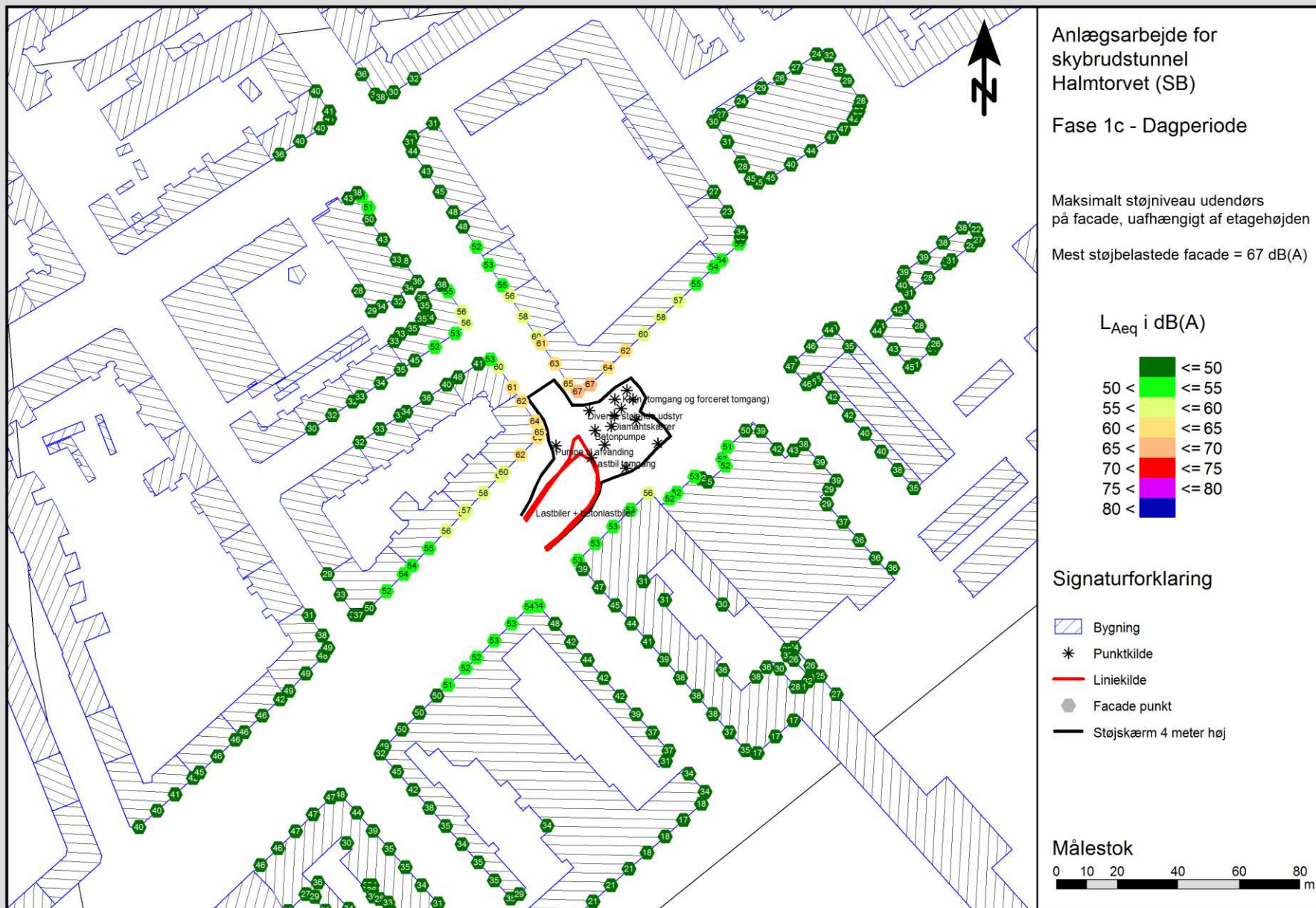
Støj udendørs på facader angivet som det maksimale A-vægtede støjniveau uafhængigt af etagehøjden.

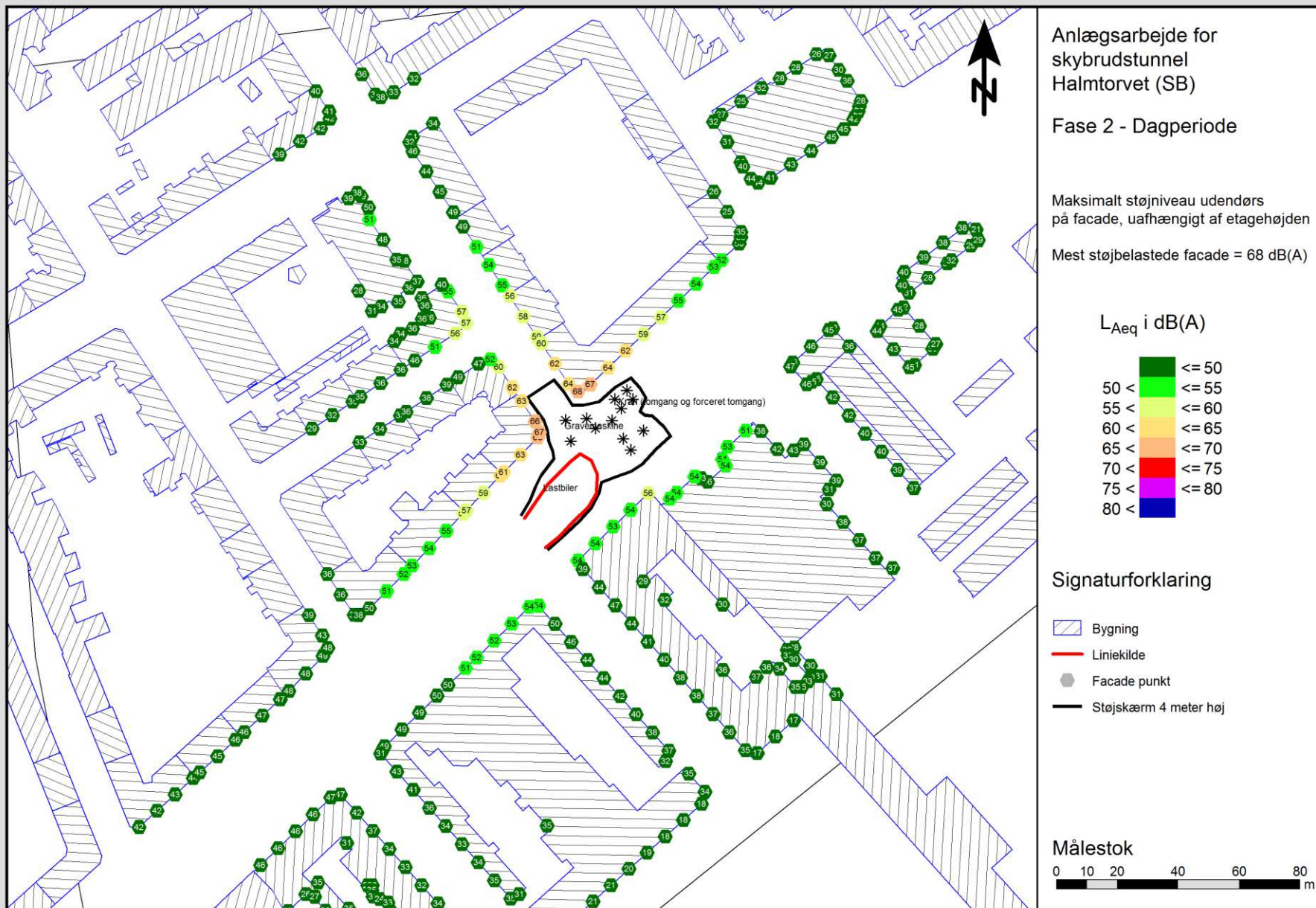
Side	Fase
29	Fase 1a dagperiode
30	Fase 1a-alternativ dagperiode
31	Fase 1b dagperiode
32	Fase 1c dagperiode
33	Fase 2 dagperiode
34	Fase 3 dagperiode
35	Fase 4 dagperiode
36	Fase 5 dagperiode
37	Fase 6 dagperiode
38	Fase 7 dagperiode
39	Fase 9 dagperiode

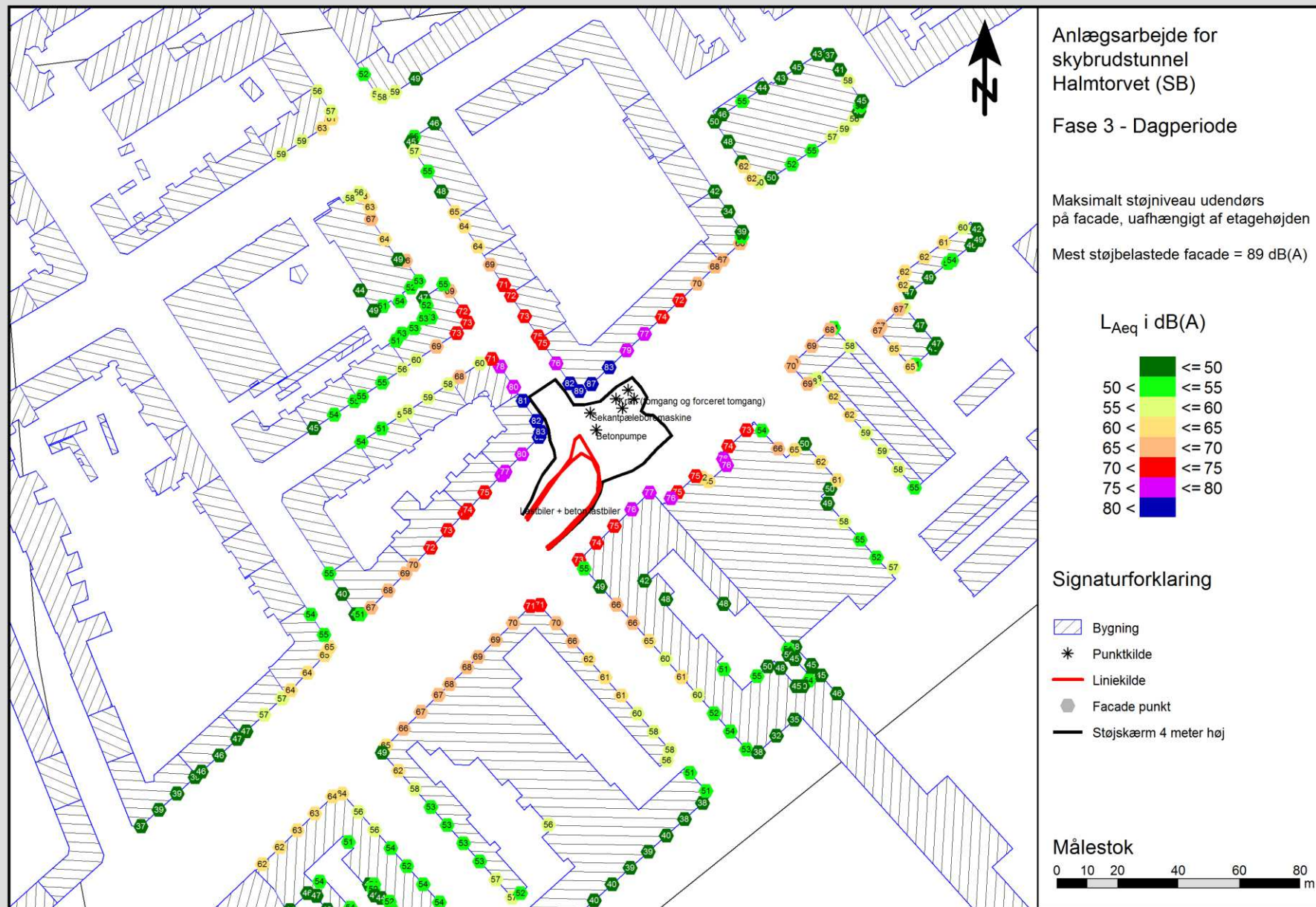


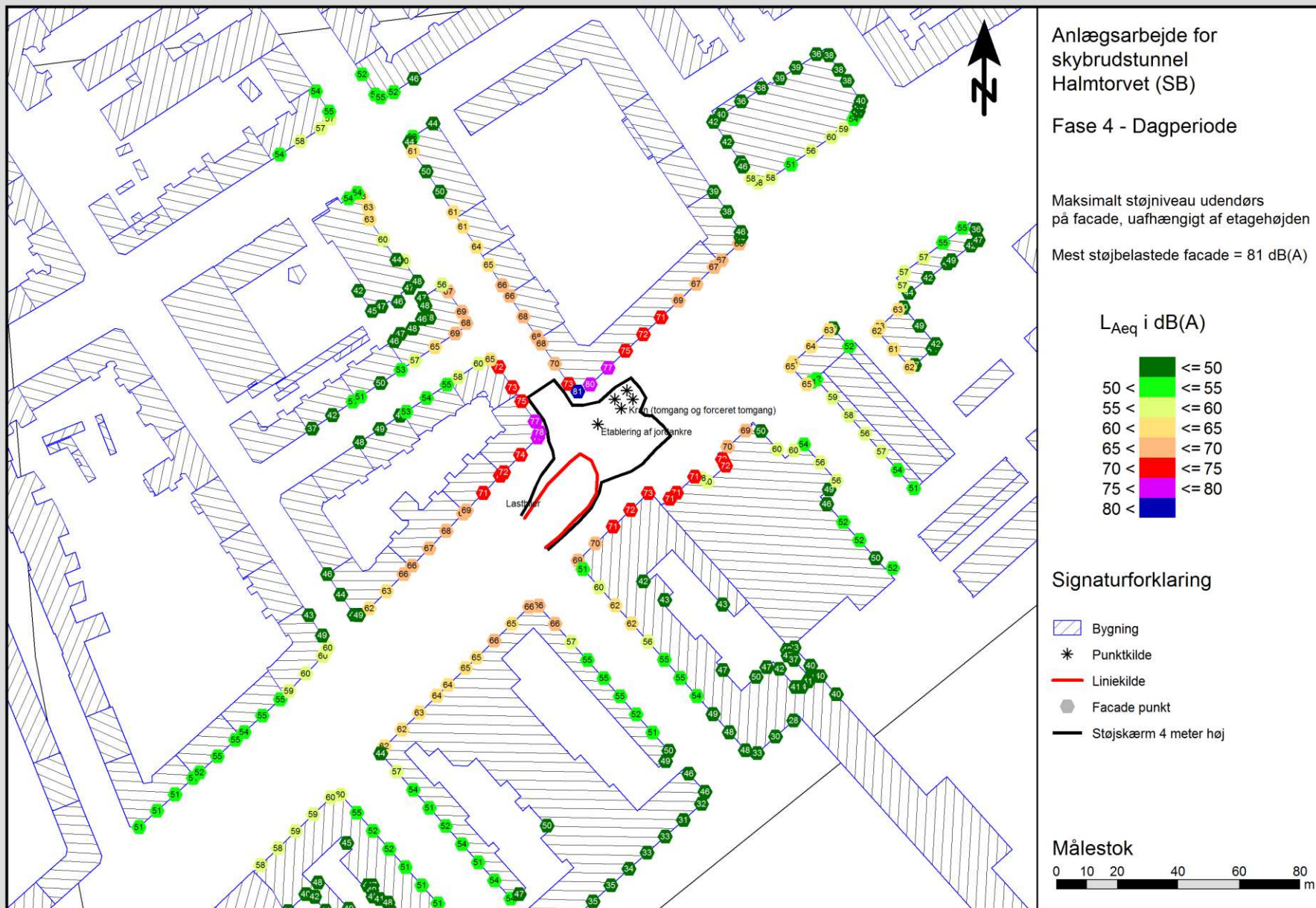




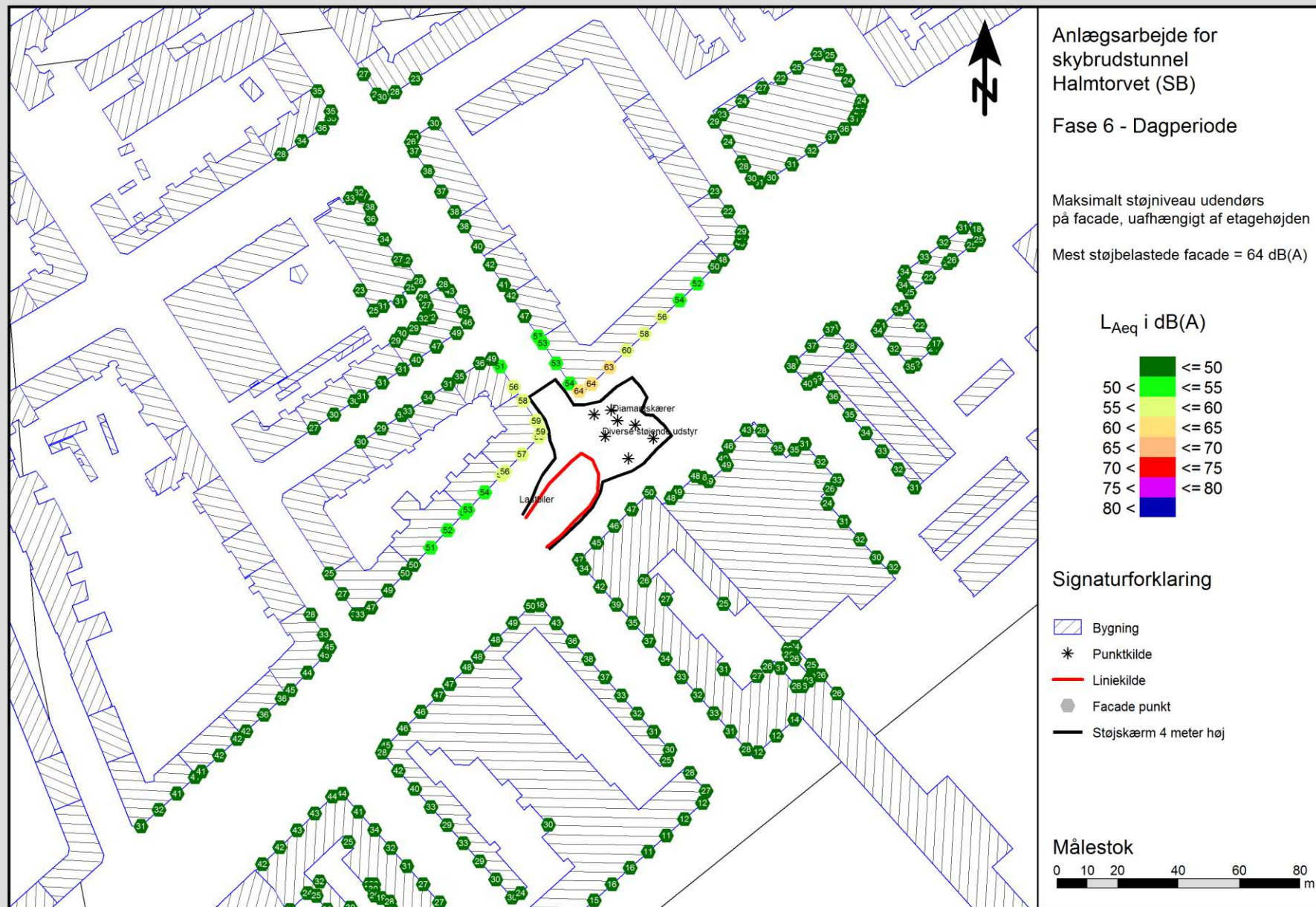


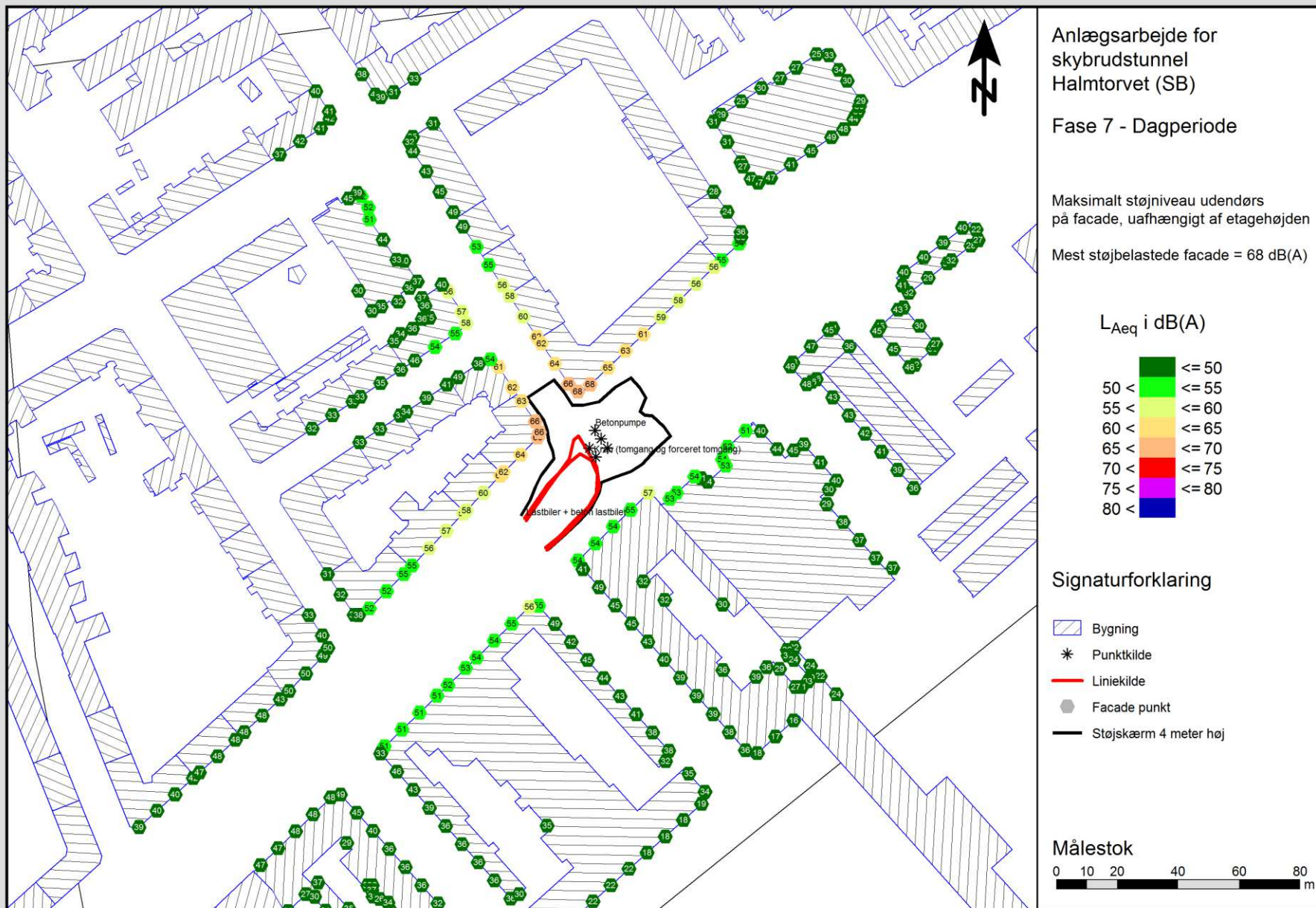


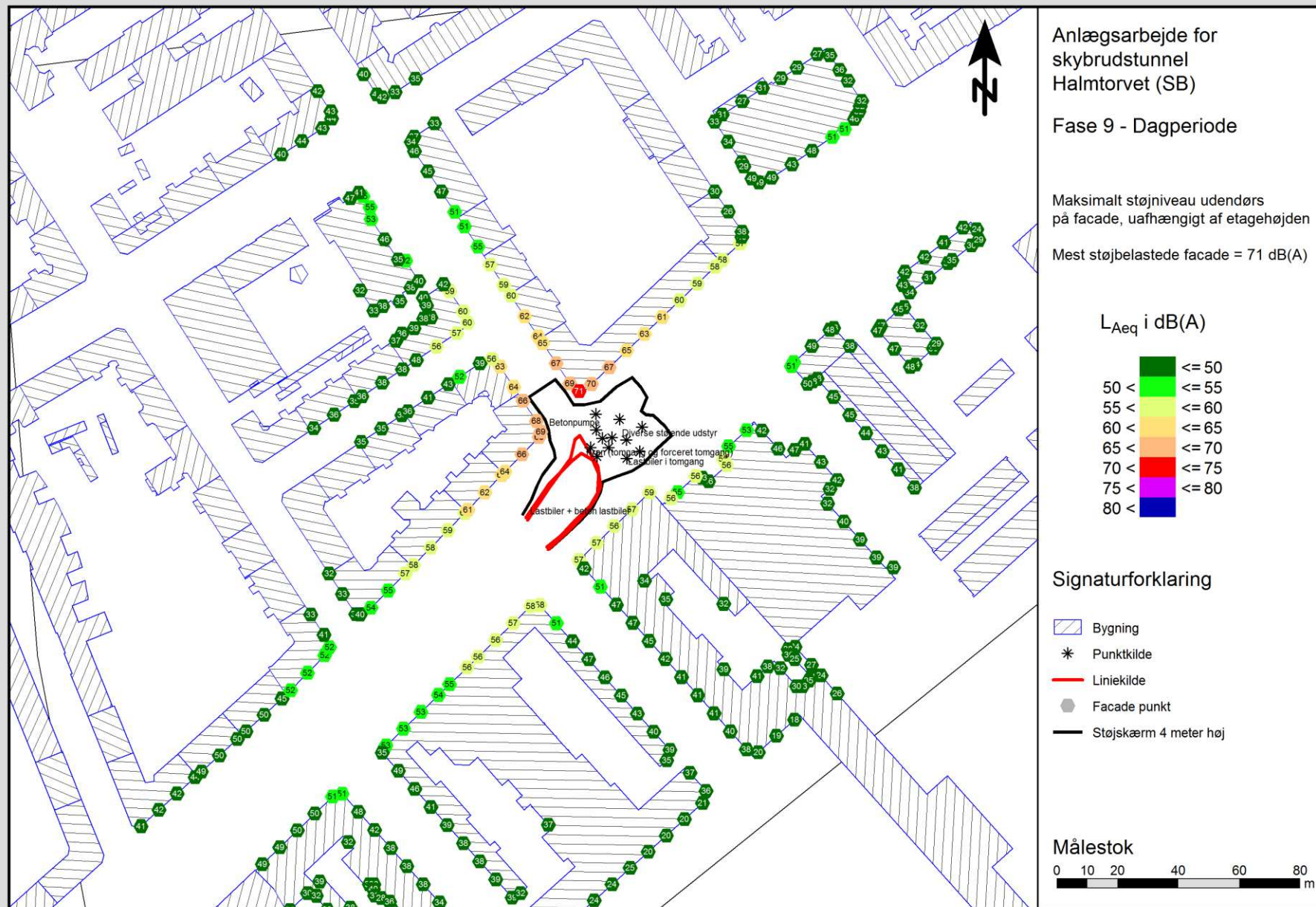








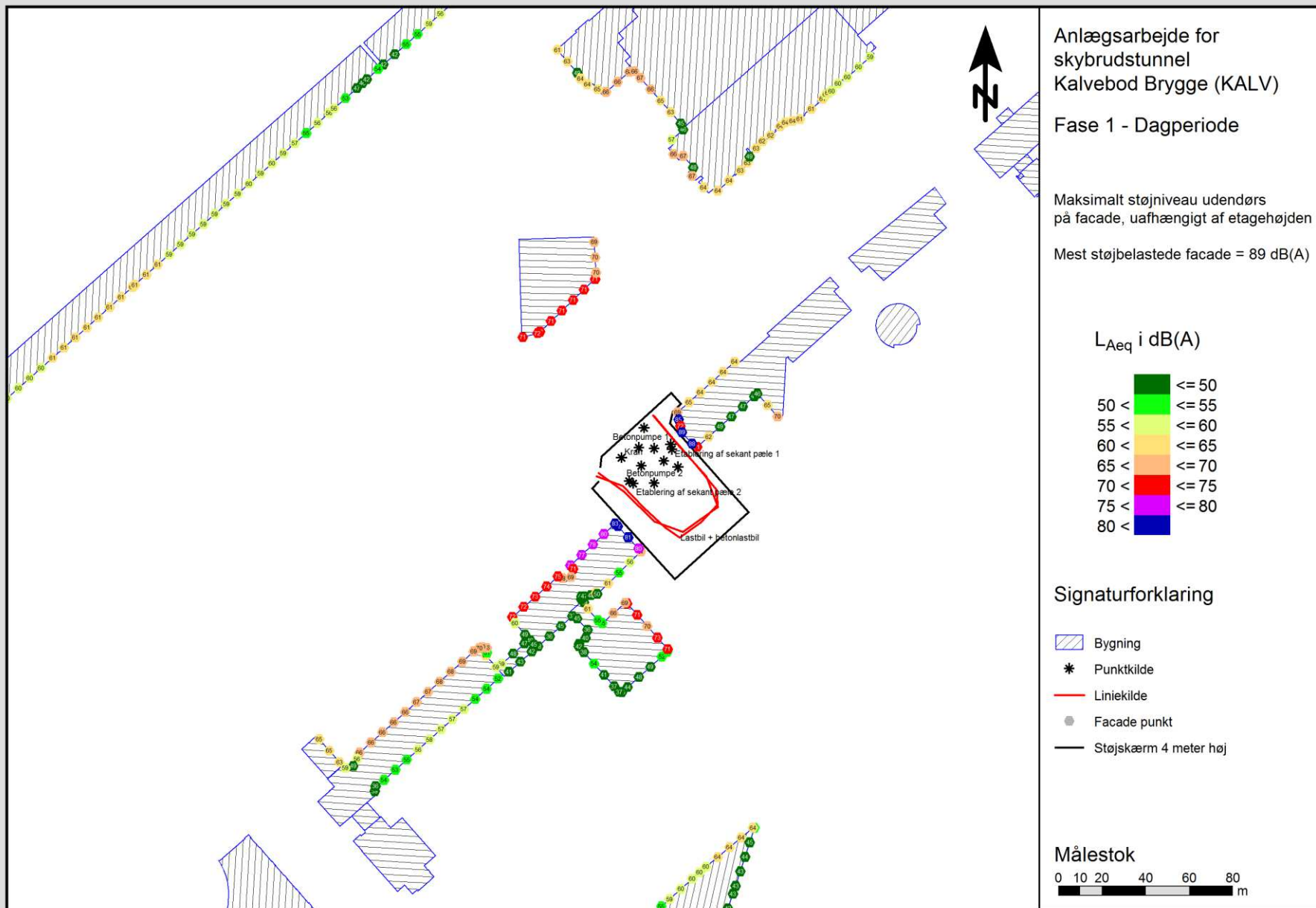


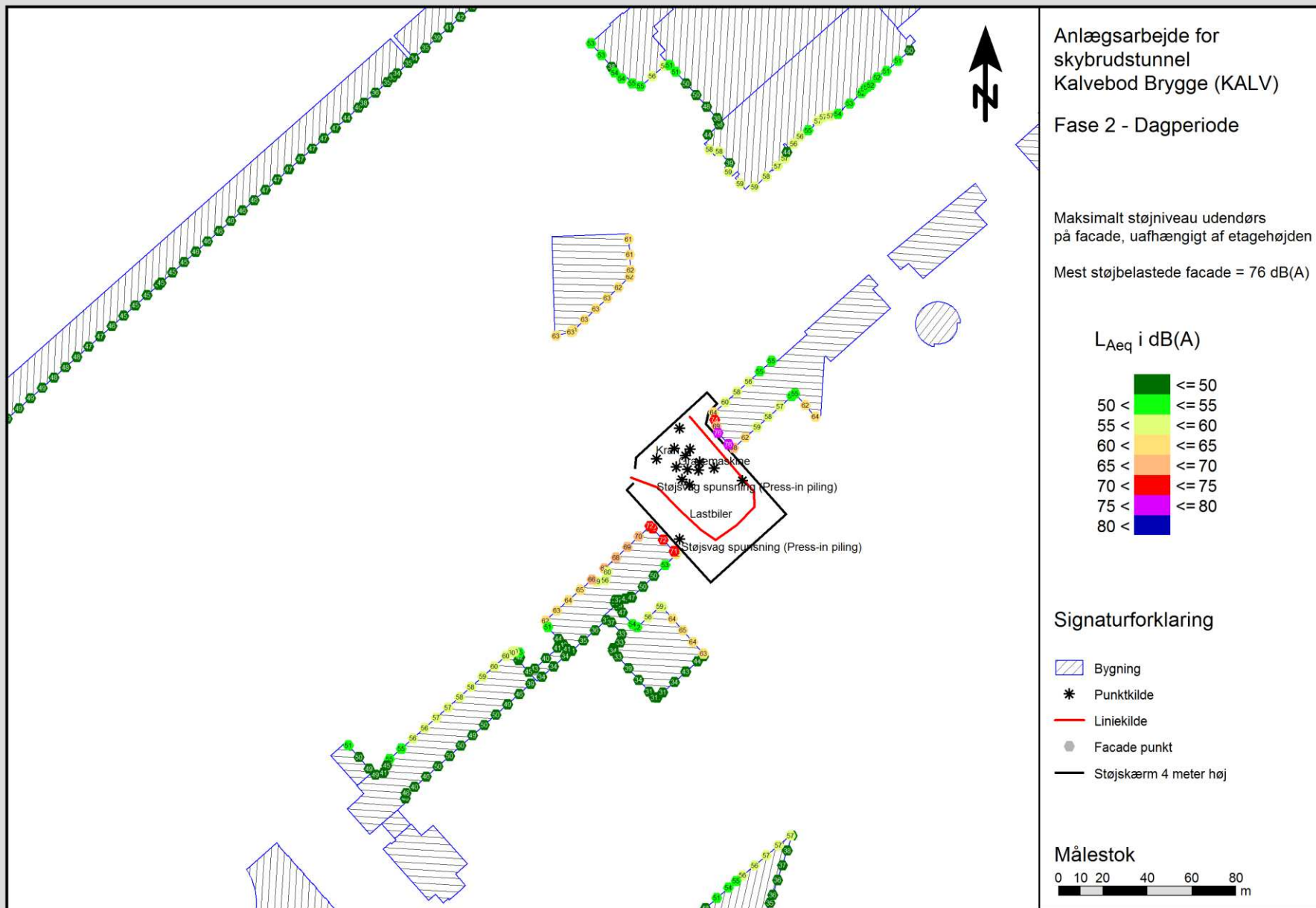


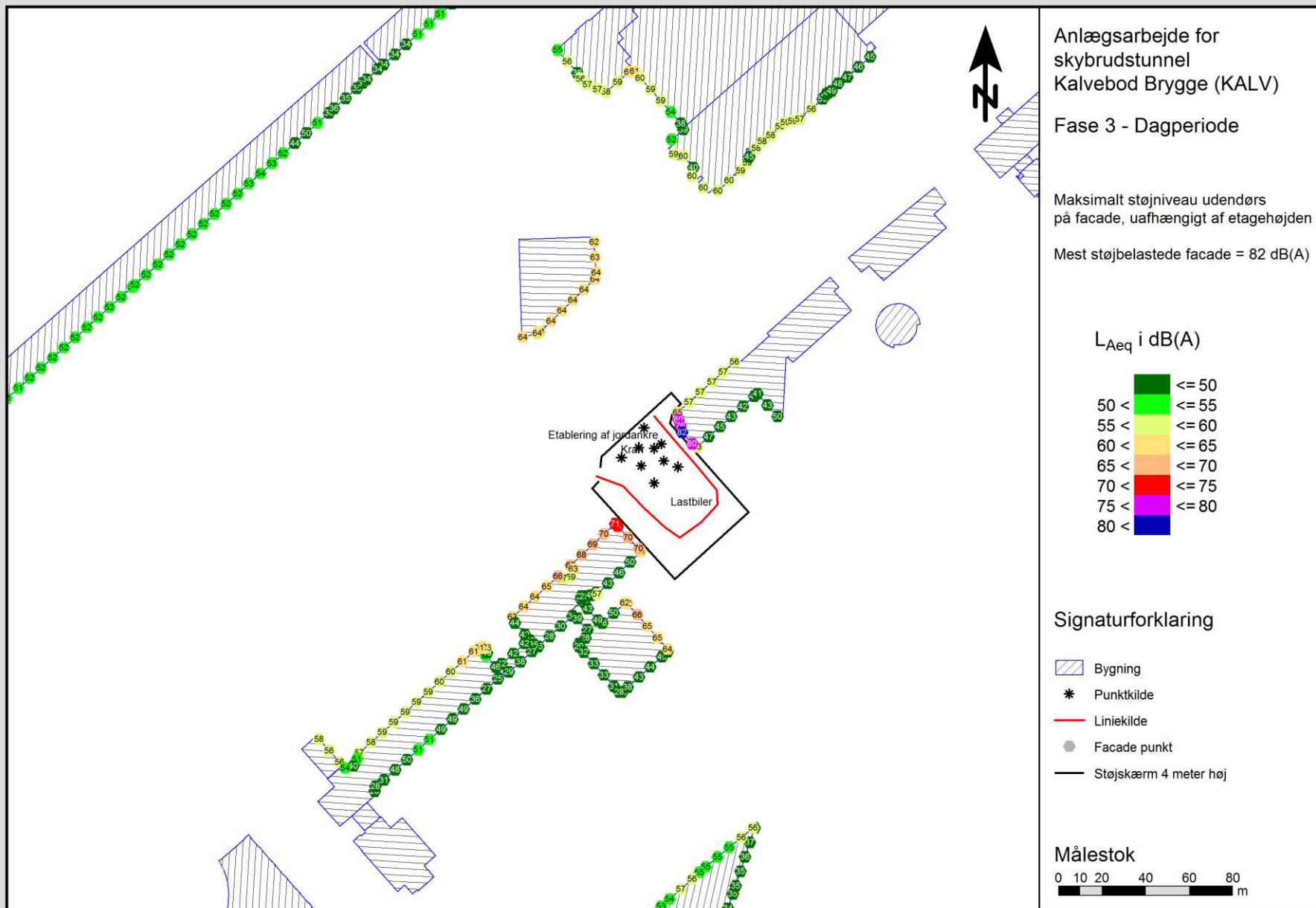
Bilag 7. Støj fra anlægsarbejde ved Kalvebod Brygge (KALV)

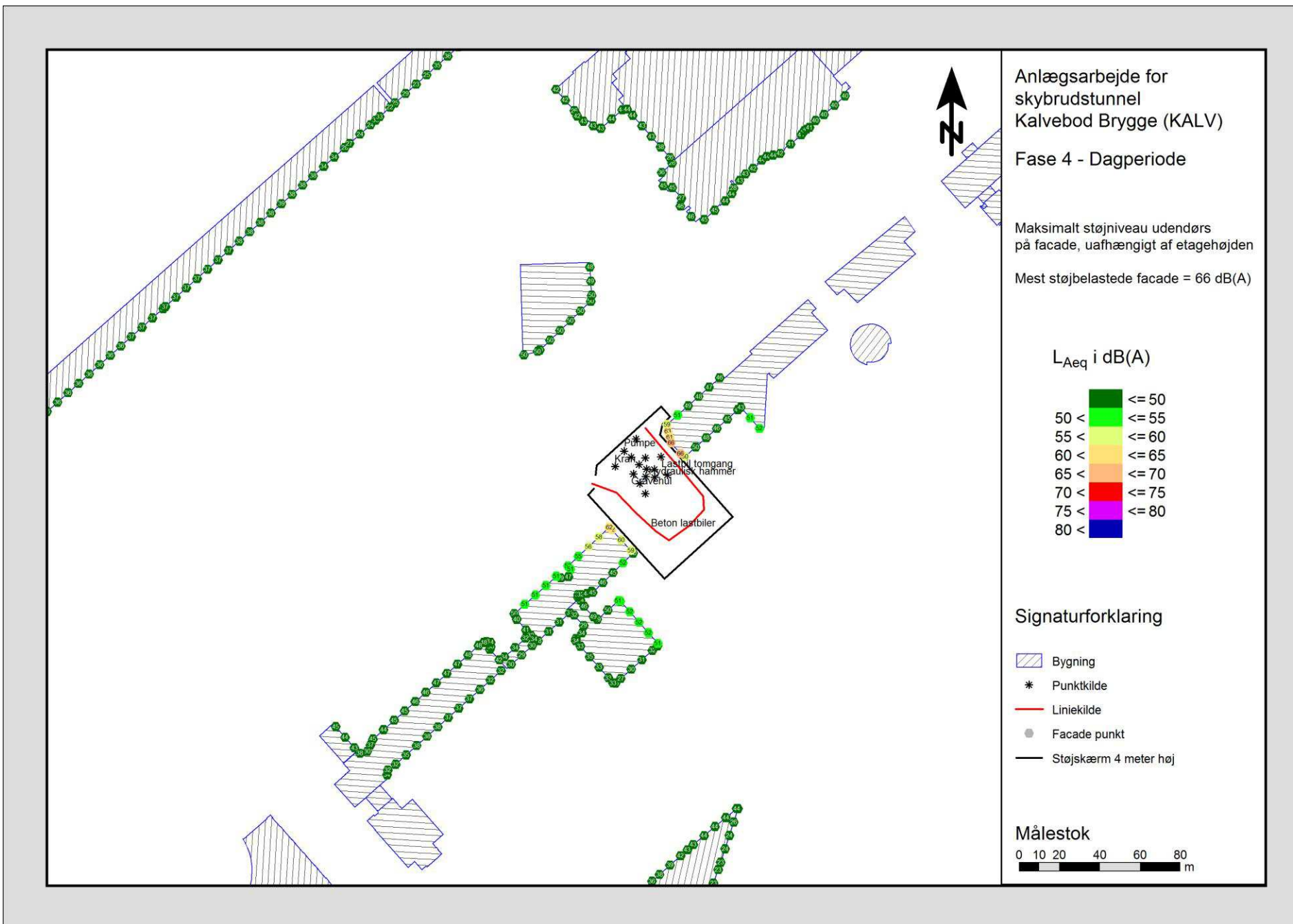
Støj udendørs på facader angivet som det maksimale A-vægtede støjniveau uafhængigt af etagehøjden.

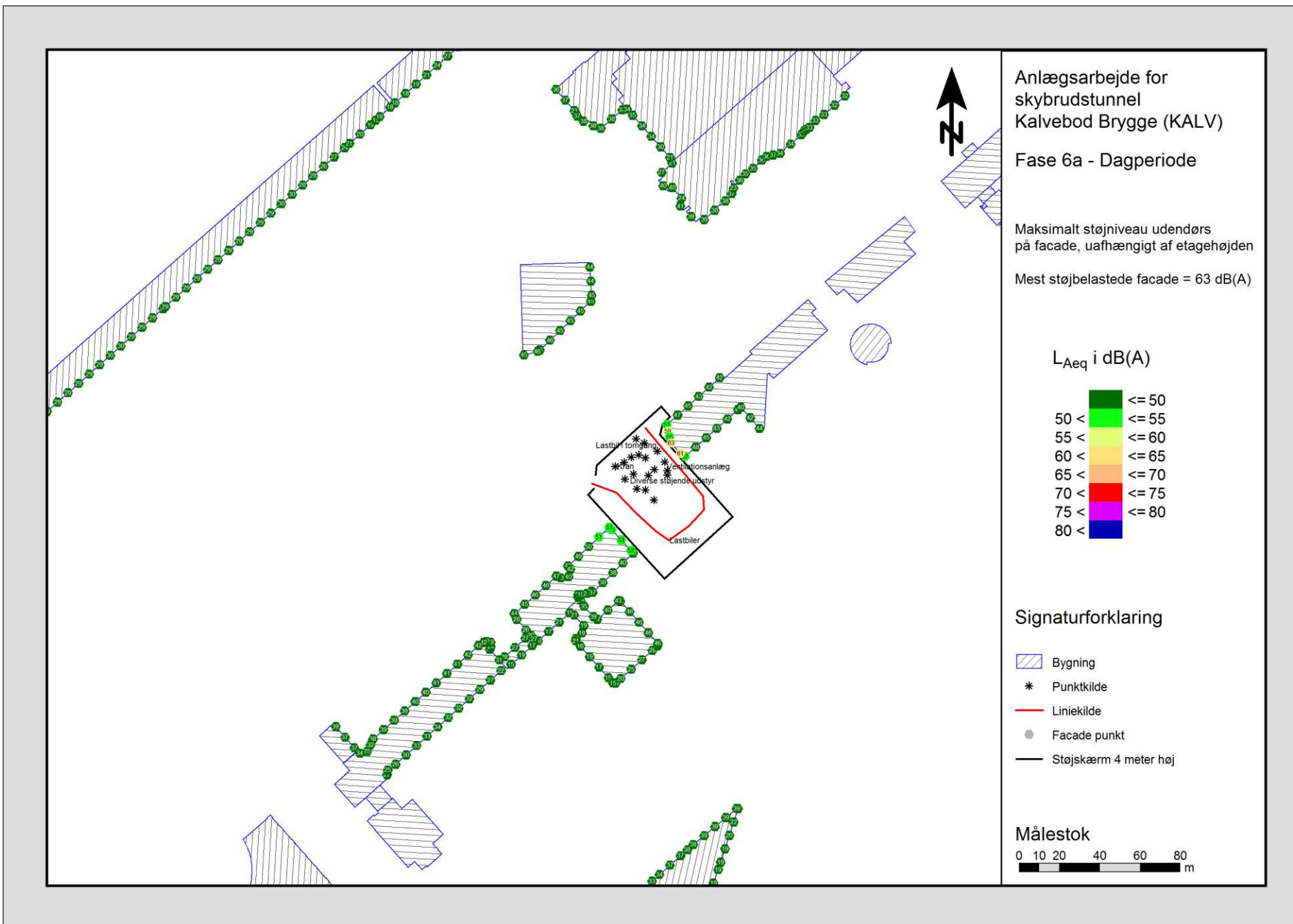
Side	Fase
41	Fase 1 dagperiode
42	Fase 2 dagperiode
43	Fase 3 dagperiode
44	Fase 4 dagperiode
45	Fase 5 dagperiode
46	Fase 6a dagperiode
47	Fase 6a natperiode – 8 timer
48	Fase 6a natperiode – ½ time
49	Fase 6b dagperiode
50	Fase 6b natperiode – 8 timer
51	Fase 6b natperiode – ½ timer
52	Fase 7 dagperiode

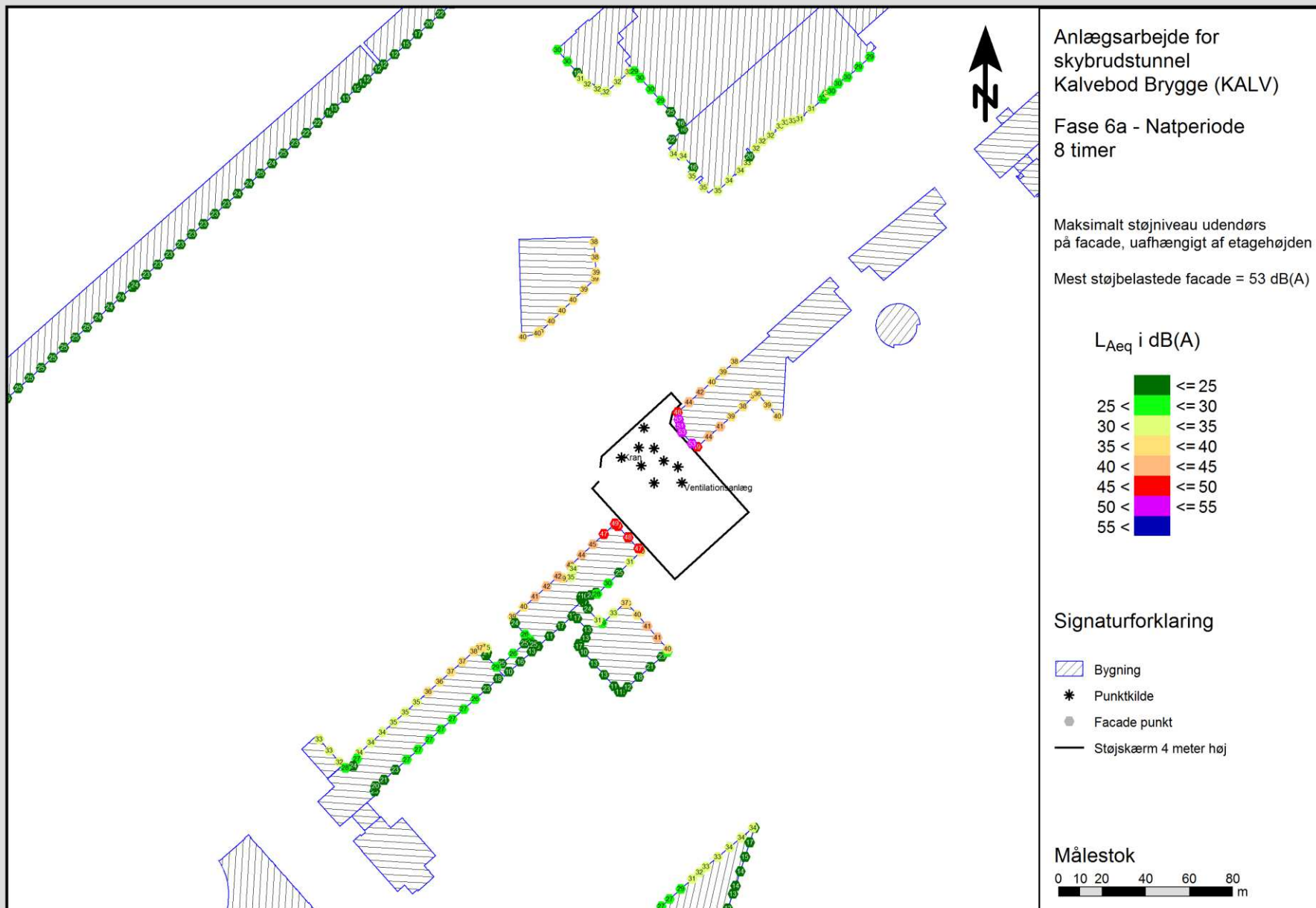


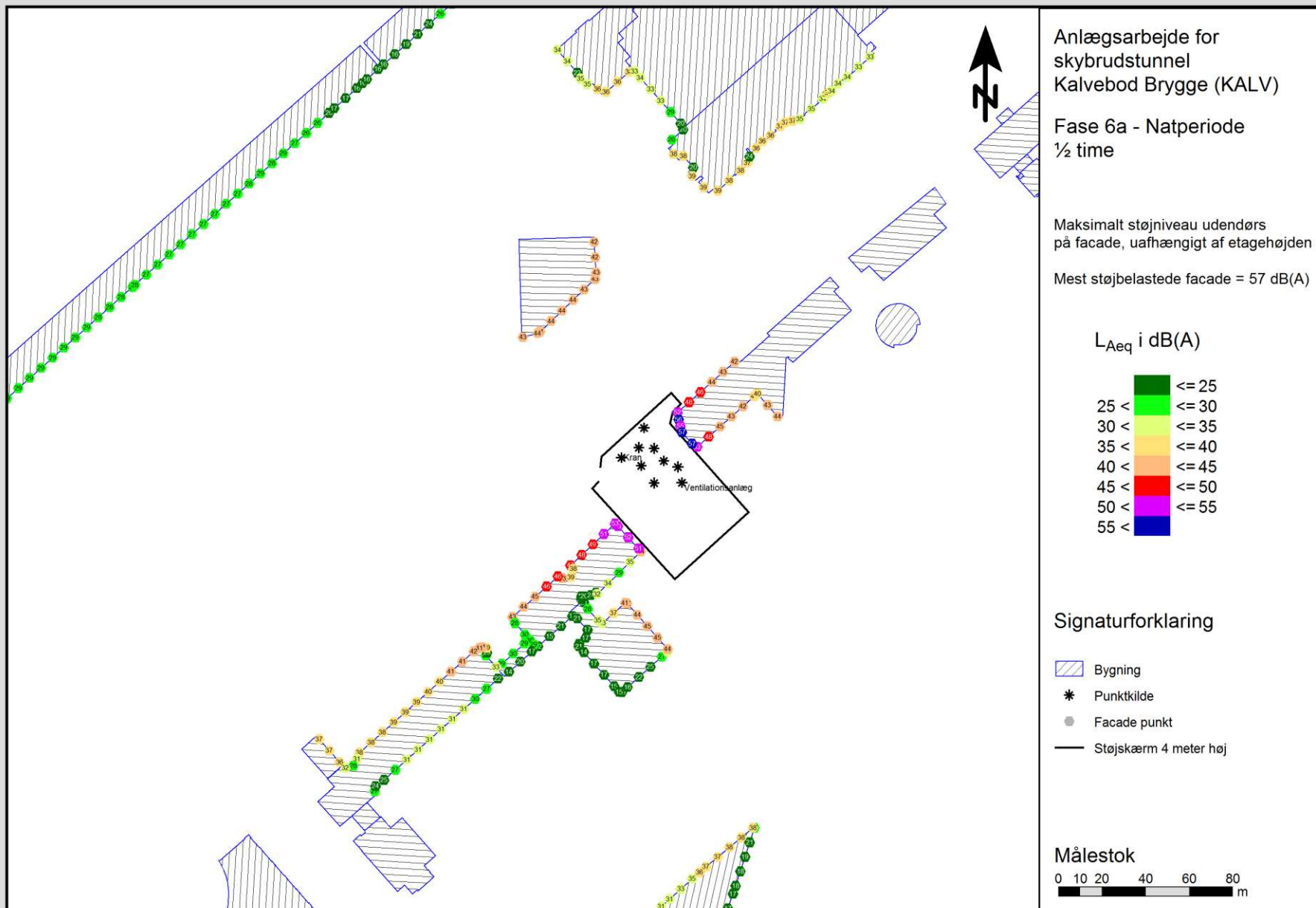


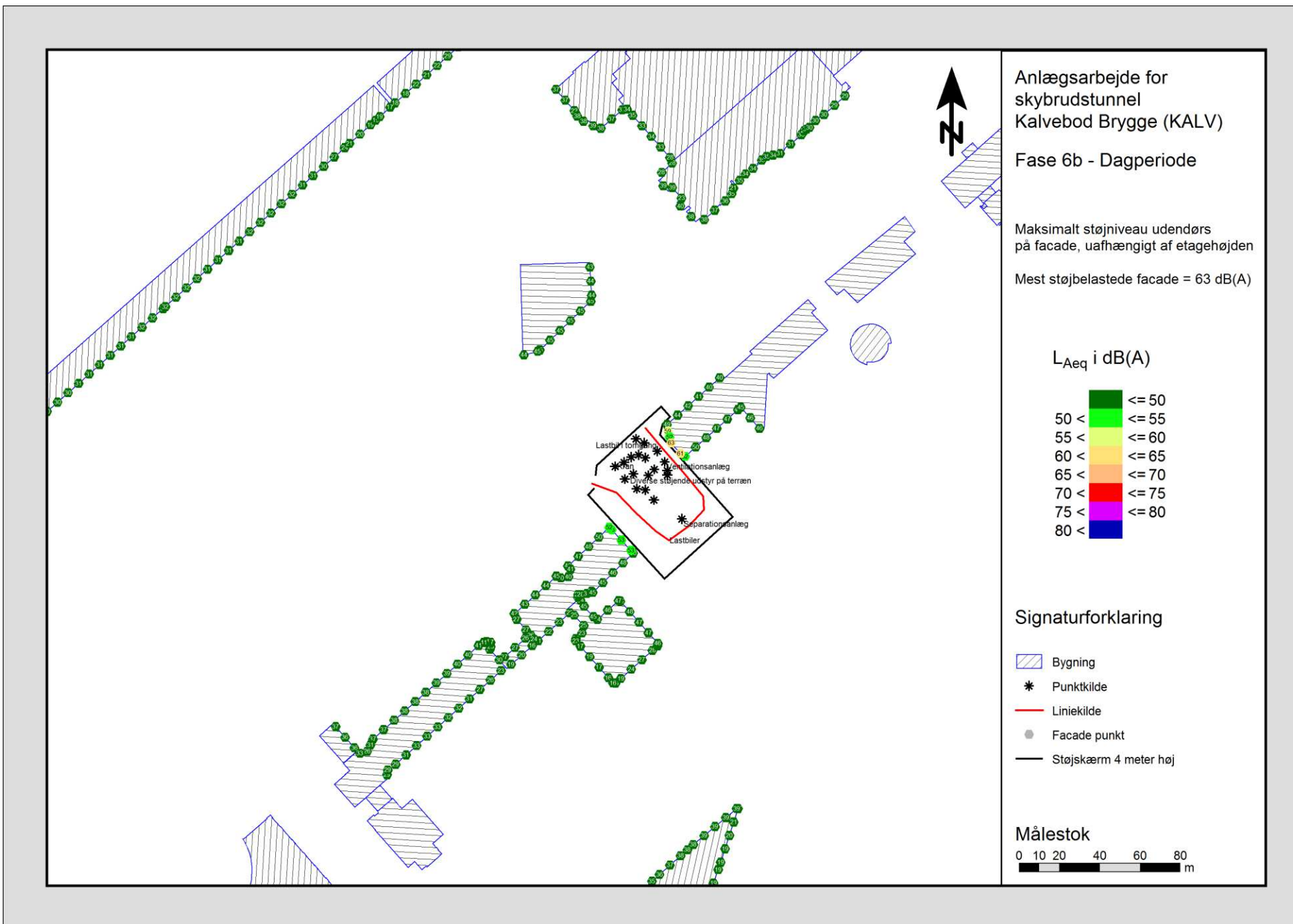


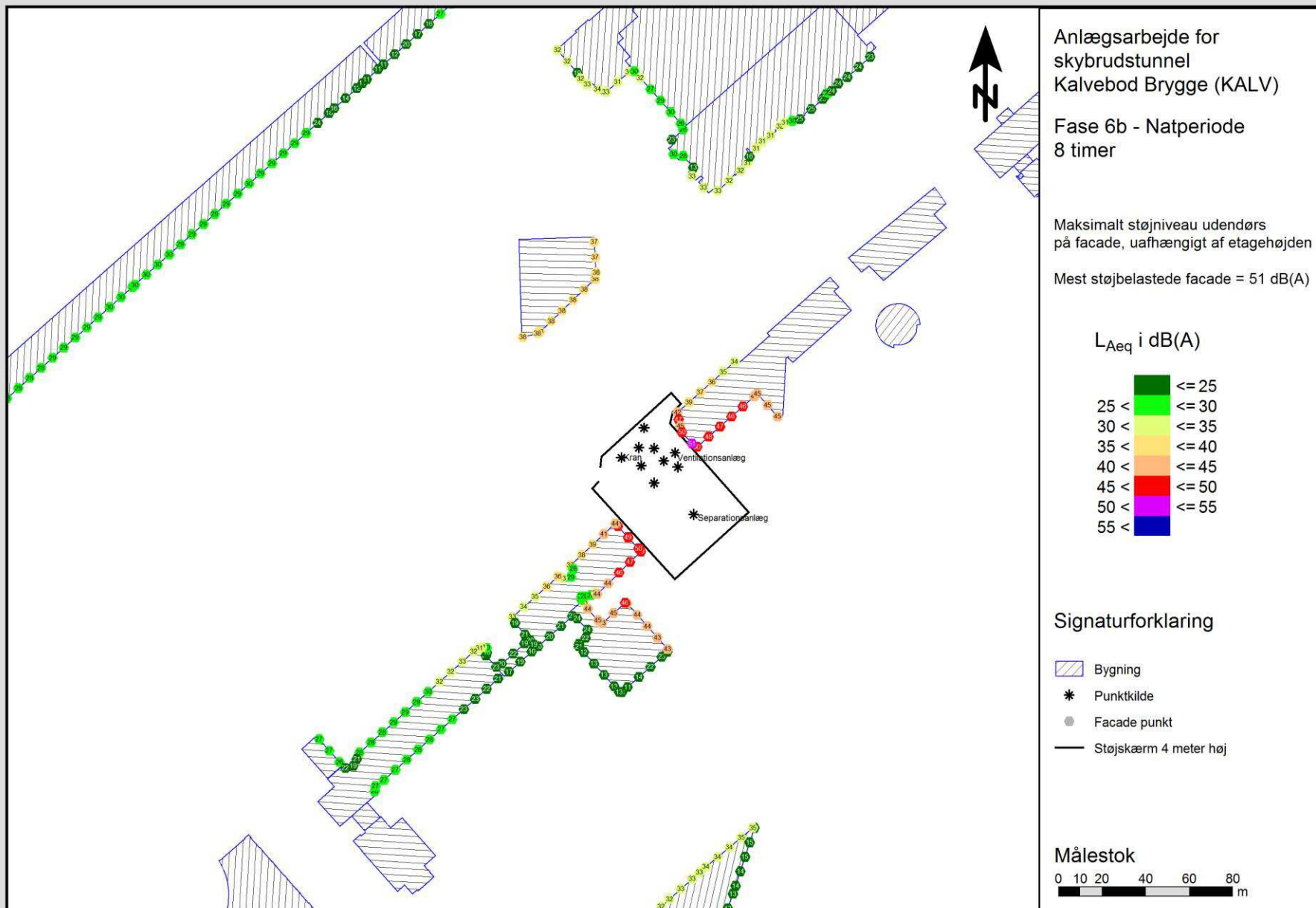


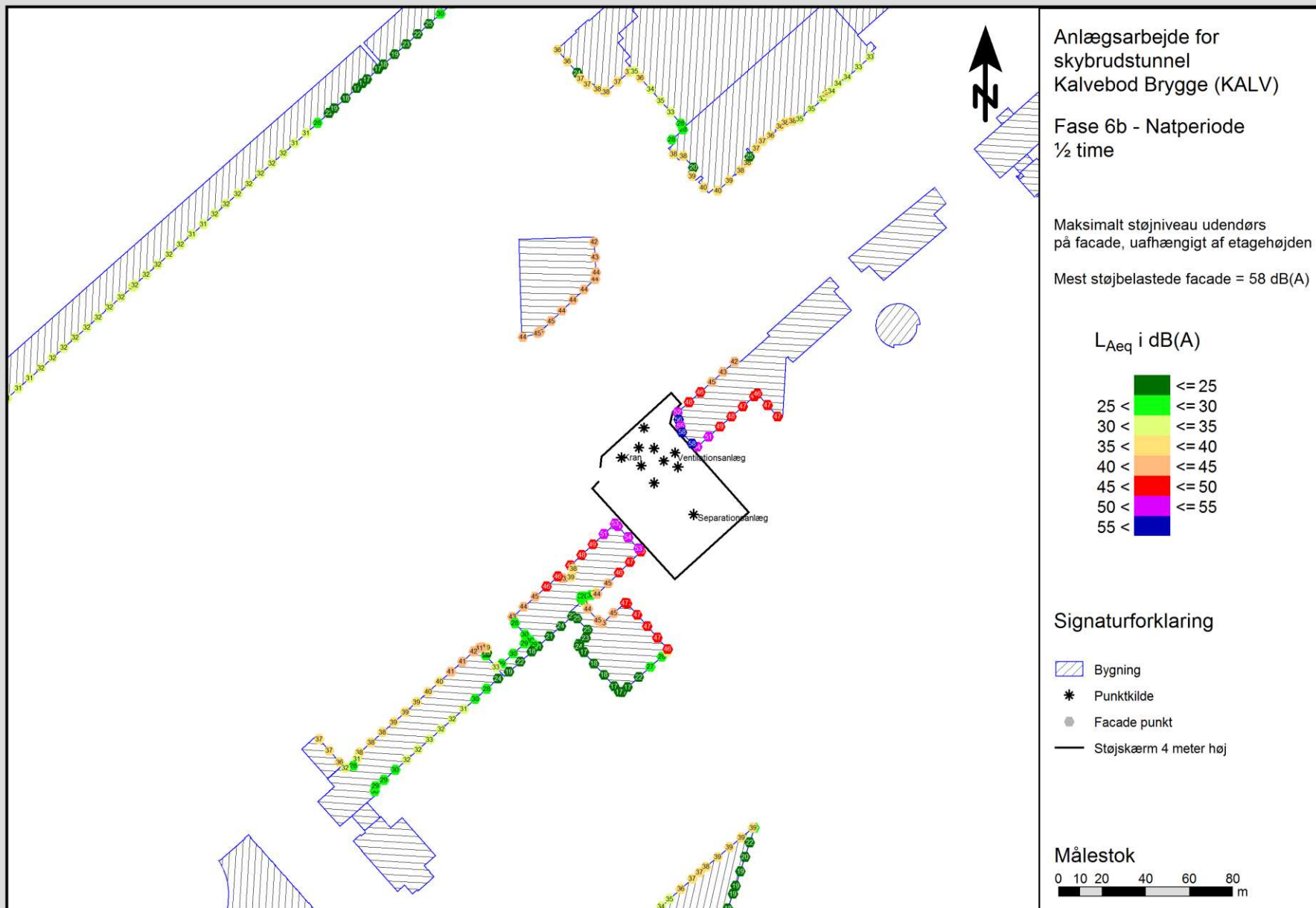


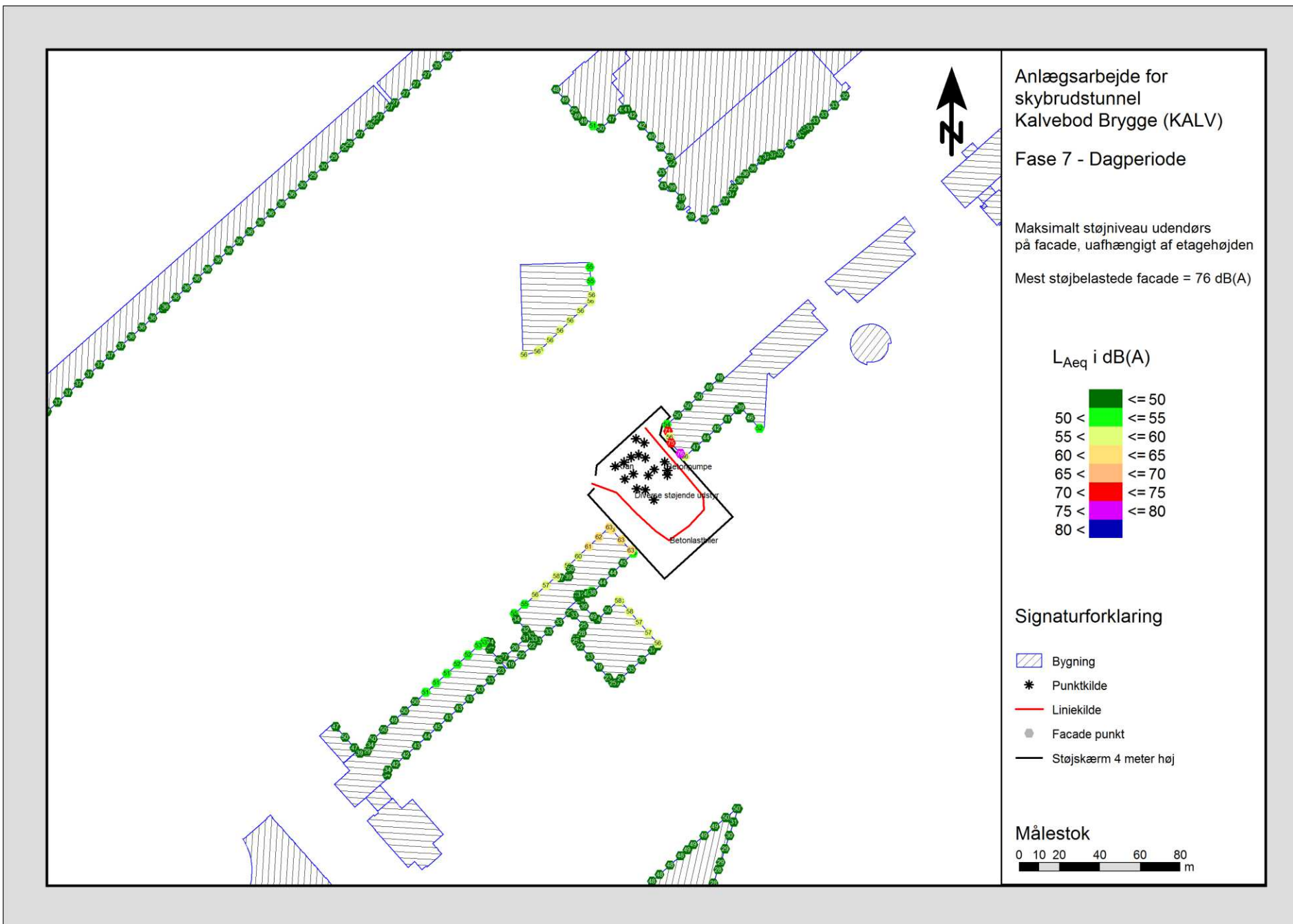












BILAG 2

Vurdering af effekter på
badevandskvaliteten i
Københavns Havn
KAL-DD-MYN-GEN-NOT-002

Notat

HOFOR A/S & Frederiksberg Forsyning Valby og Kalvebod Brygge Skybrudstunnel – vurdering af effekter på badevandskvaliteten i Københavns Havn Document no: KAL-DD-MYN-GEN-NOT-002

Projekt nr.: 229404
Revision 1.0
Udarbejdet af PEAN, KLBU
Kontrolleret af AKJ
Godkendt af DGP

Indhold

1	Introduktion - formål	2
2	Scenarier	4
3	Metode og beregninger	5
3.1	Vurdering af varighed og styrke af en 5-års udledningshændelse	5
3.1.1	Forudsætninger	5
3.1.2	Beregninger	5
3.1.2.1	Stillestående vand	5
3.1.2.2	Opblanding	7
3.1.3	Konklusion	7
3.2	Vurdering af badevandskvaliteten og effekten af en 5-års og en 10-års hændelse	8
3.2.1	Forudsætninger	8
3.2.2	Beregninger af badevandskvalitet	8
3.2.3	Konklusion	10
4	Opsamling	10
5	Referencer	10

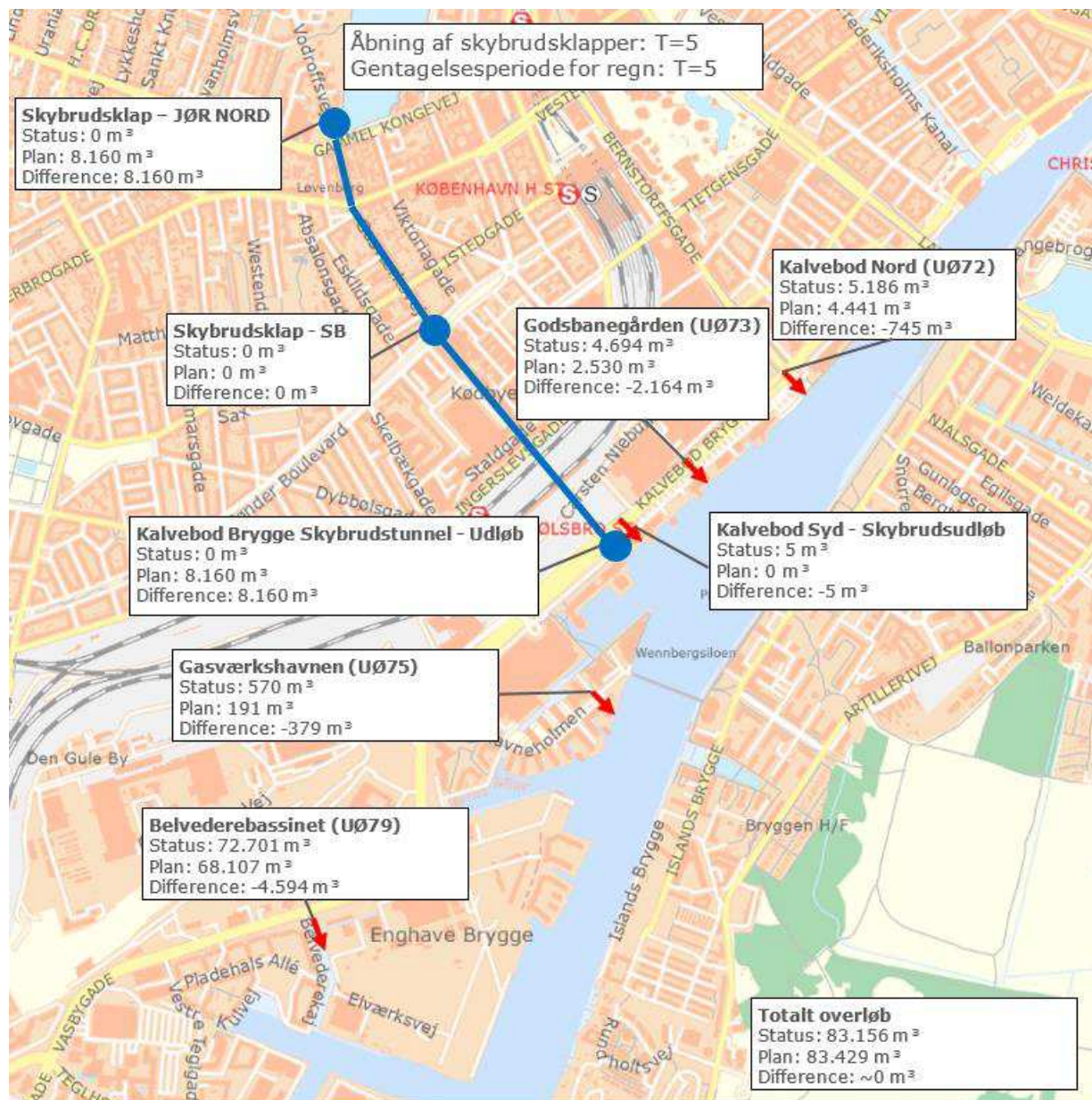
1 Introduktion - formål

HOFOR og Frederiksberg Forsyning planlægger at etablere en skybrudstunnel ved Kalvebod Brygge i Københavns Havn. Skybrudstunnelen skal aftage en del af det vand som i dag strømmer ud af udløbene ved Kalvebod Nord, Godsbanegården, Kalvebod Syd, Gasværkshavnen og Belvedere bassinet.

NIRAS er blevet anmodet om at vurdere påvirkningen af badevandskvaliteten i Københavns Havn efter etableringen af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Placeringen af skybrudstunnelen inkl. skybrudsklapper samt de eksisterende overløb ses af Figur 1. Placeringen af badeanlæg er vist på Figur 2.

Mere specifikt er NIRAS blevet bedt om at vurdere om drift af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil påvirke badevandskvaliteten i havnen og antallet af lukkedagene i havnebadene. Beregninger har vist, at der ved udledning til havnen efter etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ikke vil ske en ændring i den samlede vandmængde, som vil blive tilført havnen fra udløbene, men at der vil ske en omfordeling af vandmængderne i forhold til de eksisterende udløb [2]. HOFOR vil i muligt omfang lede den del af vandet, der tilbageholdes i tunnelens bassinvolumen, tilbage til kloaksystemet. Det kan ikke afvises, at dette kan ændre på risikoprofilen for havnebadene, hvilket vurderes i nærværende notat.

I Figur 1 **Error! Reference source not found.** er vist en oversigt over de involverede udløbsmængder, når al vandet ledes ud i havnen. Ved hel eller delvis afledning af tunnelens bassinvolumen til kloaksystemet vil mængden af udledt vand til havnen fra skybrudstunnelen kunne reduceres med op til 9.700 m³.



Figur 1 Kort over Københavns Havn med angivelse af udløbet fra skybrudstunnelen, som ligger tæt på havnebadet ved Fisketorvet, se figur 2.



Figur 2 Placeringen af havnebade i Københavns Havn med angivelse af 1. Sluseholmen, 2. Havnevigen, 3. Fisketorvet, 4. Halfdansgade og 5. Islands Brygge.

2 Scenarier

Til vurderingen regnes der på følgende scenarier:

1. Der regnes på en 5-års hændelse svarende til en udledning af 8.160 m^3 vand via skybrudstunnelen
2. Der regnes på en 10-års hændelse svarende til en udledning af 14.669 m^3 vand via skybrudstunnelen

Den samlede aflastningsmængde til havnen for en 5-års regn er i både den eksisterende situation og for en fremtidig situation med en skybrudstunnel omkring $83.200\text{--}83.400 \text{ m}^3$, og forskellen mellem de beregnede vandmængder er så lille, at den vurderes at være inden for usikkerheden på beregningerne. Der er altså tale om en omfordeling af vand imellem de eksisterende udløb/overløb og skybrudstunnelen i en fremtidig situation.

Den samlede aflastningsmængde til havnen er i både i den eksisterende situation (status) og den fremtidige situation med en skybrudstunnel (plan) for en 10-års regn omkring 111.000 m³, og forskellen mellem de beregnede vandmængder er så lille, at den vurderes at være inden for usikkerheden på beregningerne.

3 Metode og beregninger

I dette afsnit beregnes spredning og henfald for *E. coli* for en fremtidig situation med drift af skybrudstunnelen. På baggrund af dette vurderes badevandskvaliteten for en 5-års hændelse og en 10-års hændelse samt ændringen i badevandskvaliteten relativt til de eksisterende forhold.

Først beregnes og vurderes varigheden og styrken af en 5-års udledningshændelse på forekomsten af *E. coli* i Københavns Havn og på baggrund af dette vurderes badevandskvaliteten på udvalgte havnebade og effekten af 5-års hændelsen på badevandskvaliteten og målsætningen for det maksimale antal lukkedage på havnebadene. Det vurderes derefter, hvorvidt påvirkninger fra en 10-års hændelse vil være anderledes end fra en 5-års hændelse samt om der vil være en ændring relativt til de eksisterende forhold.

3.1 Vurdering af varighed og styrke af en 5-års udledningshændelse

Følgende er en beregning af henfald og spredning af *E. coli* fra udløb fra den nye skybrudstunnel ved Kalvebod Brygge i forbindelse med en 5-års hændelse, hvor skybrudsklapperne åbnes, og overfladevand iblandet få procent spildevand udledes til havnen.

3.1.1 Forudsætninger

Der regnes med følgende forudsætninger:

- Vandet, der udledes fra skybrudstunnelen, er regnvand opblandet med 2-5 % spildevand [3] og har ved udløbet en koncentration af *E. coli* på 20.000 *E. coli*/100 ml [3].
- Det udledte vand er ferskvand.
- Henfaldskoefficienterne for *E. coli* er fastsat til henholdsvis 0,02 per time om natten og 1,6 per time om dagen svarende til halveringstider (T_{50}) på henholdsvis 23 timer og 0,5 time [3].
- For at dække almindeligt forekommende scenarier regnes der først på stillestående vand. Derefter på vand repræsentativt for området med en typisk strømhastighed på 0,1 m/s [4].
- Det antages, at henfaldet (eller dødsraten) er eksponentielt og følger en funktion på formen $N = N_0 e^{-kt}$, hvor N_0 er udløbskoncentrationen, k er henfaldskonstanten og t er tiden.
- EU's badevandskriterie er for GOD tilstand ≤ 500 *E. coli*/100 ml.
- Der regnes på en udledningsmængde på 400 l/s.

3.1.2 Beregninger

Da henfaldet af *E. coli* (pga. UV-lys) er meget større om dagen end om natten, beregnes der på to scenarier for udledning hhv. dag og nat. Begge scenarier beregnes for hhv. udledning i stillestående vand og med antagelse om opblanding.

3.1.2.1 Stillestående vand

Hvis udløbet sker om **dagen**, gælder der at:

$$N = 20.000 e^{-1.6t}$$

Ud fra dette kan man regne sig frem til, at badevandskriteriet for GOD tilstand vil være overholdt ca. 3 timer efter udløbets ophør, uanset hvor meget vand der udledes. Udløb for en 5-års hændelse vil vare ca. 6 timer, mens den for en 10-års hændelse vil vare ca. 7 timer. Imens der løber vand ud af udløbet, vil der være en zone nær udløbet, hvor kriteriet ikke er opfyldt.

Hvis vandet i recipienten har en hastighed, vil skybrudsvandet blive transporteret med strømmen. Fordi det er ferskvand, vil det ligge øverst i vandmassen. En typisk strømhastighed i havnen er ca. 0,1 m/s. Hvis denne strømhastighed antages, vil skybrudsvandet kunne transporteres i 3 timer, inden henfaldet har nedbragt bakteriekoncentrationen til et acceptabelt niveau. På 3 timer bliver transportafstanden:

$$S = 0,1 \text{ m/s} \cdot 3.600 \text{ s} \cdot 3 = 1.080 \text{ m.}$$

Således vil *E. coli*-koncentrationen, med en gennemsnitlig strømhastighed i havnen på 0,1 m/s, overstige grænseværdien i en afstand på op til 1 km væk fra udløbet under forudsætning af, at det udløbende vand ikke blandes med det omgivende vand.

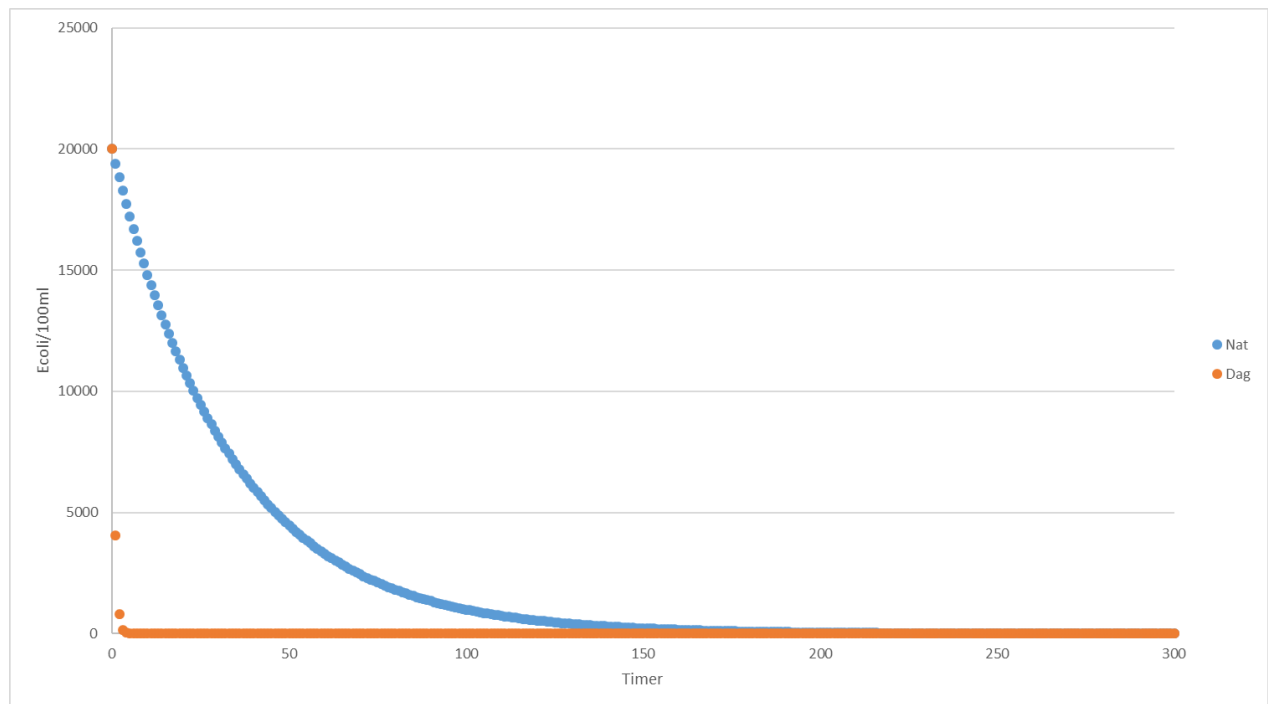
Dette er et konservativt estimat, da der vil ske opblanding, der erfaringsmæssigt betyder, at skybrudsvandet allerede ved udløbet fortyndes med mindst en faktor 2 – 3, hvilket betyder, at grænseværdien for *E. coli* ikke vil overskride badevandskvalitetskriteriet i en afstand på få hundrede meter fra udløbet.

Hvis udløbet sker om **natten**, gælder der at:

$$N = 20.000e^{-0.03t}$$

Ud fra dette kan man regne sig frem til, at badevandskriteriet for GOD tilstand vil være overholdt efter ca. 123 timer. Det betyder, at ved udløb om natten vil et relativt stort område kunne påvirkes. Det er vigtigt at påpege, at natten i Danmark i gennemsnit er 12 timer, hvorefter dagskonditionerne tager over, og bakterierne henfalder efter dagsraten. Så den reelle henfaldstid er antallet af nattimer fra hændelse plus 1 til 2 timer.

Henfaldene i henholdsvis en dag og natsituation er vist i Figur 3.



Figur 3 Henfald af *E. coli* beregnet for udledning henholdsvis nat og dag.

Hvis udløbet sker i løbet af natten, kan en stor del af bakterierne i værste fald "overleve" en fuld tidevandsperiode. Dvs. at den maksimale vandringsslængde er:

$$S = 0,1 \text{ m/s} \cdot 3.600 \text{ s} \cdot 6,25 = 2.250 \text{ m.}$$

Under forudsætning af, at der ikke sker en opblanding, og at strømmen er styret af tidevand, så er dette den maksimale afstand, inden for hvilken badevandskvalitetskriteriet GOD ikke overholdes. Medregnes den opblanding, der vil forekomme i form af en initialfortynding på minimum en faktor 2-3, vil badevandskvalitetskriterierne overskrides inden for et område med en afstand på ca. 1.000 m fra udledningspunktet.

3.1.2.2 Opblanding

Den horisontale og vertikale opblanding af det udledte vand fra skybrudstunnellen er mere kompliceret at regne eksakt på. Som udgangspunkt kan man anvende nedenstående metode/formel fra Miljøstyrelsen (2002) [5] til at beregne, hvornår den vertikale blanding har medført opblanding over hele vandsøjlen:

$$l_x = h^2 \cdot u / (2 \cdot D_z)$$

Hvor

l_x = afstand

H = vanddybden (m)

U = strømhastigheden (m/s)

D_z = dispersionskoefficienten (m^2/s)

Hvis der anvendes en relativt lille dispersionskoefficient på $0,005 m^2/s$, en vanddybde på 10 m og en strømhastighed på 0,1 m/s fås en afstand på ca. 1.000 m. Dvs. at vand udledt fra skybrudstunnellen er blandet op i hele vandsøjlen i ca. 1 km's afstand fra udløbet, og dermed at den vertikale opblanding er ca. 1 m/100 m.

Den horisontale spredning er sædvanligvis mange gange større end spredningen i dybden. Hvis det antages, at den horisontale dispersion er ca. 5 %, svarer det til, at fanen udvider sig 5 %/m afstand til kilden. Hvis man ydermere antager, at der udledes 400 l/s svarende til en 5-års hændelse fra skybrudstunnellen, og at strømhastigheden er 0,1 m/s, betyder det, at der udledes $4 m^3$ udledningsvand i et snit på 1 m af kanalen. Hvis udledningen starter i en 1 m bred kube på 2×2 m, betyder det, at vandet i en afstand på 100 m vil være fortyndet op i en kube på 3×12 m og ved 200 m i en kube på 4×22 m. De resulterende fortyndingsgrader og beregnede *E. coli* koncentrationer er angivet i Tabel 1. Det ses, at fortyndingen alene vil sænke bakterieniveauet til under det acceptable i forhold til badevandskriteriet for GOD tilstand inden for de første 300 m.

Afstand (m) til udløb (X_0)	Horisontal fortynding (ds)	Vertikal opblanding (dz)	Fortyndingsgrad	Koncentration af <i>E. coli</i> (cfu/100 ml)
0	2	2	1	20.000
100	12	3	9	2.222
200	22	4	22	247
300	32	5	40	3
400	42	6	63	0,3
500	52	7	91	0,04

Tabel 1 Fortyndingsgrader angivet som "fortyndingsgrad" som funktion af afstanden fra kilden (X_0), hvor ds er bredden af udledningsfanen og dz er dybdeudbredelsen af fanen i den pågældende afstand fra kilden. CFU = colony forming units. NB: Der er ikke taget højde for henfald i beregningen.

Hvis det beregnede henfald af *E. coli* med tiden kombineres med den beregnede fortynding og initialfortyndingen, vil området, inden for hvilket kvalitetskriteriet for GOD tilstand overskrides, reduceres yderligere.

Mht. en 10-års hændelse, som vil betyde en forøgelse af mængden af udledt skybrudsvand med ca. 75 % i forhold til 5-års hændelsen, kan det forventes, at spredningen og henfaldet vil følge det samme overordnede mønster i tid og rum, som beregnet for 5-års hændelsen. Dog vil der for 10-års hændelsen, som følge af de større udledningsmængder være en forøgelse i den afstand til udledningspunktet, hvor koncentrationen af *E. coli* bliver acceptabel i forhold til GOD tilstand, fra ca. 300 m til ca. 500 m.

3.1.3 Konklusion

På grund af geometrien i området og de mange andre usikkerhedsfaktorer skal resultaterne af beregningerne vurderes indikativt, men det kan med rimelighed konkluderes at:

- Badevandskriteriet for GOD tilstand vil være overholdt i en afstand større end 500 m fra udløbet. Sker udløbet om dagen, vil afstanden fra udløbet, hvor GOD tilstand overholdes være væsentligt mindre.

3.2 Vurdering af badevandskvaliteten og effekten af en 5-års og en 10-års hændelse

I dette afsnit vurderes betydningen af en 5-års samt en 10-års regnhændelse, baseret på beregningerne i afsnittet herover, dels for badevandskvaliteten og dels for antallet af lukkedage på udvalgte havnebade, som ligger inden for en afstand, der betyder, at de kan blive påvirket af udløbshændelsen.

3.2.1 Forudsætninger

Københavns Kommune oplyser, at målsætningen for havnebadene ved Sluseholmen, Havnevig, Fisketorvet, Halldansgade og Islands Brygge er GOD badevandskvalitet baseret på Badevandsbekendtgørelsen (BEK nr. 917). Desuden oplyser Københavns Kommune, at målsætning for det maksimale "antal lukkedage" på havnebadene er 5 per år.

Københavns Kommune oplyser således:

- Københavns Kommune sætter det røde flag, når GOD badevandskvalitet overskrides (>250 *E. coli*, >100 intestinale enterokokker).
- Københavns Kommune har en målsætning om maksimalt 5 lukkedage per badested per sæson (1. juni-15. sept).
- Københavns Kommune har en målsætning om GOD badevandskvalitet ved Fisketorvet Havnebad og det omkringliggende vand.

Det skal nævnes, at ifølge BEK nr. 917 er kriteriet for GOD badevandskvalitet for *E. coli* ≤ 500 cfu/100 ml og > 250 cfu/100 ml, mens UDMÆRKET opnås ved *E. coli* ≤ 250 cfu/100 ml, beregnet for året og de 3 foregående år. Københavns Kommune hejser det røde flag, når den **enkelte måling** overskrider grænsen til GOD badevandskvalitet (*E. coli* > 250 cfu/100 ml) [1].

Badevandskvaliteten i et givent år er beregnet ifølge BEK nr. 917 [1] på baggrund af data for det pågældende år og de 3 foregående badesæsoner, altså i alt 4 års data. For at kunne vurdere betydningen af en 5-års og en 10-års hændelse for den beregnede badevandskvalitet, er der beregnet på analyser af badevandet for perioden 2014-2017 for at få dokumenteret om og i givent fald, hvor meget rum der er til en 5-års og en 10-års hændelse, uden at badevandskvaliteten forringes fra "GOD" til "TILFREDSSTILLELSE", som ikke opfylder Københavns Kommunes målsætning. Data er stillet til rådighed af Københavns Kommune.

Vurderingen af effekten af 5-års og 10-års udledningen på antal lukkedage for de enkelte havnebade er baseret på information om lukkedage fremsendt af Københavns Kommune. Københavns Kommune oplyser i øvrigt, at antal lukkedage beregnes på en opgørelse af timer, der efterfølgende er lagt sammen og omregnet til dage.

3.2.2 Beregninger af badevandskvalitet

Badevandskvaliteten på de udvalgte havnebade kan beregnes til "UDMÆRKET" – altså et niveau bedre end målsætningen GOD. Beregningen for Havnebadet Halldansgade og Vigen opfylder ikke betingelserne for beregningen, da der ikke foreligger tilstrækkeligt med data fra de tidligere år. Badevandskvaliteten på disse havnebade ser dog også ud til at ligge i klassen "UDMÆRKET". Beregningerne er vist i Tabel 2.

Havnebad	Data for perioden	Badevandskvalitet (Mål/status)	Beregnete koncentrationer cfu/100 ml (90% percentil)	Koncentrationer cfu/100 ml (GOD)	Koncentrationer cfu/100 ml (UDMÆRKET)
Islands Brygge	2014-2017	God/Udmærket	<i>E. coli</i> : 61 I. ent: 44	≤ 500 og > 250 ≤ 200 og ≥ 100	≤ 250 < 100

Halfdansgade	2016-2017	God/"udmærket"	E. coli: 114 I. ent:44	</=500 og > 250 </=200 og >=100	</= 250 < 100
Fisketorvet	2014-2017	God/Udmærket	E. coli:91 I. ent: 39	</=500 og > 250 </=200 og >=100	</= 250 < 100
Vigen	2017	God/"udmærket"	E. coli:39 I. ent: 25	</=500 og > 250 </=200 og >=100	</= 250 < 100
Sluseholmen	2014-2017	God/Udmærket	E. coli:95 I. ent: 20	</=500 og > 250 </=200 og >=100	</= 250 < 100

Tabel 2 Badevandskvalitet på udvalgte havnebade i Københavns Havn, baseret på data for perioden 2014-2017. I øvrigt ses målsætningen for badevandskvaliteten og den beregnede status for badevandskvalitet, de beregnede 90% percentiler for E. coli og intestinale enterokokker (i. enterokokker) samt koncentrationsintervallerne for E. coli og intestinale enterokokker, som medfører henholdsvis GOD eller UDMÆRKET badevandskvalitet. *For de havnebade, hvor der endnu ikke foreligger data for 4 år, er status for badevandskvaliteten sat i "gåsøjne".

Med hensyn til antal lukkedage ses det af Tabel 3, at København Kommunes målsætning for maksimalt 5 lukkedage per badesæson ikke er opfyldt på flere af de udvalgte havnebade, inkl. Fisketorvet i perioden 2016-2018.

	Sluseholmen	Havnevigen	Fisketorvet	Halfdansgade	Islands Brygge
Afstand til skybrudstunnel	2.100 m	1.200 m	200 m	500 m	800 m
2016	2	X	6	6	6
2017	6	7	5	5	5
2018	11	6	6	6	6

Tabel 3 Antal lukkedage på udvalgte havnebade i Københavns Havn i perioden 2016-2018 (Kilde: Københavns Kommune).

Det er vigtigt at notere sig, at det tidligere er vist, at den tid det tager for E. coli at henfalde er uafhængig af mængden af udledt vand, og derfor kan man konkludere, at de havnebade som ligger længst væk fra skybrudstunnelen generelt vil opleve en mindre risiko for påvirkning i dagtimerne end man ser i dag simpelthen, fordi fanernes udbredelse bliver mindre end i dag. Omvendt vil de havnebade, som ligger tættest på skybrudstunnelen kunne opleve en større påvirkning end man ser i dag i dagtimerne fordi den samlede fane fra udledningen fra skybrudstunnellen er større end de udløbsfaner der forekommer fra eksisterende udløb idag.

Om natten er henfaldstiden så lang, at påvirkningen sandsynligvis bliver den samme uanset afstand til udledningen.

Ovenstående beregninger og vurderinger er foretaget for en worst case situation, hvor al vandet i tunnelen ledes ud i havnen. HOFOR vil, i muligt omfang, tilstræbe at tilbagepumpe bassinvolumenet på 9.700 m³ til fællessystemet. Graden af tilbageføring af vand til kloakken vil bl.a. afhænge af, hvornår der igen er kapacitet i systemet afvejet mod de hygiejniske ulemper ved længevarende opmagasinering i tunnelen. Koblede regnhændelser kan ligeledes medføre, at det opmagasinerede vand helt eller delvist skal bortpumpes til havnen for at skaffe ny kapacitet i tunnelen, inden der atter er kapacitet i fællessystemet.

Afledning af hele bassinvolumenet til afløbssystemet vil ved en 5-års regnhændelse betyde, at der ikke udledes vand fra skybrudstunnelen og at den samlede udledning til havnen dermed reduceres med 8.160 m³. Dette vurderes, alt andet lige, at kunne reducere risikoen for lukkedage ved det nærliggende havnebad Fisketorvet, både i forhold til den eksisterende situation og i forhold til den situation, hvor al vand udledes til havnen.

Ved en 10 års regnhændelse vil udledningen fra skybrudstunnelen reduceres med op til 9.700 m³. Dette vil, ift. en situationen, hvor al vand udledes, ligeledes nedsætte risikoen for påvirkning af badevandskvaliteten ved det nærliggende havnebad Fisketorvet.

3.2.3 Konklusion

Målsætningen for badevandskvaliteten i havnebadene indenfor en afstand af ca. 2 km fra skybrudstunnelen er i dag en klassificering som GOD. Baseret på de tilgængelige data vurderes det, at udledning fra skybrudstunnelen ved en enkelt 5/10-årshændelse med forhøjede koncentrationer af *E. coli* og/eller i. enterokokker **ikke** vil medføre, en forringelse af dette klassificeringsniveau.

Mht. antal lukkedage kan det konkluderes, at havnebade beliggende indenfor 500 m fra skybrudstunnelen, hvilket kun gør sig gældende for Fisketorvet, generelt vil opleve en svagt større risiko for påvirkning end man ser i dag pga. den større udløbsfane fra skybrudstunnelen. Så til trods for at den samlede belastning til havnen er uændret vil omfordelingen af udløbsvandet mellem eksisterende overløb og tunnel betyde en svagt øget risiko for en ekstra lukkedag højst hvert 5. år ved Fisketorvet og en formindsket risiko længere væk. Den ekstra risiko er dog så lille, at der ikke forventes ekstra lukkedage som følge af drift af skybrudstunnelen. For de øvrige havnebade må det nuværende niveau forventes at være uændret.

Ved afledning af tunnelvolumen til kloaksystemet kan der forventes en reduceret risiko for lukkedage ved Fisketorvet i forhold til i dag ved regnhændelser, hvor alt eller store dele af vandet kan afledes til kloaksystemet. Ved større regnhændelser vil der stadig være en svagt forøget risiko for ekstra lukkedage i forhold til i dag, men risikoen er så lille, at der reelt ikke forventes ekstra lukkedage set over en længere periode.

4 Opsamling

Formålet med denne undersøgelse er, at analysere og vurdere på betydningen for badevandskvaliteten og dermed antal lukkedage ved havnebadene fra Sluseholmen i syd til Islands Brygge i nord, af en enkelt 5/10-års hændelse, hvor der vil blive udledt overflade-/skybrudsvand med en lille mængde spildevand fra fælleskloakker ud i Københavns Havn via Kalvebod Brygge Skybrudstunnel.

På basis af beregninger af spredning/opblanding af overflade-/skybrudsvandet koblet til beregninger af henfaldet af *E.coli* vurderes det, at påvirkningen af badevandskvaliteten i forbindelse med en 5/10-års regnhændelse vil være kortvarig, 1 dag eller mindre, og at en skybrudshændelse vil kunne påvirke havnebadene indenfor en afstand på op til 1.000 m fra udledningen fra skybrudstunnelen. Det vurderes dog, at badevandskvaliteten GOD vil være overholdt i en afstand på 500 m fra udløbet. Der vil være en svagt forøget risiko for en ekstra lukkedag hvert femte år indenfor 500 m fra udløbet af skybrudstunnelen, og dermed kun havnebadet ved Fisketorvet. Men risikoen vurderes at være så lille at antallet af lukkedage reelt vil være uændret set over en længere periode.

Ved afledning af tunnelvolumen til afløbssystemet vil der, i forhold til dagens situation, forekomme en reduceret påvirkning af badevandskvaliteten ved regnhændelser hvor store dele eller al vand fra hændelsen kan ledes til kloak, hvilket vil kunne medvirke til at mindske antallet af lukkedage i forhold til i dag.

Ved større regnhændelser vil der stadig være en svagt forøget risiko for ekstra lukkedage i forhold til i dag, men risikoen er så lille, at der reelt ikke forventes ekstra lukkedage set over en længere periode. Analyse af badevandsdata viser, at én 5/10-års hændelse **ikke** vil medføre, at badevandskvaliteten, som p.t. kan beregnes til UDMÆRKET på de udvalgte havnebade, vil blive nedklassificeret til mindre end GOD. Faktisk vil badevandskvaliteten kunne opretholdes på niveauet UDMÆRKET på havnebadene, også hvis 5/10-årshændelsen skulle slå igennem med markant forhøjede koncentrationer af *E. coli* og i. enterokokker.

5 Referencer

[1] Miljø- og Fødevarestyrelsen, *Bekendtgørelse om badevand og badeområder (BEK nr 917 af 27/6/2016)*, 2016.

- [2] NIRAS, KAL-PD-HYD-GEN-011 - Optimering af hydraulisk model - VVM overløbsmængder, 2019.
- [3] Miljøstyrelsen, *Etablering af badevandsprofiler og varslingssystemer i henhold til EU's nye badevandsdirektiv (Miljøprojekt nr. 1101)*, 2006.
- [4] DHI, *Hydraulisk virkning af udviklingsprojekter i Sydhavnen - hydraulisk modellering.*, By & Havn, Rapport Maj 2014, 2014.
- [5] Miljøstyrelsen, *Udledning af miljøfarlige stoffer med spildevand (Miljøprojekt nr. 690).*, 2002.
- [6] NIRAS, »KAL-PD-HYD-GEN-NOT-006 - Analyse af skybrudsklappernes betydning for aflastninger,« 2018.
- [7] Københavns Kommune, *Spildevandsplan 2008. Tillag nr. 8, marts 2018*, 2018.

BILAG 3

Beregning af merbelastning til
Kbh's Havn
KAL-PD-HYD-GEN-NOT-010

Notat

HOFOR A/S & Frederiksberg Forsyning Valby og Kalvebod Brygge Skybrudstunnel Document no: KAL-PD-HYD-GEN-NOT-010

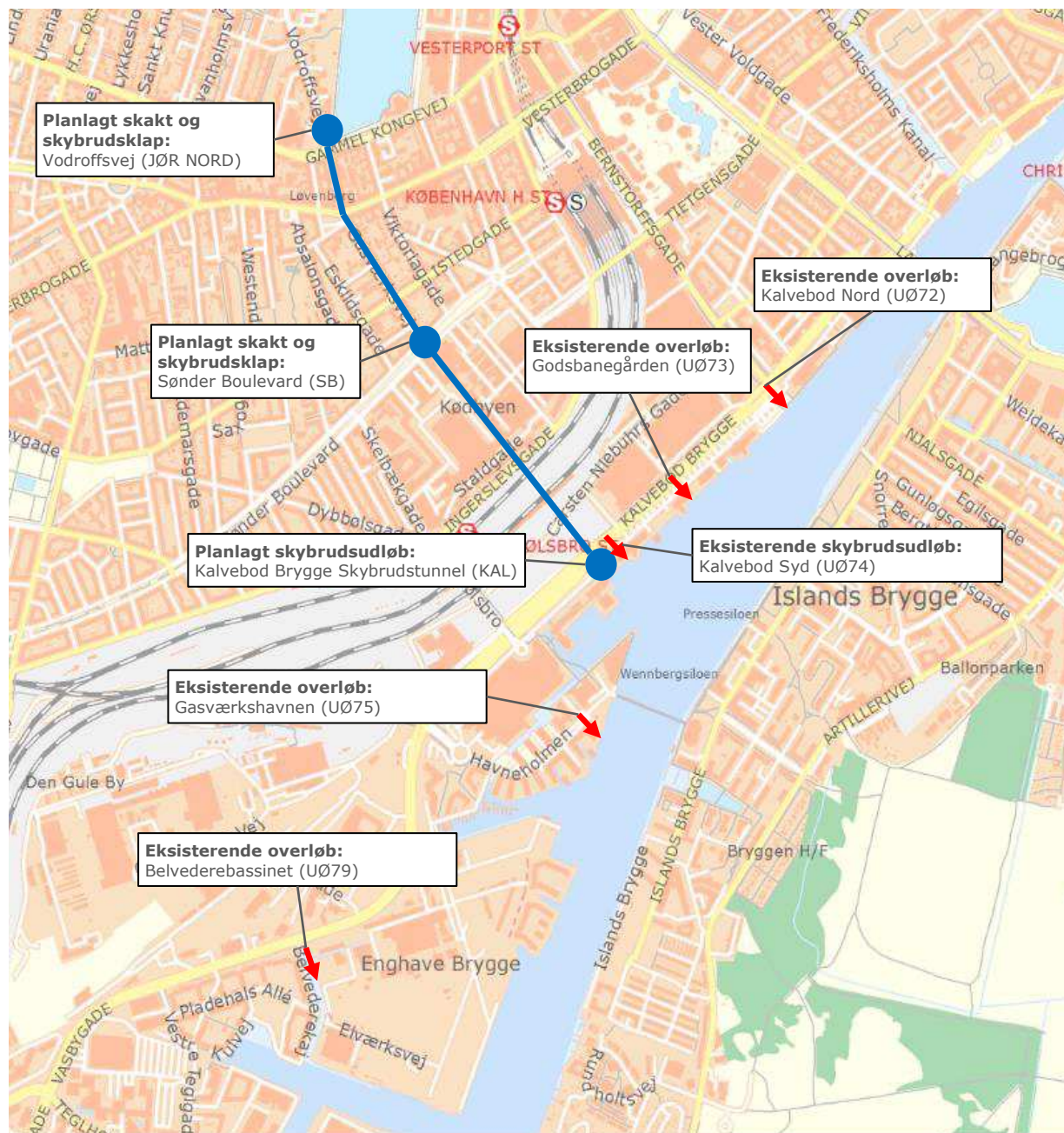
Projekt nr.: 229404
Revision 1.0
Udarbejdet af JLA
Kontrolleret af HJE, AKJ, DGP
Godkendt af HJE

Indhold

1	Formål	2
2	Forudsætninger	4
2.1	Modelforudsætninger	4
2.2	Gentagelsesperiode for åbning af Skybrudsklapper	6
3	Aflastningsmængder	7
3.1	Åbning af skybrudsspjæld til en 5 årig gentagelsesperiode	7
3.2	Åbning af skybrudsspjæld til en 10 årig gentagelsesperiode	10
4	Konklusion	12
5	Referencer	14

1 Formål

NIRAS er blevet anmodet om at beregne aflastningsmængder til Københavns Havn før og efter etableringen af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Placeringen af skybrudstunnel samt skybrudsklapper kan ses af Figur 1-1. Skybrudstunnelen starter ved den sydlige ende af Vodroffsvej ved Skt. Jørgens Sø og føres ned gennem Vesterbro til en skakt ved Sønder Boulevard og derfra videre til en pumpestation ved Kalvebod Brygge. Ved Vodroffsvej og Sønder Boulevard er der placeret skybrudsklapper på det eksisterende fællessystem, der åbner til kritiske trykniveauer disse steder.



Figur 1-1. Placeringen af den planlagte Kalvebod Brygge Tunnel og skybrudsklapper, de eksisterende overløb samt det planlagte udløb fra Kalvebod Brygge Tunnel til Københavns Havn.

Serviceniveauet for stuvning til terræn for det fælleskloakerede opland er 10 år, men det har i et tidligere notat [1] været undersøgt, at en kapacitetsoverskridende hændelse for området svarer til en 5 års regn, og at der ved en regn af denne gentagelsesperiode begynder at opstå stuvning over terræn i afløbssystemet. På Figur 1-2 og Figur 1-3 kan oversvømmelseskort for en 5 og 10 års regn ses. Her kan det ses hvordan, der til en 5 års regn er begyndende oversvømmelse, men der for en 10 års regn er områder med vand i terræn.



Figur 1-2. Oversvømmelseskort for status situationen til en 5 års CDS regn.



Figur 1-3. Oversvømmelseskort for status situationen til en 10 års CDS regn.

Der er derfor et behov for at åbne skybrudsklapperne for et niveau svarende til en 5 års regn for at forhindre oversvømmelser i området, men da denne gentagelsesperiode er under det gældende serviceniveau på 10 år for skybrudssystemer, kræver det en myndighedsgodkendelse. Derfor er der foretaget beregninger for åbning af skybrudsklapperne svarende til en 5 og 10 års hændelse. Til hver af disse situationer, er der foretaget beregninger for en 5 og 10 års regn for at vise effekten af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel på aflastningsmængderne til Københavns Havn. Der er således foretaget 2 beregninger for hver af de 2 situationer. Disse beregninger sammenholdes med aflastninger for en statussituation uden etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel for at kunne vurdere skybrudstunnelens effekt på de samlede aflastningsmængder fra skybrudstunnel og de eksisterende overløb. De eksisterende overløb kan ses af Figur 1-1.

2 Forudsætninger

2.1 Modelforudsætninger

Der er taget udgangspunkt i en hydraulisk statusmodel for afløbssystemet inden for det hydrauliske opland, hvor Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er placeret. Denne model er udleveret af HOFOR til NIRAS i april 2017.

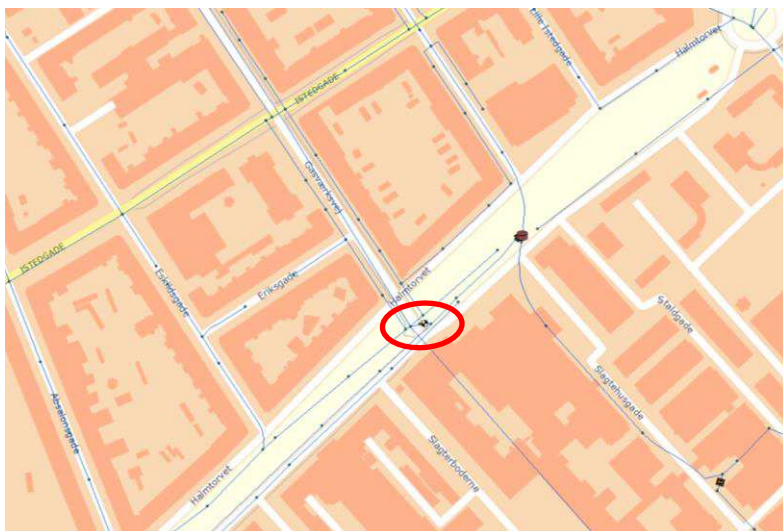
Denne model er i forbindelse med tidligere arbejde [1] blevet verificeret i forhold til udleveret data for aflastninger i 2017 for at sikre, at modellen beregner korrekte vandmængder. Denne verificering viste, at der ved anvendelse af en hydrologisk reduktionsfaktor på 0,80 opnås en god overensstemmelse mellem målte og modellerede overløb, specielt for regn med gentagelsesperioder på 3 år til 10 år. Det er netop regn med disse gentagelsesperioder, der analyseres for i denne opgave, og der anvendes derfor en hydrologisk reduktionsfaktor på 0,80. Denne undersøgelse viste dog også, at der i modellen var ustabilitet omkring udløbene, der aflastede til havnen. Derfor foregik der i januar 2019 et arbejde med at optimere den hydrauliske model omkring de udløb, der er resultater for i dette notat. Optimeringen bragte ustabiliteten ned og sørgede for, at der nu er overensstemmelse mellem flowet på hver sin side af udløbene, så massebalancen igen stemmer. Detaljer omkring optimeringen kan læses af [2].

Der er regnet med 4 timers CDS regn uden klimafaktor svarende til et nutidigt klima til vurdering af gentagelsesperioder for åbning af skybrudsklapper samt aflastningsmængder for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel og de eksisterende overløb.



Figur 2-1. Den røde markering viser placeringen af skybrudsklappen i Vodroffsvej (JØR SYD).

Skybrudsklappen ved JØR SYD er placeret i den sydlige ende af Vodroffsvej ved brønd: FRBO_90_BS.6545. Se Figur 2-1. Skybrudsklappen har bund i kote 1,10, og består her af to klapper med en højde på 1m og en bredde på 3m. Af modeltekniske årsager er skybrudsklapperne i den hydrauliske model indsat som en skybrudsklap med en højde på 1m og en bredde på 6m. Se Tabel 1.



Figur 2-2. Den røde markering viser placeringen af skybrudsklappen i Sønder Boulevard (SB).

Skybrudsklappen ved SB er placeret i Sønder Boulevard lige syd for Gasværksvej ved brønd: 24103116A. Se Figur 2-2. Skybrudsklappen har bund i kote -1,00, og består her af 4 klapper med en højde på 1,50m og en bredde på 1,75m. Af modeltekniske årsager er skybrudsklapperne i den hydrauliske model indsat som én skybrudsklap med en højde på 1,50m og en bredde på 7m. Se Tabel 1.

Skybrudsklap	Placering	Bundkote [m]	Højde [m]	Bredde [m]
Tilløb til JØR SYD via skybrudsklap	Brønd: FRBO_90_BS.6545 Vodroffsvej	1,10	1,00	6,00
Tilløb til SB via skybrudsklap	Brønd: 24103116A Sønder Boulevard	-1,00	1,50	7,00

Tabel 1. Størrelse og placering af skybrudsklapperne for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel.

Pumpestationen for enden af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel har en samlet kapacitet på 20m³/s fordelt på 4 pumper, der starter afhængigt af fyldningen af tunnelen. I Tabel 2 kan start- og stopkoter samt kapacitet af skybrudspumperne ses.

Pumpe nr.:	Startkote [m]	Stopkote [m]	Kapacitet [m ³ /s]
1	-3,00	-4,00	5,00
2	-2,75	-3,75	5,00
3	-2,50	-3,50	5,00
4	-2,25	-3,25	5,00

Tabel 2. Start- og stopkoter samt kapacitet af skybrudspumperne.

Ud over skybrudspumperne er der også en tømmepumpe, der tømmer volumenet under skybrudspumperne efter regnen er ophørt. Indtil skybrudspumperne starter i kote -3,00 har Kalvebod Brygge et samlet volumen på 9.715m³. Se Tabel 3. Tømmepumpen har en ydelse på 400l/s, der svarer til en tømme tid på ca. 7 timer for de 9.715m³ under skybrudspumperne. Det er ikke endeligt afklaret om tømningen skal foregå til havnen eller om det kan føres tilbage til fællessystemet, når der igen er kapacitet. Under alle omstændigheder vil vandet i forbindelsen med rengøring af tunnelledningen, som foretages efter tømningen, ske til det eksisterende afløbssystem, og rengøringsvandet fra tunnelledningen føres således altid til renseanlæg.

I denne undersøgelse er det forudsat, at tunnelens volumen bliver tømt til havnebassinet, men der er en mulighed for at en del af de 9.715m³ eller alt volumen op til kote -3,00 tømmes til fællessystemet.

Tunneldel	Volumen ved kote -3,00 [m³]
JØR SYD skakt	225
SB skakt	385
KAL skakt	2.420
Ø2 tunnelledning	1.765
Ø3 tunnelledning	4.920
Total volumen	9.715

Tabel 3. Volumen Kalvebod Brygge Skybrudstunnel op til skybrudspumpernes start i kote -3,00m.

2.2 Gentagelsesperiode for åbning af skybrudsklapper

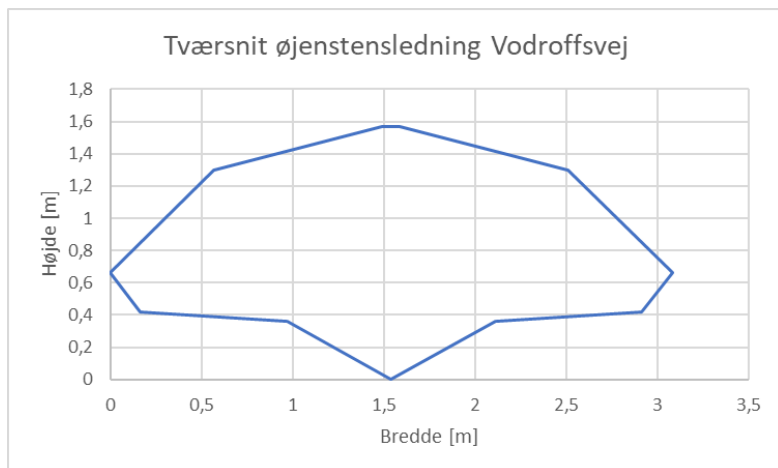
Skybrudsklapperne åbner ved målinger af vandstande lokalt ved skybrudsklapperne, og vandstandskoter for åbning af skybrudsklapper til forskellige gentagelsesperioder er beregnet og vist i Tabel 4. Det er disse koter, der er anvendt i de følgende beregninger for aflastningsmængder for Kalvebod Brygge Skybrudstunnel samt de eksisterende overløb.

Gentagelsesperiode for åbning af skybrudsklapper	5 år	10 år
Vandstandskote for åbning af skybrudsklap i Vodroffsvej	2,85	3,30
Vandstandskote for lukning af skybrudsklap i Vodroffsvej	1,50	1,50
Laveste terrænkote ved Suomisvej/Fillipavej	3,10	3,10
Maks. stuvningskote Suomisvej/Fillipavej	3,07	3,53
Vandstandskote for åbning af skybrudsklap i Sønder Boulevard	1,56	1,91
Vandstandskote for lukning af skybrudsklap i Sønder Boulevard	0,00	0,00
Laveste terrænkote ved Gasværksvej	1,60	1,60
Maks. stuvningskote Gasværksvej	1,47	1,81

Tabel 4. Koter for åbning af skybrudsklapperne til 5 og 10 års gentagelsesperiode samt koterne anvendt i analysefasen.

Det er forudsat, at skybrudsklapperne lukker igen, når det generelle trykniveau i systemet er faldet, således at Kalvebod Brygge Skybrudstunnel tager den del af vandet, der ellers kunne forårsage oversvømmelse. Det er i denne undersøgelse vurderet til at være, når ledningerne, som skybrudsklapperne høster vand fra, når ned på halv fyldningsgrad.

Ledningen i Vodroffsvej er en muret øjestensledning, der ved placeringen af skybrudsklappen har bundkote i 0,90 og en højde på 1,60m. Ledningens form gør, at halvdelen af det gennemstrømmende areal er opbrugt efter 60 cm, eller ved kote 1,50m. Derfor er skybrudsklappen ved Vodroffsvej sat til at lukke igen, når vandstanden når under kote 1,50m. Tværsnittet i den hydrauliske model for øjestensledningen i Vodroffsvej kan ses på Figur 2-3.



Figur 2-3. Tværsnit af øjestensledningen i Vodroffsvej, som den er i den hydrauliske model.

Ledningen i Sønder Boulevard er en rektangulær 2x2,25m ledning, der ved placeringen af skybrudsklappen har bundkote i -1,00. Skybrudsklappen i Sønder Boulevard er sat til at lukke, når vandstanden i ledningen når under kote 0,00.

3 Aflastningsmængder

Der er foretaget beregninger af aflastningsmængder på 2 overordnede situationer med niveauer for åbning af skybrudsklapperne svarende til en 5 og 10 års hændelse. På hver af disse situationer er der foretaget beregninger med en 5 og 10 års regn for at vise effekten af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel på aflastningsmængderne til Københavns Havn for de 4 situationer.

3.1 Åbning af skybrudsspjæld til en 5 årig gentagelsesperiode

I dette afsnit præsenteres resultaterne for åbning af skybrudsklapperne til et niveau svarende til en 5 års hændelse. Vandstanden, der skal overskrides i den eksisterende fælleskloak, før skybrudsklapperne åbner, kan ses af Tabel 4.

Der er foretaget 2 beregninger med henholdsvis en 5 og en 10 års regn til dette scenarie. For hvert af de scenarier er der foretaget en sammenligning med en status-situation, hvor Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ikke er etableret.

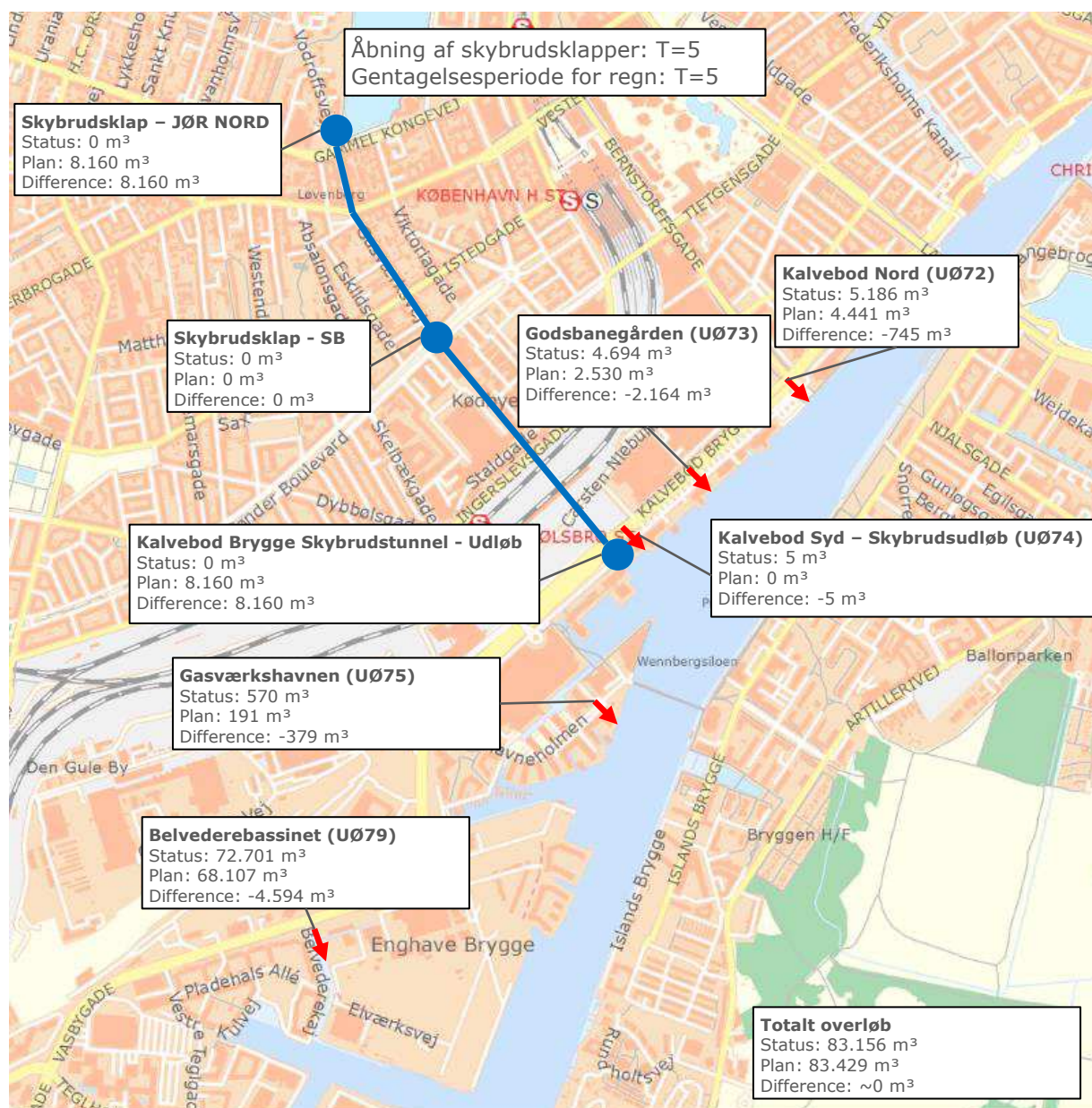
På Figur 3-1 og Tabel 5 ses resultaterne for en 5 års regn. Som det fremgår, har åbningerne af skybrudsklapperne en effekt på alle de eksisterende overløb, der alle har mindre overløb. Den største reduktion ses ved overløbet ved Belvederebassinet, hvor reduktionen ifølge beregningerne er på omkring 4.600m³. Samlet set reduceres overløbsmængderne fra de eksisterende overløb ifølge beregningerne med 7.900m³.

Tilløbet til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel sker kun fra skybrudsklappen i Vodroffsvej ved JØR SYD. Dette skyldes, at denne åbner først og reducerer den vandmængde, der bliver ført videre i systemet og som er med til ellers at belaste området nede ved Sønder Boulevard, hvor den anden skybrudsklap er placeret. Skybrudsklappen i Sønder Boulevard åbner med det nuværende niveau for åbning af skybrudsklapperne først omkring en 15-20 års regn.

Samlet set løber der ifølge beregningerne omkring 8.150m³ til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Den tilførte mængde i denne hændelse er ikke stor nok til at aktivere skybrudspumperne, da fyldningen af tunnelen ikke når op til startniveauet af skybrudspumperne. Det er ikke endeligt afklaret om tømningen via tømpepumperne skal foregå til havnen eller om det kan føres tilbage til fællessystemet, når der igen er kapacitet. I denne opgørelse forudsættes mængden dog at blive tømt til havnen. Der er dog en mulighed for at tømningen bliver tilbage til fællessystemet.

Den samlede aflastningsmængde til havnen er i både status- og plansituationen for en 5 års regn omkring 83.200-83.400m³, og forskellen mellem de to beregninger er så små, at det vurderes at være indenfor

usikkerheden på beregningerne. Det konkluderes dermed, at der ikke er nogen reel ændring i aflastningsmængder for dette scenarie. Udlodningen til havnen vil blot blive flyttet, således at der er mindre aflastning ved Belvederekanalen og mere aflastningen ved Kalvebod Brygge.

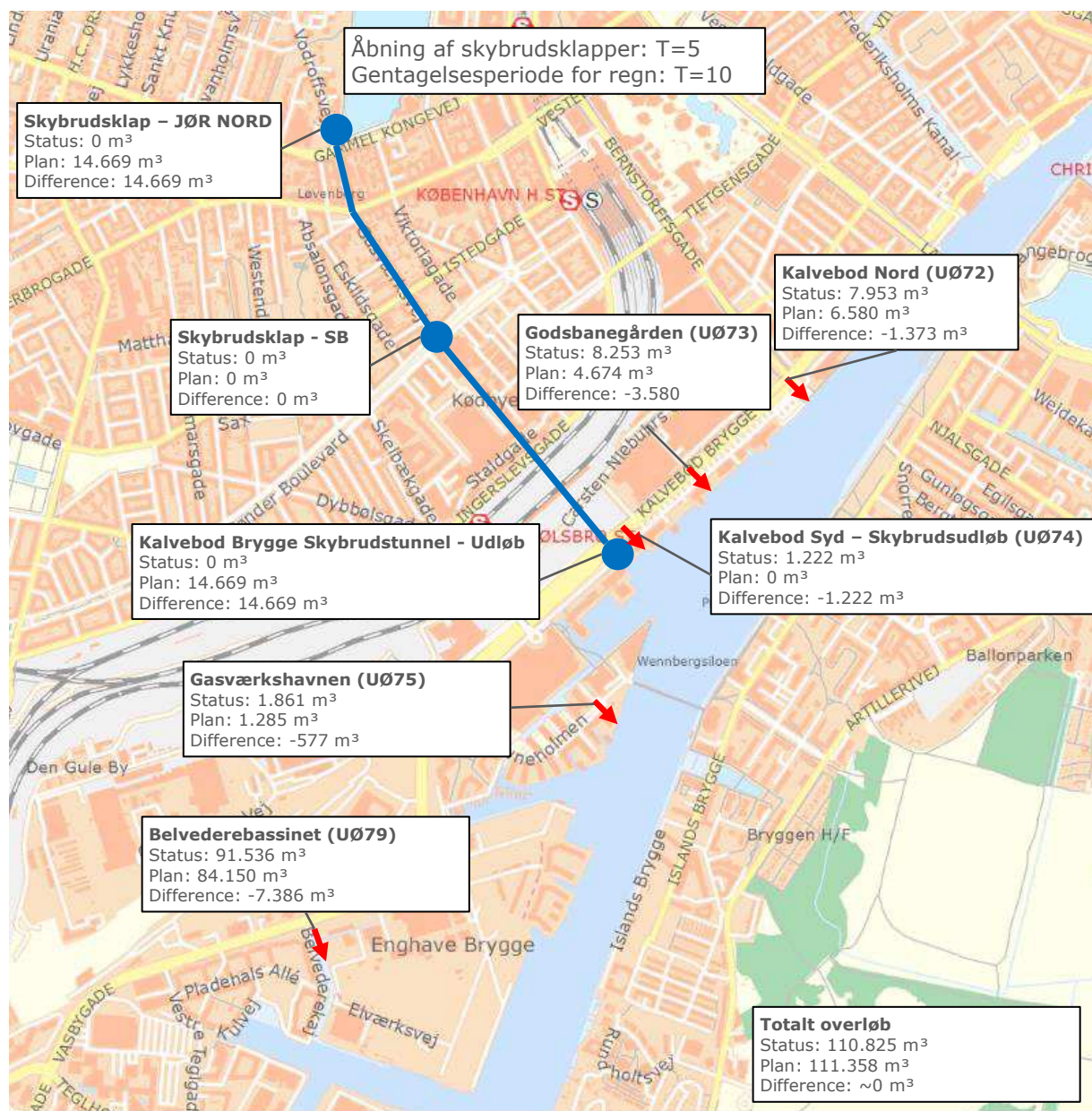


Figur 3-1. Aflastningsmængder for status- og plansituationen for en CDS-regn med en 5 årig gentagelsesperiode til åbning af skybrudsklapperne for et niveau svarende til en 5 års regn.

	Kalvebod Nord (UØ72)	Godsbanegården (UØ75)	Gasværkshavnen (UØ79)	Belvederebassinet (UØ79)	Kalvebod Syd – Skybrudsudløb (UØ74)	Kalvebod Brygge Skybrudstunnel	Samlet	Dybde over terræn – Vodroffsvej	Dybde over terræn – Gasværksvej
Status	5.186m ³	4.694m ³	570m ³	72.701m ³	5m ³	0m ³	83.156m ³	0m	0m
Plan	4.441m ³	2.530m ³	191m ³	68.107m ³	0m ³	8.160m ³	83.429m ³	0m	0m
Diff.	-745m ³	-2.164m ³	-379m ³	-4.594m ³	-5m ³	8.160m ³	273m ³	0m	0m

Tabel 5. Aflastningsmængder samt vanddybde over terræn for status og plan for en 5 års regn og åbning af skybrudsklapperne for en 5 års hændelse.

På Figur 3-2 og Tabel 6 ses resultaterne for en 10 års regn. Som det fremgår, har åbningerne af skybrudsklapperne en lignende effekt på alle de eksisterende overløb som for en 5 års regn. Der er reduceret overløbsmængder fra de eksisterende overløb, og den største reduktion ses ved overløbet ved Belvederebassinet, hvor reduktionen ifølge beregningerne er på omkring 7.400m³. Samlet set reduceres overløbsmængderne fra de eksisterende overløb ifølge beregningerne med 14.150m³.



Figur 3-2. Aflastningsmængder for status- og plansituationen for en CDS-regn med en 10 årig gentagelsesperiode til åbning af skybrudsklapperne for et niveau svarende til en 5 års regn.

	Kalvebod Nord (U072)	Godsbane- gården (U075)	Gasværks- havnen (U079)	Belvedere- bassinet (U079)	Kalvebod Syd – Skybruds- udløb (U074)	Kalvebod Brygge Skybruds- tunnel	Samlet	Dybde over terræn - Vodroffs -vej	Dybde over terræn - Gasværks- vej
Status	7.953 m ³	8.253 m ³	1.861 m ³	91.536m ³	1.222m ³	0m ³	110.825m ³	0,43m	0,21m
Plan	6.580 m ³	4.674 m ³	1.285 m ³	84.150m ³	0m ³	14.669m ³	111.358m ³	0m	0m
Diff.	-1.373 m ³	-3.580 m ³	-577 m ³	-7.386m ³	-1.222m ³	14.669m ³	533m ³	0,43m	0,21m

Tabel 6. Aflastningsmængder samt vanddybde over terræn for status og plan for en 10 års regn og åbning af skybrudsklapperne for en 5 års hændelse.

Tilløbet til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel sker kun fra skybrudsklappen i Vodroffsvej ved JØR SYD. Dette skyldes, at denne åbner først og reducerer den vandmængde, der bliver ført videre i systemet og som er med til ellers at belaste området nede ved Sønder Boulevard, hvor den anden skybrudsklap er placeret.

Den samlede aflastningsmængde til havnen er i både status- og plansituationen for en 10 års regn omkring 111.000m³, og forskellen mellem de to beregninger er så små, at det vurderes at være indenfor usikkerheden på beregningerne. Det konkluderes dermed, at der ikke er nogen reel ændring i aflastningsmængder for dette scenarie. Udledningen til havnen vil blot blive flyttet, således at der er mindre aflastning hovedsagligt ved Belvederekanalen og mere aflastningen ved Kalvebod Brygge.

Samlet set løber der ifølge beregningerne omkring 14.650m³ til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Den tilførte mængde i denne hændelse er stor nok til at aktivere skybrudspumperne, der pumper omkring 5.100m³ til havnen. Den øvrige mængde står tilbage i tunnelen og tømmes via tømmepumperne. Som ved en 5 års regn er det ikke endeligt afklaret om tømningen via tømmepumperne skal foregå til havnen eller om det kan føres tilbage til fællessystemet, når der igen er kapacitet. I denne opgørelse forudsættes mængden dog at blive tømt til havnen. Der er dog en mulighed for at tømningen bliver tilbage til fællessystemet.

3.2 Åbning af skybrudsspjæld til en 10 årig gentagelsesperiode

I dette afsnit præsenteres resultaterne for åbning af skybrudsklapperne til et niveau svarende til en 10 års hændelse. Vandstanden, der skal overskrides i den eksisterende fælleskloak, før skybrudsklapperne åbner, kan ses af Tabel 4.

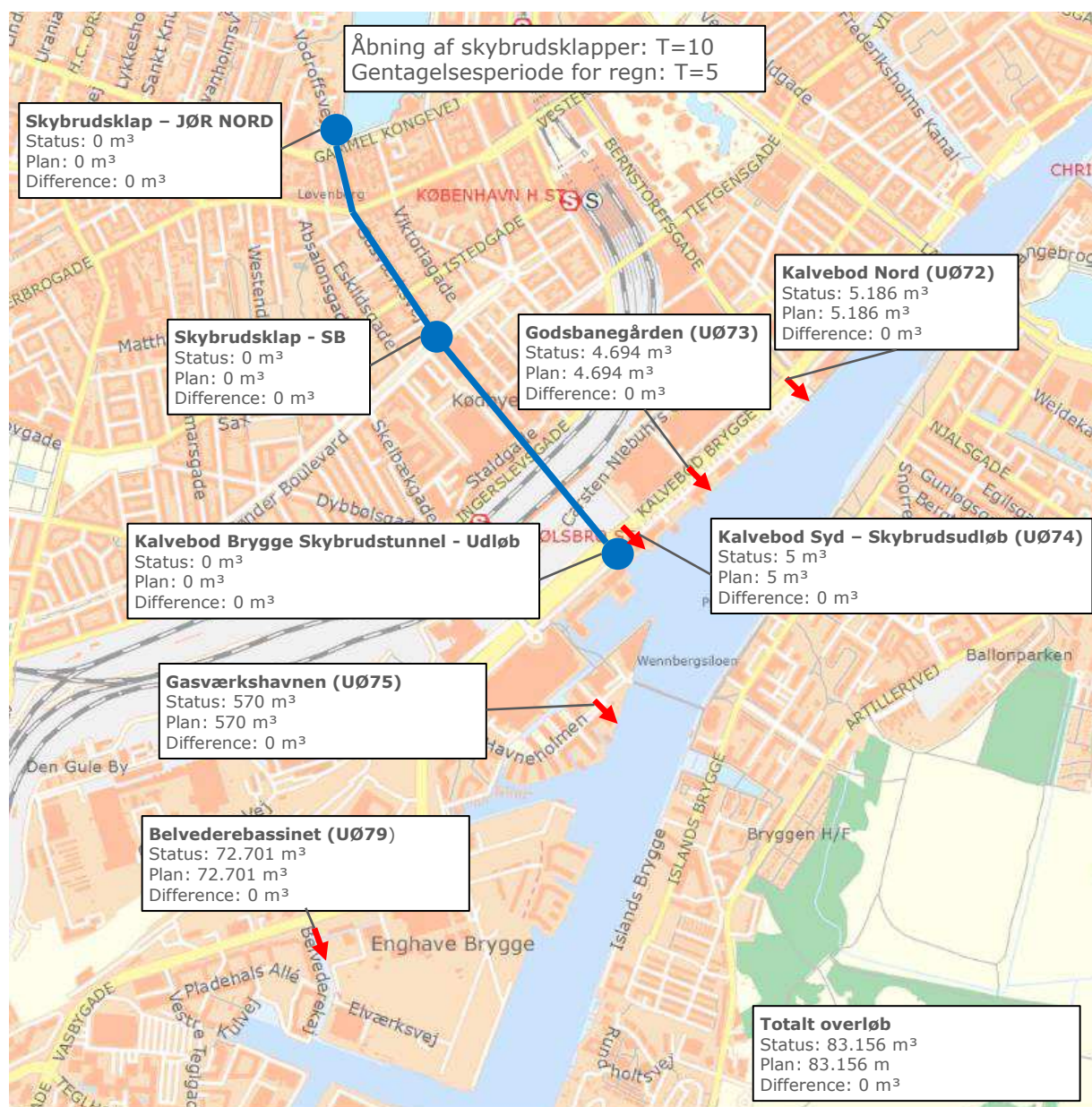
Der er foretaget 2 beregninger med henholdsvis en 5 og en 10 års regn til dette scenarie. For hvert af de scenarier er der foretaget en sammenligning med en status-situation, hvor Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ikke er etableret.

På Figur 3-3 ses resultatet af beregningerne for en 5 års regn. Denne er mest medtaget for en god ordens skyld, men da skybrudsklapperne først åbner til en 10 års regn, er der ingen forskel på status og plan til denne situation.

På Figur 3-4 og Tabel 7 ses resultaterne for en 10 års regn. Beregningerne viser samme tendens som en 10-års regn ved åbning af skybrudsklapperne for en 5-års hændelse. Dog er tilløbet til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel mindre, da skybrudsklapperne åbner senere og en større del af vandet når at løbe ud via de eksisterende overløb. Dog ses fortsat en reduktion ved de eksisterende overløb. Reduktionen er fortsat størst ved Belvederebassinet, hvor reduktionen ifølge beregningerne er på omkring 6.300m³. Samlet set reduceres overløbsmængderne fra de eksisterende overløb ifølge beregningerne med 11.300m³.

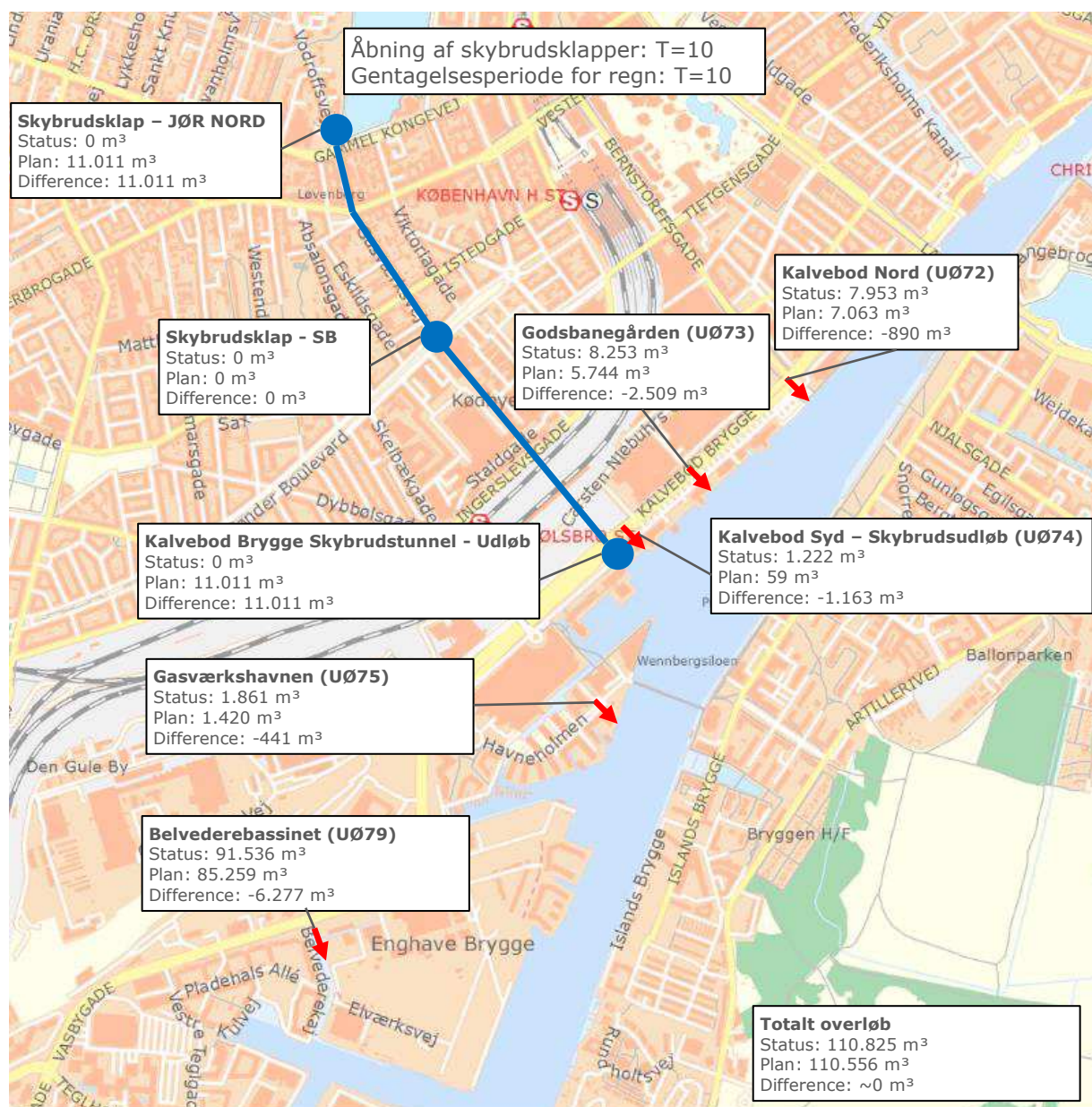
Tilløbet til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel sker kun fra skybrudsklappen i Vodroffsvej ved JØR SYD. Dette skyldes, at denne åbner først og reducerer den vandmængde, der bliver ført videre i systemet og som er med til ellers at belaste området nede ved Sønder Boulevard, hvor den anden skybrudsklap er placeret. Skybrudsklappen i Sønder Boulevard åbner med det nuværende niveau for åbning af skybrudsklapperne først omkring en 15-20 års regn.

Samlet set løber der ifølge beregningerne omkring 11.000m³ til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Den tilførte mængde i denne hændelse stor nok til at aktivere skybrudspumperne, der pumper omkring 1.200m³ til havnen. Den øvrige mængde står tilbage i tunnelen og tømmes via tømmepumperne. Det er, som tidligere nævnt, ikke endeligt afklaret om tømningen via tømmepumperne skal foregå til havnen eller om det kan føres tilbage til fællessystemet, når der igen er kapacitet. I denne opgørelse forudsættes mængden dog at blive tømt til havnen. Der er dog en mulighed for at tømningen bliver tilbage til fællessystemet.



Figur 3-3. Aflastningsmængder for status- og plansituationen for en CDS-regn med en 5 årig gentagelsesperiode til åbning af skybrudsklapperne for et niveau svarende til en 10 års regn.

Den samlede aflastningsmængde til havnen er i både status- og plansituationen for en 10 års regn omkring 111.000³, og forskellen mellem de to beregninger er så små, at det vurderes at være indenfor usikkerheden på beregningerne. Det konkluderes dermed, at der ikke er nogen reel ændring i aflastningsmængder for dette scenarie. Uledningen til havnen vil blot blive flyttet, således at der er mindre aflastning ved Belvederekanalen og mere aflastningen ved Kalvebod Brygge.



Figur 3-4. Aflastningsmængder for status- og plansituationen for en CDS-regn med en 10 årig gentagelsesperiode til åbning af skybrudsklapperne for et niveau svarende til en 10 års regn.

	Kalvebod Nord (UØ72)	Godsbanegården (UØ75)	Gasværkshavnen (UØ79)	Belvederebassinet (UØ79)	Kalvebod Syd – Skybrudsudløb	Kalvebod Brygge Skybrudstunnel	Samlet	Dybde over terræn - Vodroffsvej	Dybde over terræn - Gasværksvej
Status	7.953	8.253	1.861	91.536	1.222	0	110.825	0,43m	0,21m
Plan	7.063	5.744	1.420	85.259	59	11.011	110.556	0,42m	0,03m
Diff.	-890	-2.509	-441	-6.277	-1.163	11.011	-269	0,01m	0,18m

Tabel 7. Aflastningsmængder for status og plan for en 10 års regn og åbning af skybrudsklapperne for en 10 års hændelse.

4 Konklusion

Formålet for denne undersøgelse var at undersøge, om der ville forekomme en merbelastning af Københavns Havn ved åbning af skybrudsklapperne på Kalvebod Brygge Skybrudstunnel til en 5 års hændelse fremfor en 10 års hændelse.

Til det formål blev der foretaget beregninger på en hydraulisk model, der repræsenterede systemet, som det ser ud i dag, en såkaldt statusmodel og en hydraulisk model med Kalvebod Brygge Skybrudstunnel indsat, en såkaldt planmodel.

Beregningerne viser for både åbning af skybrudsklapperne til en 5 og 10 års hændelse, at der ikke er nogen merbelastning af Københavns Havn ved hverken 5 eller 10 års regn. Hovedparten af aflastningerne i de situationer kommer fra de eksisterende overløb, hvoraf hovedparten kommer ved Belvederebassinet.

Der ses en generel reduktion af aflastningsmængderne ved de eksisterende overløb, og i særdeleshed Belvederebassinet i de situationer, hvor skybrudsklapperne åbner. Den mængde, der reduceres med, flyttes i stedet over i Kalvebod Brygge Skybrudstunnel og har udløb ved Kalvebod Brygge.

Den samlede mængde overløb ændres altså ikke, og beregningerne viser en forskel i aflastningsmængde på 0,3-0,5% for en 5 og 10 års regn ved åbning af skybrudsklapperne for henholdsvis en 5 og 10 års hændelse. På den baggrund konkluderes det, at åbning af skybrudsklapperne til en 5 eller 10 års hændelse ikke medfører merbelastning af Københavns Havn, men blot flytter på aflastningspunktet. Sættningen af vand for de forskellige overløb, vurderes heller ikke at ændre sig, da vandet der tilløber Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, når skybrudsklapperne åbner, er det samme vand som finder vej til de eksisterende overløb.

Derudover er der en mulighed for at de ca. 9.700m³ tunnelvolumen, der tømmes via tømmepumperne kan føres tilbage til fællessystemet, hvilket vil medføre at der sker en reduktion af aflastningsmængden på op til de 9.700m³.

Skybrudsklapperne i Sønder Boulevard åbner først omkring en 15-20 års regn, da der er en tidsmæssig forskydning i vandstandene i systemet, der gør, at niveauet for åbning af skybrudsklappen først opnås ved Vodroffsvej. Når denne åbner, fjernes så meget vand, at niveauet holdes under niveauet for åbning af skybrudsklappen ved Sønder Boulevard for en 5 og 10 års regn.

Beregningerne har også vist, at der ved åbning af skybrudsklapperne ved en åbning til en 5 års hændelse fjernes oversvømmelser i de omkringliggende områder for både 5 og 10 års regn. Ved åbning af skybrudsklapperne til en 10 års hændelse, vil der opstå oversvømmelser i oplandet før skybrudsklapperne åbner med dybder på op til 30-40 cm ved Suomisvej/Fillipavej og dybder op til 15-20 cm ved Gasværksvej.

5 Referencer

[1] NIRAS, »KAL-PD-HYD-GEN-NOT-006 - Analyse af skybrudsklappernes betydning for aflastninger,« 2018.

[2] NIRAS, KAL-PD-HYD-GEN-011 - Optimering af hydraulisk model - VVM overløbsmængder, 2019.

~~[1] NIRAS, »KAL-PD-HYD-GEN-NOT-006 - Analyse af skybrudsklappernes betydning for aflastninger,« 2018.~~

~~[2] NIRAS, KAL-PD-HYD-GEN-011 - Optimering af hydraulisk model - VVM overløbsmængder, 2019.~~

BILAG 4

Grundvandsmodellering
KAL-DD-HYG-GEN-NOT-001

Notat

HOFOR

Valby og Kalvebod skybrudstunnel

Grundvandsmodellering

KAL-DD-HYG-GEN-NOT-001

Projekt nr.: 229404
Dokument nr.: 41231328864
Version 4
Udarbejdet af JWL
Kontrolleret af TKN
Godkendt af TSV

Indhold

1	Indledning	3
2	Geologisk model	3
2.1	Software og koordinatsystem	3
2.2	Tolkning	3
2.3	Interpolering	4
2.4	Kvalitetssikring	4
2.5	Resultat	4
3	Overordnet grundvandsmodel	4
3.1	Modelopstilling	4
3.1.1	Modelområde	4
3.1.2	Diskretisering	5
3.1.3	Konceptuel hydrogeologi	5
3.1.4	Vandindvinding	6
3.1.5	Randbetingelser	6
3.1.6	Hydrogeologiske parametre	7
3.2	Kalibrering	7
3.3	Vandbalance	8
4	Detailmodel JOR	9
4.1	Hydrogeologi	9
4.2	Diskretisering	10
4.3	Kalibrering	11
4.4	Lokale hydrogeologiske parametre	11
4.5	Implementering af byggegrubeindfatning	12

4.6	Detailberegninger	12
4.6.1	Simulering 1	12
5	Detailmodel SB	14
5.1	Hydrogeologi	14
5.2	Diskretisering	15
5.3	Kalibrering	16
5.4	Lokale hydrogeologiske parametre	16
5.5	Implementering af byggegrubeindfatning	17
5.6	Detailberegninger	17
5.6.1	Simulering 1	17
6	Detailmodel KAL	18
6.1	Hydrogeologi	18
6.2	Diskretisering	19
6.3	Kalibrering	20
6.4	Lokale hydrogeologiske parametre	20
6.5	Implementering af byggegrubeindfatning	21
6.6	Detailberegninger	21
6.6.1	Simulering 1	21
7	Referencer	22

1 Indledning

I forbindelse med etablering af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel fra Sankt Jørgens Sø til Kalvebod Brygge er der opstillet en numerisk grundvandsmodel. Der er indledende opstillet en overordnet model, som er kalibreret i forhold til grundvands-potentialet i området.

På baggrund af den overordnede model er der for hver af de 3 skakte opstillet en detailmodel som tager udgangspunkt i lokalt identificerede flowzoner i kalken og lokalt målte transmissiviteter. Detailmodellerne er yderligere kalibreret i forhold til at simulere udførte pumpeforsøg.

Modellerne kan simulere effekten af grundvandssænkning og give et estimat på størrelsen af de vandmængder der skal oppumpes.

2 Geologisk model

Som grundlag for den numeriske grundvandsmodel er der opstillet en digital geologisk model. Den geologiske model dækker samme område som den numeriske, som vist på Figur 3.1.

2.1 Software og koordinatsystem

Den geologiske model er opstillet i softwaren GeoScene3D (version 10.0.13.574).

Der er anvendt koordinatsystemet EUREF89 UTM 32 (EPSG 25832) og højdesystem DVR90.

2.2 Tolkning

Den konceptuelle geologiske model er opsummeret i Tabel 2.1. Der er ikke foretaget en opdeling af kalken i Øvre, Mellem og Nedre København Kalk, idet en sådan ikke fremgår af de boreprofiler, som ligger til grund for modellen.

Alder	Enhed	Farvekode
Kvartær	Fyld	
	Øvre smeltevandssand	
	Øvre moræner	
	Mellem smeltevandssand	
	Nedre moræner	
	Nedre smeltevandssand	
Paleogen	Grøndsandssand	
	Kalk	

Tabel 2.1 Konceptuel geologisk model

Foruden boringer fra jupiterdatabasen er der i projektet indlæst 54 boringer udført i forbindelse med forundersøgelserne til tunnelen og 204 boringer fra Cityringsprojektet.

I borer fra Cityring-projektet er der ikke beskrevet forekomster af grønsand. Grønsand vurderes derfor at være tolket med ind i Nedre Smeltevandssand i disse borer.

Der er ikke anvendt geofysiske data i GeoScene-projektet.

I modellen er der indsat tolkningspunkter for bund af de geologiske lag. Tolkingspunkter er generelt låst ("snappet") til laggrænser i borer, Men der er også indsat frie tolkningspunkter som støtte for interpolationen.

2.3 Interpolering

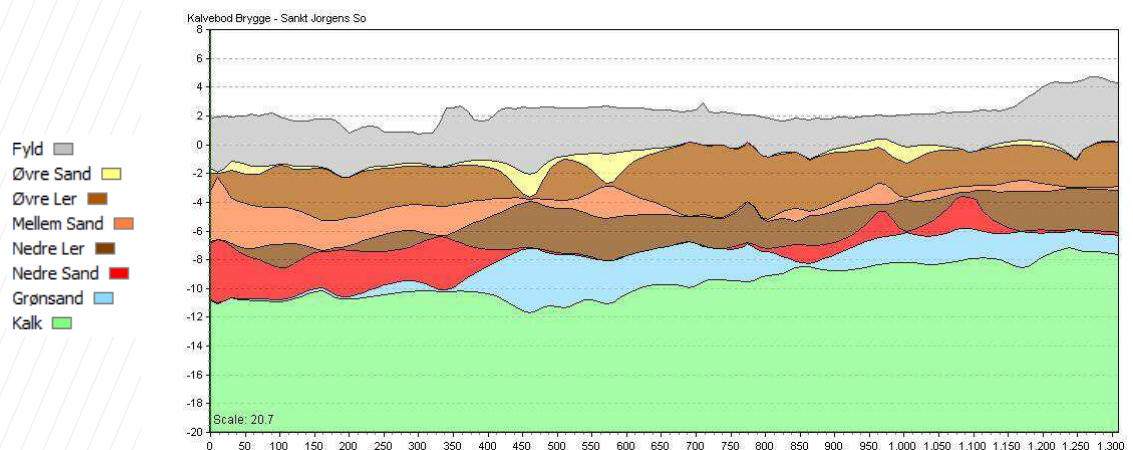
Tolkingspunkterne er interpoleret til lagflader i GeoScene3D med IDW-metoden (Inverse Distance Weighting) i 25 x 25 m celler. Der er efterfølgende foretaget en lagjustering, således at lagflader presses ned i forhold til terræn og overliggende lag, således at der ikke forekommer krydsende lagflader. Kalkoverfladen fastlåses under lagjusteringen.

2.4 Kvalitetssikring

Der er løbende foretaget kvalitetssikring af modellen ved tjek af krydsende profiler. Afsluttende er der foretaget en endelig gennemgang af modellen og de interpolerede flader af en anden geolog.

2.5 Resultat

På Figur 2.1 er vist et profilsnit langs tunnelstrækningen (vist på Figur 3.1).



Figur 2.1 Profilsnit Kalvebod Brygge - Sankt Jørgens Sø

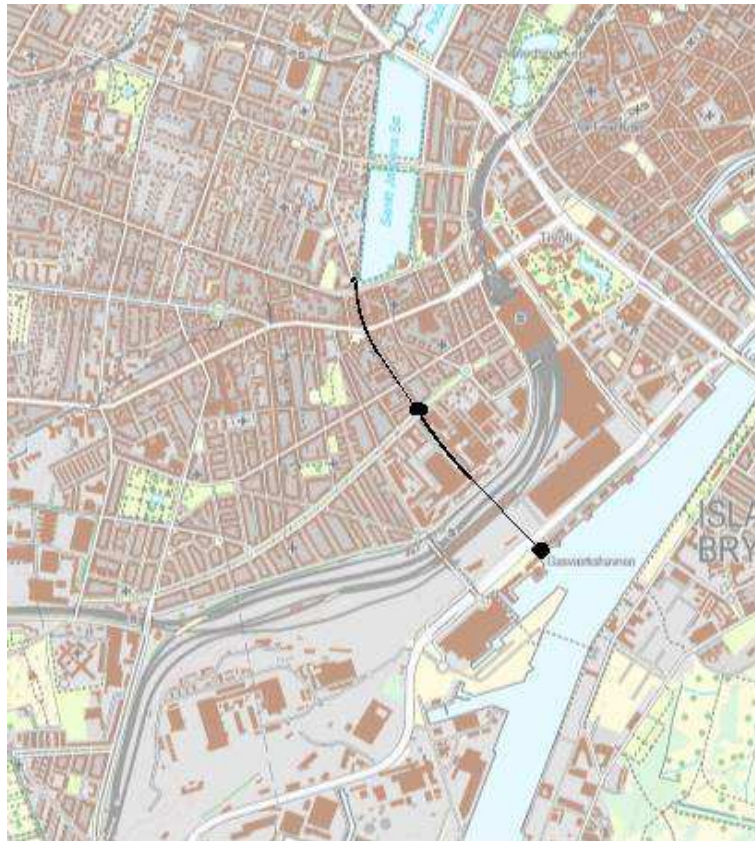
3 Overordnet grundvandsmodel

Grundvandsmodelleringen er udført i programmet Visual Modflow build 4.6.0.166. Modellen er bygget op over den geologiske model.

3.1 Modelopstilling

3.1.1 Modelområde

Modellen dækker et areal på 2,9 x 3,2 km², som vist på Figur 3.1. Området er beskrevet ved UTM zone 32, EUREF89-koordinaterne (722200,6173400), (725100, 6176600).



Figur 3.1 Modelområde, overordnet grundvandsmodel

3.1.2 Diskretisering

Den overordnede grundvandsmodel er diskretiseret i 25x25 m celler og 9 beregningslag. Modellagene repræsenterer fra toppen: Fyldlag, øvre smeltevandssand, øvre moræneler, mellem smeltevandssand, nedre moræneler, nedre smeltevandssand, grønsandssand, højpermeabel kalk og lavpermeabel kalk.

Af hensyn til numerisk stabilitet er lagene defineret med en minimumstykkelse på 0,5 m. Højpermeabel kalk (lag 8) er defineret med en tykkelse på 2 m og lavpermeabel kalk (lag 9) er defineret med en tykkelse på 38 m (se Tabel 3.1).

Lagene er indlæst fra terræn og nedefter. Hvis to laggrænser krydser, hvilket indikerer at det nederste lag ikke er tilstede, presser det øvre lag det nedre ned under hensyn til minimumstykkelsen. Der kompenseres ved at tildele det underliggende lags hydrauliske parametre til områder af lag med minimumstykkelse.

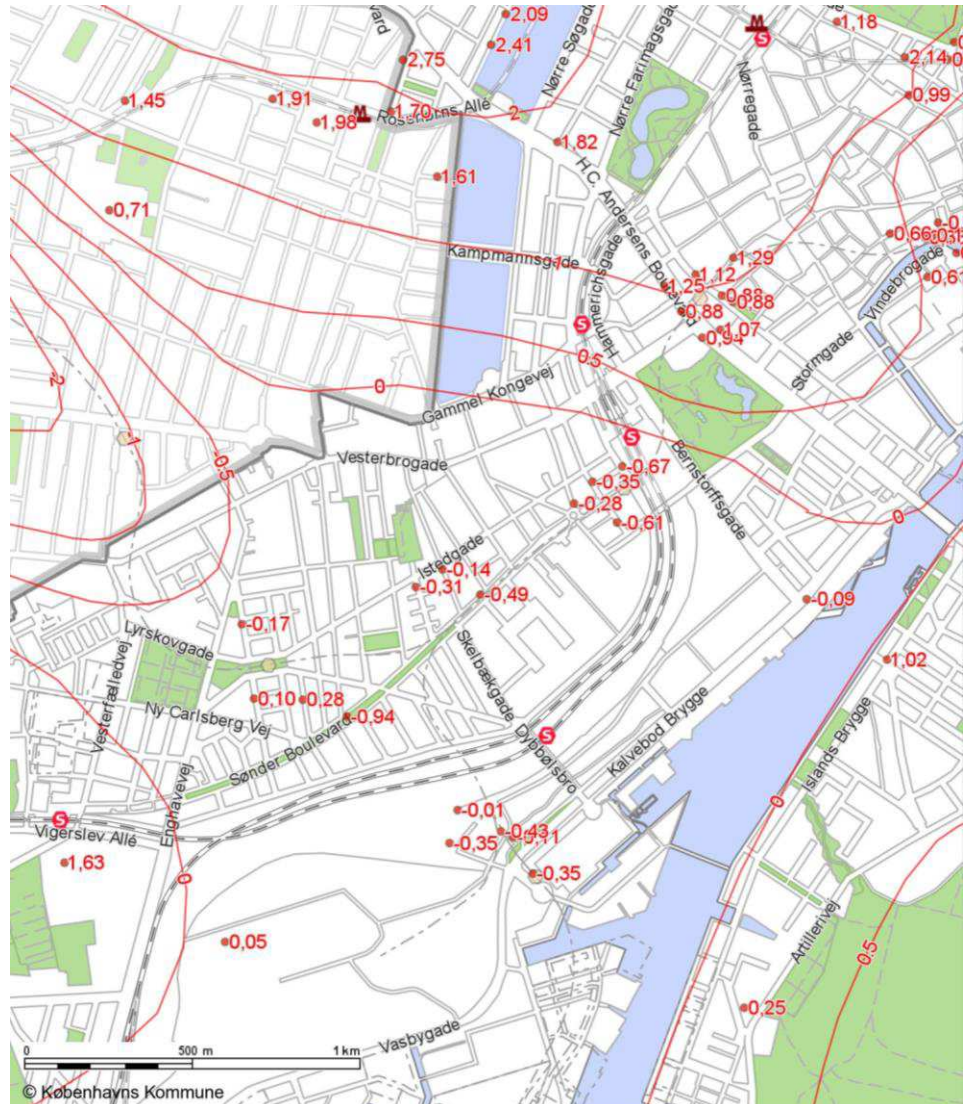
3.1.3 Konceptuel hydrogeologi

Den øvre højpermeable kalk og smeltevandssand beliggende direkte herover udgør det primære grundvandsmagasin. Mellem smeltevandssand udgør et sekundært grundvandsmagasin.

Københavns Kommune har udarbejdet et kort overgrundvandspotentiallet i det primære magasin for 2017 (Figur 3.2).

Det generelle strømningsmønster er nordvest mod sydøst i retning mod havnen. Potentiallet er dog kraftigt påvirket af Frederiksberg Forsynings vandindvinding i

nordvestlig retning. Centralt i området ses potentialer under kote 0 m, som vurderes at skyldes afvanding af banelegemer og dræning til utætte kloakker.



Figur 3.2 Grundvandspotentiale i kalken, 2017 /1/

3.1.4 Vandindvinding

Der er ikke registreret aktiv grundvandsindvinding inden for modelområdet. Frederiksberg Forsynings indvinding repræsenteres i modellen ved fastholdt tryk svarende til sænkningstragten langs modelranden.

3.1.5 Randbetingelser

Modelrand

Der er indlagt fastholdt trykniveau langs modelranden i de to nederste modellag (lag 8 og 9), som repræsenterer kalken. Cellerne er tildelt værdier, som aflæst på potentialekortet på Figur 3.2.

Frie vandspejl

For havnearealet er der i lag 1-5 ned til kote -7 m indlagt fastholdt tryk i kote 0 m.

I Sankt Jørgens Sø og Peblinge Sø er der i lag 1 indlagt fastholdt tryk i kote 5,7 m svarende til middelflodmålet.

Infiltration

I modellen er der i lag 1 indlagt en maksimum infiltration og en maksimum evapotranspiration på 100 mm/år. På denne måde beregnes nettoinfiltrationen i den enkelte celle i lag 1 (eller øverste ikke tørre celle) på baggrund af den vertikale trykgradient og hydraulisk ledningsevne. Nettoinfiltrationen kan således variere mellem 0 og 100 mm/år. Den del af maksimum infiltrationen, som ikke infiltreres, fjernes fra modellen som evapotranspiration.

Andre randbetingelser

Der er i modellen indlagt dræn i et niveau svarende til 1 m under terræn under banelegemerne.

3.1.6 Hydrogeologiske parametre

Værdier for hydraulisk ledningsevne er indledende estimeret på baggrund af erfaringer for de pågældende jordarter. Efterfølgende er der foretaget en kalibrering af disse i forhold til grundvandspotentialet i kalken.

Carlsbergforkastningen er indlagt som en zone i kalken med meget høj hydraulisk ledningsevne ($3,5 \times 10^{-3}$ m/s) i modellag 8 og 9.

Layer	Formation	Horisontal hydraulisk konduktivitet	Vertikal hydraulisk konduktivitet
		[m/s]	[m/s]
1	Fyld	1×10^{-8}	1×10^{-8}
2	Øvre smeltevandssand	1×10^{-4}	1×10^{-5}
3	Øvre moræneler	1×10^{-8}	1×10^{-8}
4	Mellem smeltevandssand	1×10^{-4}	1×10^{-5}
5	Nedre moræneler	1×10^{-8}	1×10^{-8}
6	Nedre smeltevandssand	1×10^{-4}	1×10^{-5}
7	Grønsandssand	1×10^{-5}	1×10^{-7}
8	Højpermeabel kalk	5×10^{-4}	5×10^{-5}
9	Lavpermeabel kalk	5×10^{-6} ($5 \times 10^{-6} - 3,5 \times 10^{-3}$)	5×10^{-7} ($5 \times 10^{-7} - 3,5 \times 10^{-4}$)

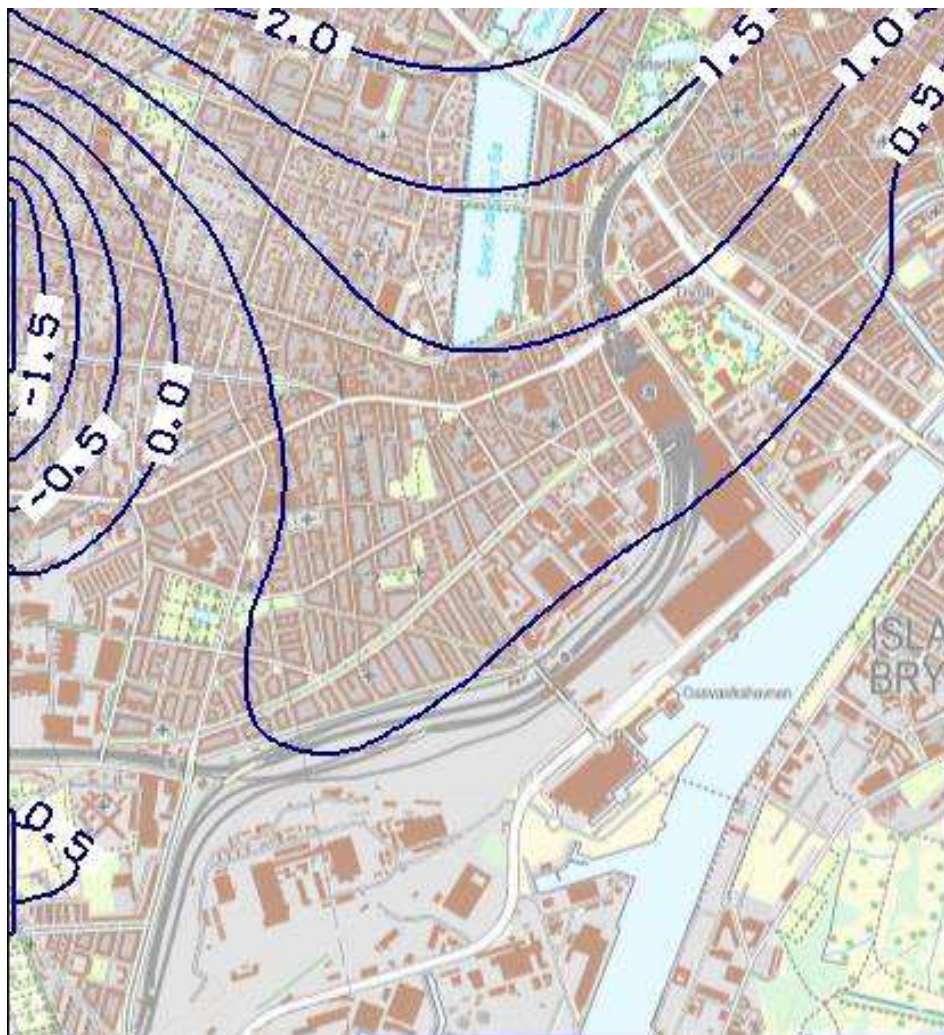
Tabel 3.1 Hydraulisk ledningsevner anvendt i modellen. Tal uden for parentes angiver den generelle værdi anvendt i laget. Tal inden for parentes angiver interval i den kalibrerede model.

3.2 Kalibrering

Den overordnede grundvandsmodel er kalibreret i forhold til kortet over grundvandspotentialet Figur 3.2. Det simulerede potentiale ses på Figur 3.3.

Det ses, at det simulerede potentiale er ca. 0,5 m højt i det centrale modelområde. Dette skyldes, at det målte potentiale er påvirket af drænende kloakker, som sænker potentialet til under kote 0. Det er valgt ikke at forsøge at simulere denne

dræning, idet oplysninger om drændybder, placering og lækage ikke er tilgængelige. En eventuel indlægning af dræn under kote 0 centralt i modellen vil nedbringe potentialet svarende til det målte, men vil udgøre en risiko for en konceptuel skævvridning af modelsimuleringerne. Modelsimuleringerne er således konservative i forhold til sænkning af grundvandspejl.



Figur 3.3 Simuleret potentiale i det primære magasin (m DVR90)

3.3 Vandbalance

Med den kalibrerede model er der opstillet en gennemsnitlig vandbalance for modellen. Data er sammenfattet i Tabel 3.1.

	Ud af modellen		Ind i modellen	
	[m ³ /år]	[mm/år]	[m ³ /år]	[mm/år]
Constant head	887.534	103	366.059	42
Dræn	41.479	5		
Evapotranspiration	300.990	35		
Recharge-modul			863.919	100
Sum	1.230.003	142	1.229.977	142

Figur 3.4 Vandbalance for kalibreret model

For at lette sammenligning mellem de enkelte poster og for at kunne relatere mængder til en værdi, der er intuitiv forståelig, er det valgt også at anføre mængderne i mm/år i tabellen.

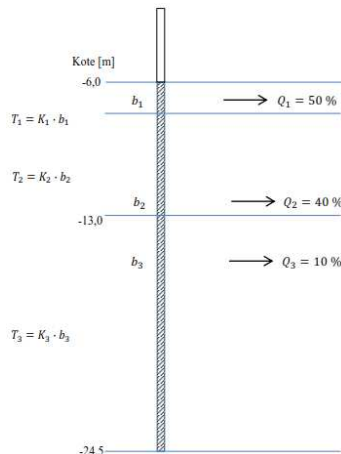
Nettogrundvandsdannelsen i modelområdet er 65 mm/år.

4 Detailmodel JOR

4.1 Hydrogeologi

Der er udført en langtidsprøvepumpning i boring KAL32p35 /2/. Boringen er filter-sat fra top af kalk i kote -6 m til kote -24,5. Transmissiviteten i boringen er tolket til $8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

En flowlog i samme boring viser 3 signifikante flowzoner. Zonerne er vist på Figur 4.1



Figur 4.1 JOR, flowzoner i kalken

I detailmodellen er den horisontale transmissivitet fordelt som de identificerede flowzoner.

$$T_{total} = T_1 + T_2 + T_3$$

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$T_1 = 0,5 \cdot T_{total}, \quad K_1 = \frac{T_1}{b_1}$$

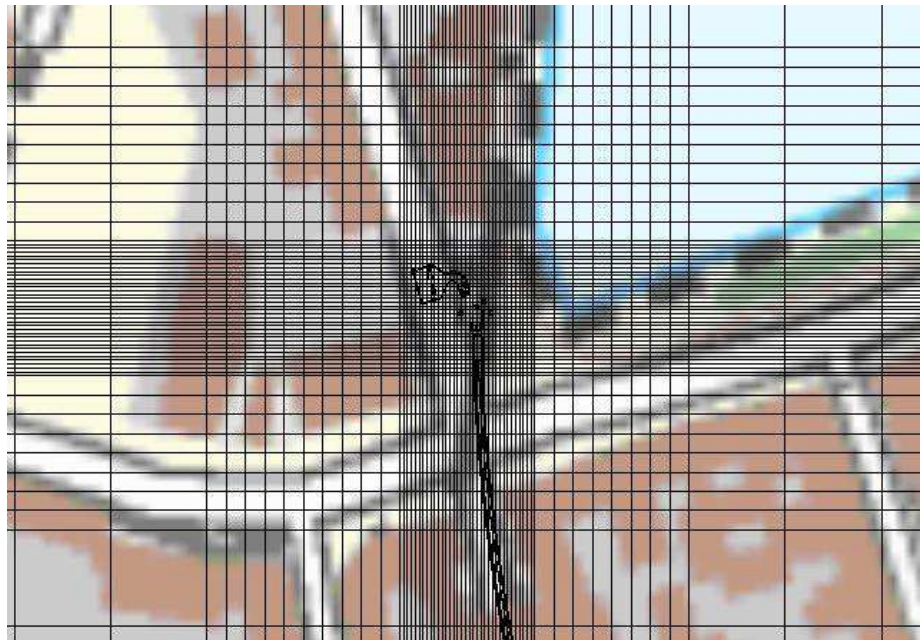
$$T_2 = 0,4 \cdot T_{total}, \quad K_2 = \frac{T_2}{b_2}$$

$$T_3 = 0,1 \cdot T_{total}, \quad K_3 = \frac{T_3}{b_3}$$

Hvor T = horisontal transmissivitet, Q = indstrømning, b = tykkelse af flowzone og K = horisontal hydraulisk ledningsevne.

4.2 Diskretisering

Detailmodellen er horisontalt diskretiseret i 5 x 5 m celler i nærområdet og 1 x 1 m celler omkring skakten, som vist på Figur 4.2.



Figur 4.2. Sankt Jørgens Sø, JOR. Grid i detailmodel.

Modellen er vertikalt diskretiseret i 5 modellag dækkende fyld og kvartære aflejringer, se Tabel 4.1. I forhold til den overordnede model er fyld, øvre smeltevandssand og øvre moræneler slået samme til ét lag af hensyn til at opnå numerisk stabilitet. Øvre smeltevandssand optræder kun sporadisk og med ringe tykkelse og har ingen betydende indflydelse på grundvandsstrømningen i området.

Kalken er inddelt i 5 beregningslag svarende til de 3 strømningszoner fra flowloggen, et bundlag samt afskæringskoten for sekantpæleindfatningen, se nedenstående Tabel 4.1.

Modellag	Hydrologisk enhed/flow zone	Flow zone	Flow-log (%)	Tykkelse (m)	Væg/HBF	Defineret af tykkelse (T) eller kote (K)
1	Fyld, øvre smeltevandssand og øvre moræner					K
2	Mellem smeltevandssand					K
3	Nedre moræner					K
4	Nedre smeltevandssand					K
5	Grønsandssand					K
6	Kalk	1	50	1,5		T
7	Kalk	2	40	5		T
8	Kalk	3	10	6,0		T (L=-20,6) inden for sekantpælene
9	Kalk			4		T
10	Kalk	4		23,5		T

Tabel 4.1 Definition af modellag

4.3 Kalibrering

Detailmodellen er kalibreret ved at foretage justering af den hydrauliske ledningsevne i flowzonerne i kalken (modellag 6-10) med henblik på at simulere effekten fra langtidsprøvepumpningen af KAL32p35 i observationsboringerne KAL29p24, KAL31p34 og KAL30p35.

Simuleringen er foretaget dynamisk.

Tabel 4.2 viser kalibreringsresultatet i form af ændrede sænkninger for det simulerede pumpeforsøg (sammenligning af observeret og simuleret sænkning).

Boring	Maksimal afsenkning [m]	
	Observeret	Simuleret
KAL29p24	1,8	1,7
KAL31p34	2,0	1,8
KAL30p35	2,5	2,6

Tabel 4.2 Resultat af lokal kalibrering

Det konkluderes, at modellen simulerer pumpeforsøget tilfredsstillende og at den er anvendelig til simulering af grundvandssænkning i forbindelse med anlægsarbejdet.

4.4 Lokale hydrogeologiske parametre

I Tabel 4.3 er vist parametre i detailmodellen, som er ændret i forhold til den overordnede model. For lag 6-9 sættes den vertikale hydrauliske ledningsevne til en tredjedel af den horisontale.

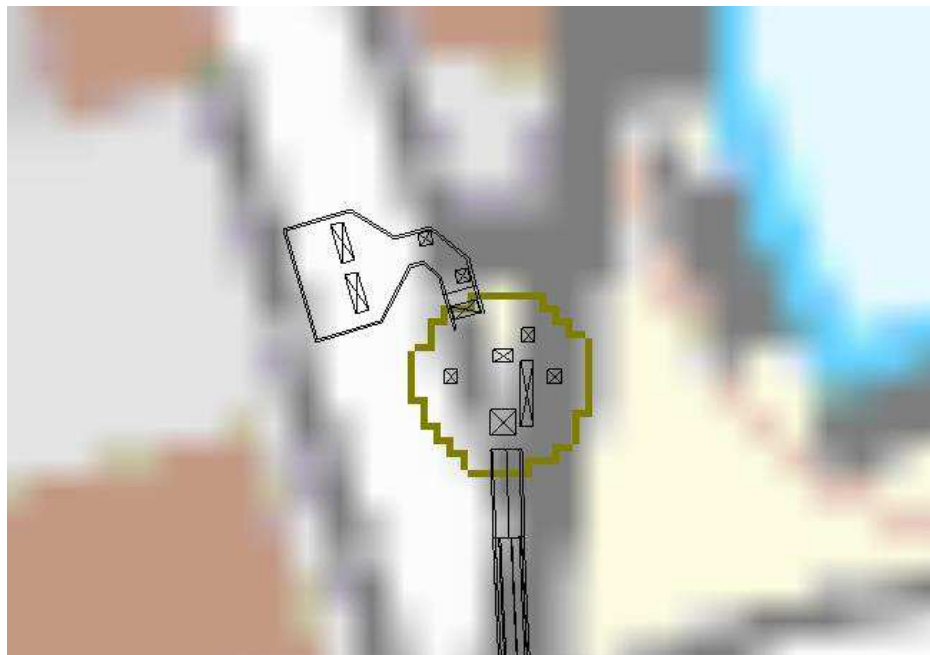
Modellag	Horizontal hydraulisk konduktivitet (m/s)	
	Overordnet model	Detail model, zone omkring JOR
6	$4,0 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-4}$
7	$9,6 \times 10^{-5}$	$4,8 \times 10^{-5}$
8	$1,2 \times 10^{-5}$	$6,6 \times 10^{-6}$
9	$1,2 \times 10^{-5}$	$6,6 \times 10^{-6}$

Tabel 4.3 Hydrauliske parametre i detailmodel JOR

4.5 Implementering af byggegrubeindfatning

Sekantpæleindfatningen implementeres med "Modflow Horizontal Flow Barrier Package" (HBF), som er designet til at simulere tynde vertikale barrierer med lav permeabilitet, som hindrer eller reducerer horisontal grundvandsstrømning.

Randbetingelsen agerer som en horisontal strømningsbarrierer placeret konceptuelt mellem to naboceller i finite difference grid^{det}. Strømningsmodstanden er defineret ved en barrieretykkelse på 0,5 m og en hydraulisk ledningsevne på 10^{-10} m/s. Ved JOR er barrieren lagt ind i modellagene 1-8 som vist på Figur 4.3 og angivet i Tabel 4.1.



Figur 4.3_ Sankt Jørgens Sø, JOR, Modflow HBF boundary

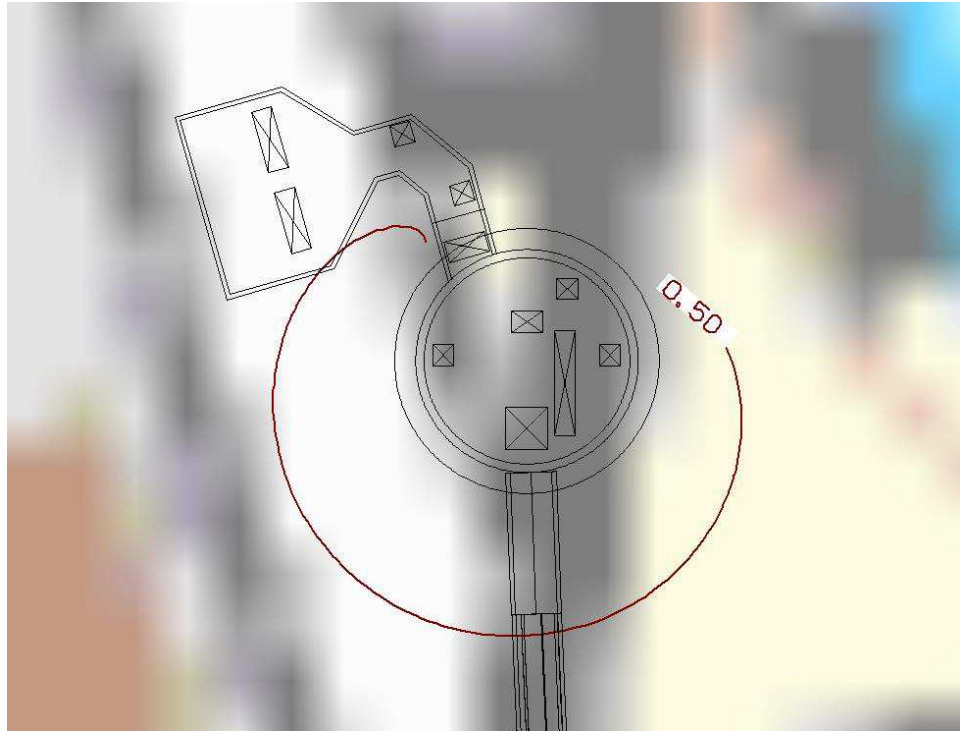
4.6 Detailberegninger

4.6.1 Simulering 1

Inden for sekantpæleindfatningen skal der udgraves til kote -15,3 m. Sekantpælene føres til kote -20,3 m. Grundvandet skal i anlægsfasen sænkes 0,5 m under udgravningsniveau til kote -15,8 m inden for indfatningen.

Der foretages ikke reinfiltration.

Modellsimuleringen viser, at der skal bortledes i størrelsesordenen $60 \text{ m}^3/\text{døgn}$. I toppen af kalken ses sænkninger i størrelsesordenen $0,5 \text{ m}$ inden for en afstand af ca. 10 m fra indfatningen, jf. Figur 4.4. I det øverste modellag ses ingen påvirkning.



Figur 4.4 Grundvandssænkning i toppen af kalken (m), JOR

4.6.2 Simulering 2

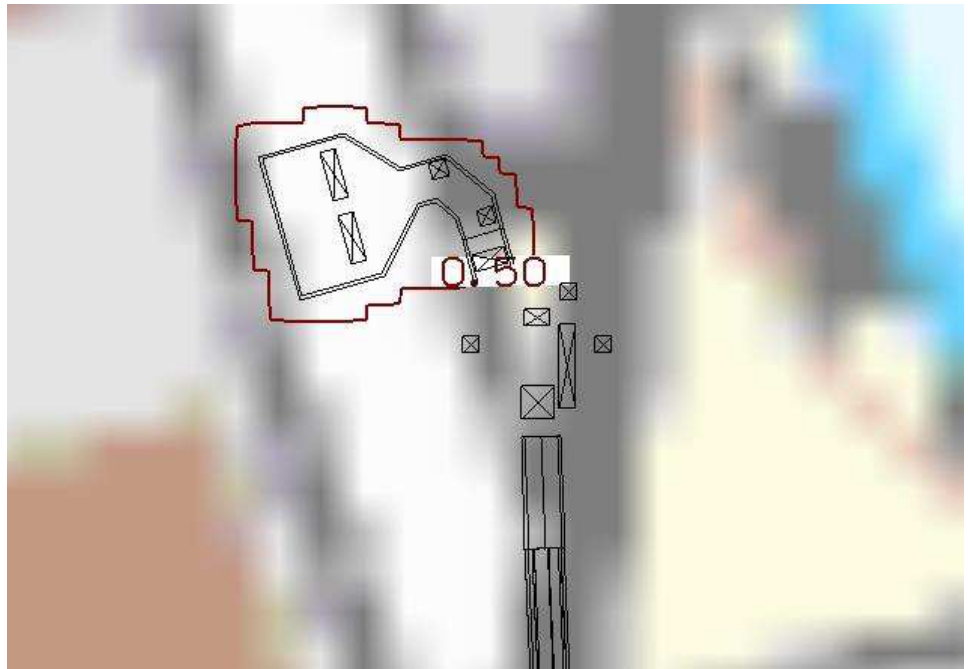
Ved tilslutningsbygværket skal der graves til kote $+0,9 \text{ m}$. I boring 29p24 er truffet indslag af smeltevandssand til kote $-1,8 \text{ m}$. Derfor indlægges en spuns fra terræn til kote $-2,5 \text{ m}$. Dræn sættes til kote $-0,4 \text{ m}$ ($0,5 \text{ m}$ under udgravningsniveau).

Der foretages ikke reinfiltration.

Modellsimuleringerne viser, at der strømmer mindre 1 m^3 grundvand pr. døgn ind i byggegruben.

Der ses en sænkning af på mindre end $0,5 \text{ m}$ i det øverste modellag umiddelbart uden for spunsen jf. Figur 4.5.

I de dybere lag ses ingen påvirkning.



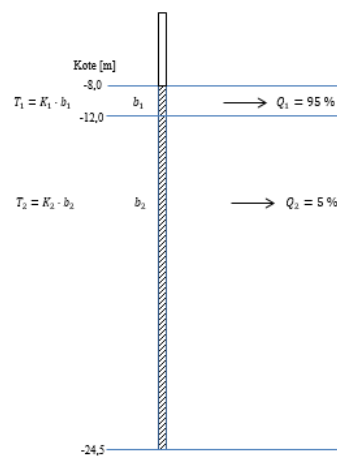
Figur 4.5 Modelleret sænkning i lag 1 ved udgravning til tilslutningsbygværk, JOR

5 Detailmodel SB

5.1 Hydrogeologi

Der er udført en 4-trins prøvepumpning i boring KAL16p35 /2/. Boringen er filter-sat fra top af kalk i kote -8 m til kote -24,5. Transmissiviteten i boringen er tolket til $6,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

En flowlog i samme boring viser 2 signifikante flowzoner. Zonerne er vist på Figur 5.1



Figur 5.1 SB, flowzoner i kalken

I detailmodellen er den horisontale transmissivitet fordelt som de identificerede flowzoner.

$$T_{total} = T_1 + T_2$$

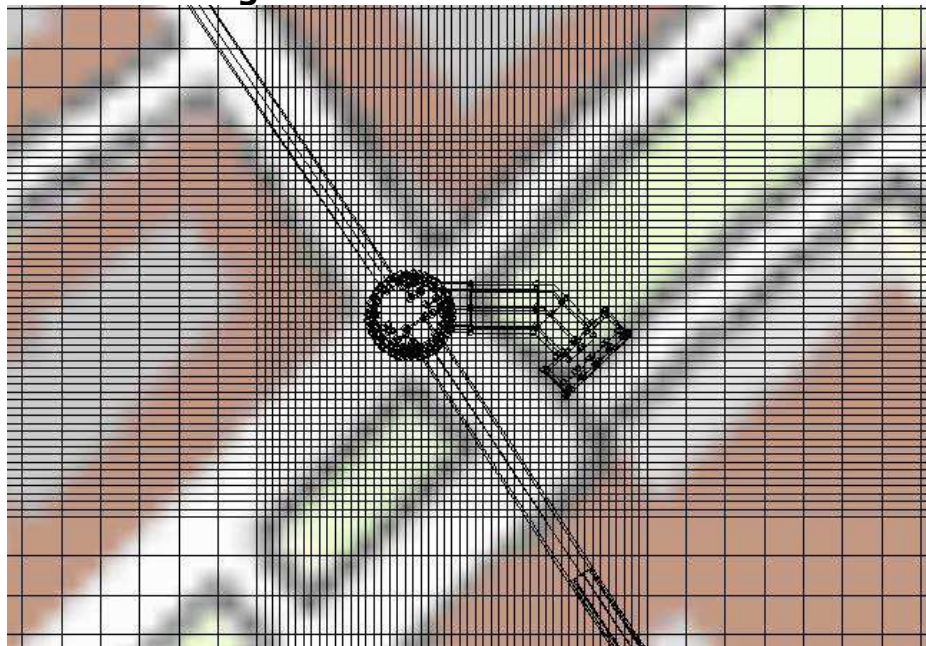
$$Q_{total} = Q_1 + Q_2$$

$$T_1 = 0,95 \cdot T_{total}, \quad K_1 = \frac{T_1}{b_1}$$

$$T_2 = 0,05 \cdot T_{total}, \quad K_2 = \frac{T_2}{b_2}$$

Hvor T = horisontal transmissivitet, Q = indstrømning, b = tykkelse af flowzone og K = horisontal hydraulisk ledningsevne.

5.2 Diskretisering



Figur 5.2 Sønder Boulevard, SB. Grid i detailmodel.

Modellen er vertikalt diskretiseret i 5 modellag dækkende fyld og kvartære aflejringer. I forhold til den overordnede model er fyld, øvre smeltevandssand og øvre moræner slået samme til et lag af hensyn til at opnå numerisk stabilitet. Øvre smeltevandssand optræder kun sporadisk og med ringe tykkelse og har ingen betydende indflydelse på grundvandsstrømningen i området.

Kalken er inddelt i 4 beregningslag svarende til de 2 strømningszoner fra flowloggen, et bundlag samt afskæringskoten for sekantpæle.

Modellag	Hydrologisk enhed/flow zone	Flow zone	Flow-log (%)	Tykkelse (m)	Væg/HBF	Defineret af tykkelse (T) eller kote (K)
1	Fyld, øvre smeltevandssand og øvre moræner					K
2	Mellem smeltevandssand					K
3	Nedre moræner					K
4	Nedre smeltevandssand					K
5	Grønsandssand					K
6	Kalk	1	95	4		T
7	Kalk	2	5	7,3		T (L=-20,66) inden for sekantpælene
8	Kalk			4,7		T
9	Kalk	3		24		T

Tabel 5.1 Definition af modellag

5.3 Kalibrering

Detailmodellen er kalibreret ved at foretage justering af den hydrauliske ledningsevne i flowzonerne i kalken (modellag 6-9) med henblik på at simulere effekten fra langtidsprøvepumpningen af KAL17p35 i observationsboringerne KAL16p35, KAL18p35, KAL20p35 og KAL27p35.

Simuleringen er foretaget dynamisk.

Tabel 5.2 viser kalibreringsresultatet (sammenligning af observeret og simuleret sænkning).

Boring	Maksimal afsenkning	
	Observeret	Simuleret
KAL15p35	0,3	0,1
KAL16p35	0,45	0,45
KAL18p35	0,6	0,6
KAL20p35	0,35	0,3
KAL27p35	0,45	0,45

Tabel 5.2 Resultat af lokal kalibrering

Det konkluderes, at modellen simulerer pumpeforsøget tilfredsstillende og at den er anvendelig til simulering af grundvandssænkning i forbindelse med anlægsarbejdet.

5.4 Lokale hydrogeologiske parametre

I Tabel 5.3 er vist parametre i detailmodellen, som er ændret i forhold til den overordnede model. For lag 6-8 sættes den vertikale hydrauliske ledningsevne til en tredjedel af den horisontale.

Modellag	Horizontal hydraulisk konduktivitet (m/s)	
	Overordnet model	Detail model, zone omkring JOR

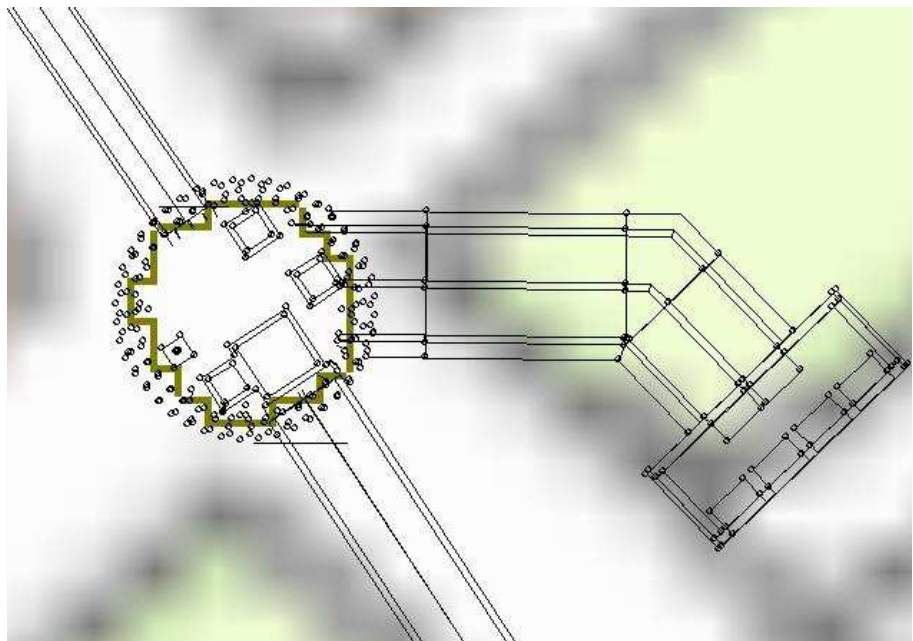
6	$2,9 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$
7	$1,7 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-6}$
8	$1,7 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-6}$

Tabel 5.3 Parametre i detailmodel SB

5.5 Implementering af byggegrubeindfatning

Sekantpæleindfatningen implementeres med "Modflow Horizontal Flow Barrier Package" (HBF), som er designet til at simulere tynde vertikale barrierer med lav permeabilitet, som hindrer eller reducerer horisontal grundvandsstrømning.

Randbetingelsen agerer som en horisontal strømningsbarrierer placeret konceptuelt mellem to naboceller i finite difference gridet. Strømningsmodstanden er defineret ved en barrieretykkelse på 0,5 m og en hydraulisk ledningsevne på 10^{-10} m/s. Ved SB er barrieren lagt ind i modellagene 1-7 som vist på Figur 5.3 og angivet i Tabel 5.1.



Figur 5.3 Sønder Boulevard, SB, Modflow HBF boundary

5.6 Detailberegninger

5.6.1 Simulering 1

Inden for sekantpæleindfatningen skal der udgraves til kote -15,66 m. Sekantpælene føres til kote -20,66 m. Grundvandet skal i anlægsfasen sænkes 0,5 m under udgravningsniveau til kote -16,16 m inden for indfatningen.

Der foretages ikke reinfiltration.

Modellsimuleringen viser, at der skal bortledes i størrelsesordenen $10 \text{ m}^3/\text{døgn}$. I toppen af kalken ses sænkninger på mindre end 0,1 m inden for en afstand af ca. 10 m fra indfatningen. I det øverste modellag ses ingen påvirkning.

5.6.2 Simulering 2

Ved tilslutningsbygværket skal der graves til kote -2,5 m. Terrænkoten er her ca. +2,2 m. Derfor indlægges en spuns fra terræn til kote -4,4 m svarende til hele øverste modellag. Dræn sættes til kote -3,0 m (0,5 m under udgravningsniveau).

Der foretages ikke reinfiltration.

Modellsimuleringerne viser, at der strømmer i størrelsesordenen 20 m³ grundvand pr. døgn ind i byggegruben.

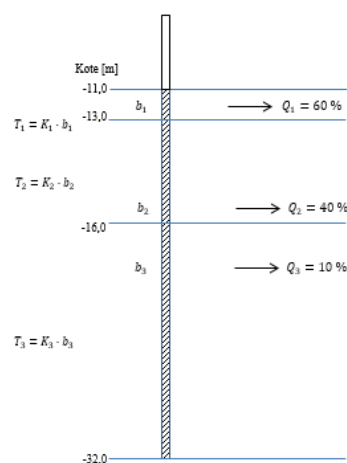
Der ses en sænkning af på mindre end 0,1 m i det øverste modellag umiddelbart uden for spunsen.

6 Detailmodel KAL

6.1 Hydrogeologi

Der er udført en 4-trins prøvepumpning i boring KAL10p35 /2/. Boringen er filter-sat fra top af kalk i kote -6 m til kote -41,8. Transmissiviteten i boringen er tolket til $3,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

En flowlog i samme boring viser 3 signifikante flowzoner. Zonerne er vist på Figur 4.1



Figur 6.1 KAL, flowzoner i kalken

I detailmodellen er den horisontale transmissivitet fordelt som de identificerede flowzoner.

$$T_{total} = T_1 + T_2 + T_3$$

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$T_1 = 0,5 \cdot T_{total}, \quad K_1 = \frac{T_1}{b_1}$$

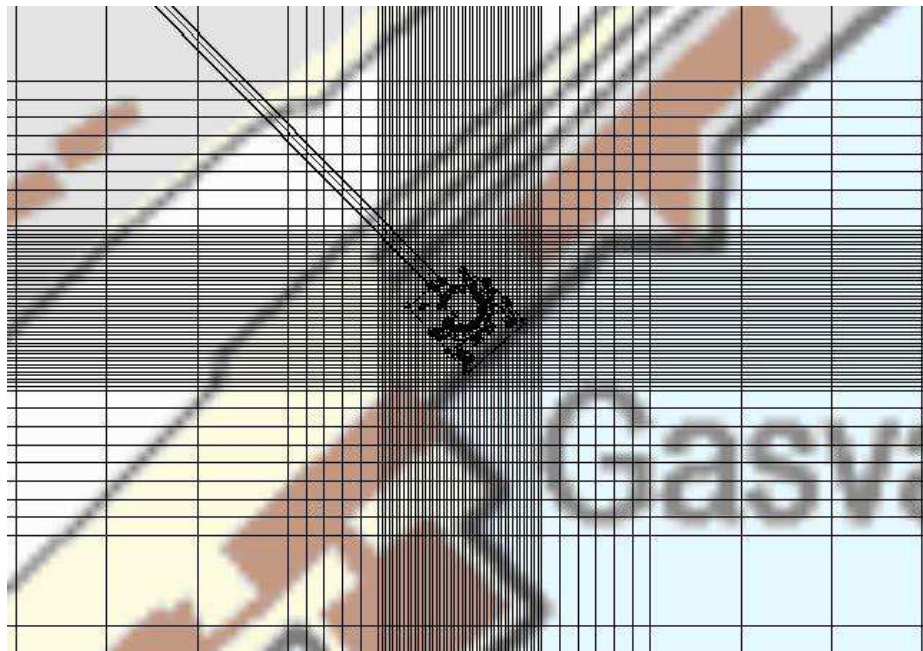
$$T_2 = 0,4 \cdot T_{total}, \quad K_2 = \frac{T_2}{b_2}$$

$$T_3 = 0,1 \cdot T_{total}, \quad K_3 = \frac{T_3}{b_3}$$

Hvor T = horisontal transmissivitet, Q = indstrømning, b = tykkelse af flowzone og K = horisontal hydraulisk ledningsevne.

6.2 Diskretisering

Detailmodellen er horisontalt diskretiseret i 5 x 5 m celler i nærområdet og 1 x 1 m celler omkring skakten som vist på Figur 6.2.



Figur 6.2 Kalvebod Brygge, KAL. Grid i detailmodel.

Modellen er vertikalt diskretiseret i 5 modellag dækkende fyld og kvartære aflejringer. I forhold til den overordnede model er fyld, øvre smeltevandssand og øvre moræneler slået samme til et lag af hensyn til at opnå numerisk stabilitet. Øvre smeltevandssand optræder kun sporadisk og med ringe tykkelse og har ingen betydende indflydelse på grundvandsstrømningen i området.

Kalken er inddelt i 5 beregningslag svarende til de 3 strømningszoner fra flowloggen, et bundlag samt afskæringskoten for sekantpæleindfatningen.

Modellag	Hydrologisk enhed/flow zone	Flow zone	Flow-log (%)	Tykkelse (m)	Væg/HBF	Defineret af tykkelse (T) eller kote (K)
1	Fyld, øvre smeltevandssand og øvre moræner					K
2	Mellem smeltevandssand					K
3	Nedre moræner					K
4	Nedre smeltevandssand					K
5	Grønsandssand					K
6	Kalk	1	60	2		T
7	Kalk	2	35	3		T
8	Kalk	3	5	7,5		T (L=-26,05) inden for sekantpælene
9	Kalk			8,5		T
10	Kalk	4		19		T

Tabel 6.1 Definition af modellag

6.3 Kalibrering

Detailmodellen er kalibreret ved at foretage justering af den hydrauliske ledningsevne i flowzonerne i kalken (modellag 6-9) med henblik på at simulere effekten fra 4-trins pumpningen af KAL10p35 i observationsboringerne KAL11p24, KAL12p24, og KAL9p35.

Simuleringen er foretaget dynamisk.

Tabel 6.2 viser kalibreringsresultatet (sammenligning af observeret og simuleret sænkning).

	Maksimal afsenkning							
Trin	1		2		3		4	
Boring	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.
KAL9p35	0,21	0,23	0,48	0,51	0,8	0,81	1,20	1,13
KAL11p24-1	0,11	0,13	0,28	0,31	0,5	0,51	0,76	0,90
KAL11p24-2	0,14	0,18	0,31	0,41	0,51	0,65	0,71	0,90
KAL12p24-1	0,14	0,19	0,32	0,44	0,5	0,71	0,75	1,0
KAL12p24-2	0,23	0,25	0,52	0,55	0,86	0,85	1,22	1,17

Tabel 6.2 Resultat af lokal kalibrering

Det konkluderes, at modellen simulerer pumpeforsøget tilfredsstillende og at den er anvendelig til simulering af grundvandssænkning i forbindelse med anlægsarbejdet.

6.4 Lokale hydrogeologiske parametre

I Tabel 6.3 er vist parametre i detailmodellen, som er ændret i forhold til den overordnede model. For lag 6-9 sættes den vertikale hydrauliske ledningsevne til en tredjedel af den horisontale.

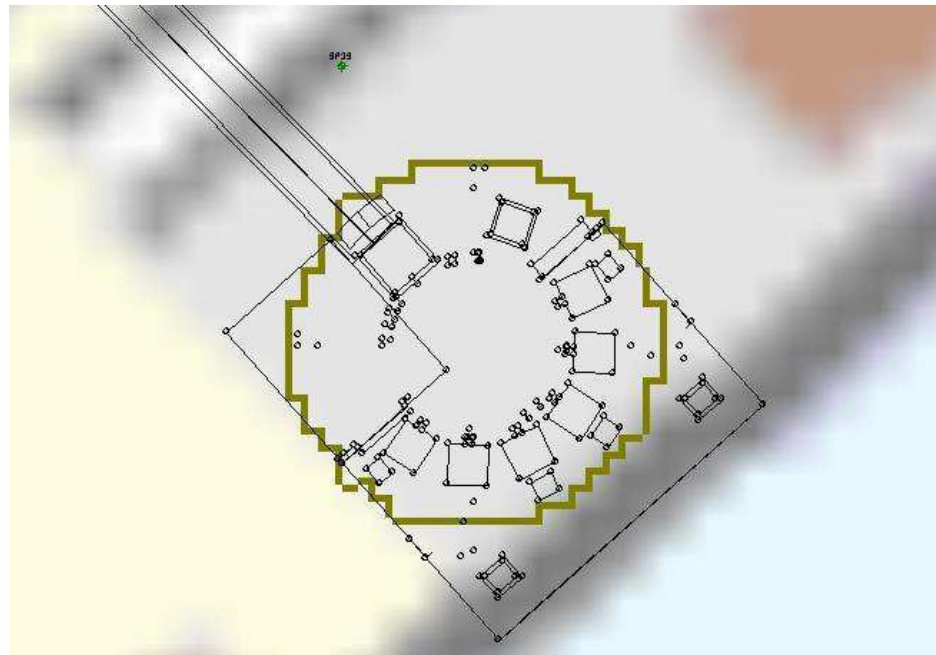
Modellag	Horizontal hydraulisk konduktivitet (m/s)	
	Overordnet model	Detail model, zone omkring JOR
6	$3,6 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-4}$
7	$1,4 \times 10^{-4}$	$7,0 \times 10^{-5}$
8	$3,8 \times 10^{-6}$	$1,9 \times 10^{-6}$
9	$3,8 \times 10^{-6}$	$1,9 \times 10^{-6}$

Tabel 6.3 Hydrauliske parametre i detailmodel KAL

6.5 Implementering af byggegrubeindfatning

Sekantpæleindfatningen implementeres med "Modflow Horizontal Flow Barrier Package" (HBF), som er designet til at simulere tynde vertikale barrierer med lav permeabilitet, som hindrer eller reducerer horisontal grundvandsstrømning.

Randbetingelsen agerer som en horisontal strømningsbarrierer placeret konceptuelt mellem to naboceller i finite difference gridet. Strømningsmodstanden er defineret ved en barrieretykkelse på 0,5 m og en hydraulisk ledningsevne på 10^{-10} m/s. Ved SB er barrieren lagt ind i modellagene 1-7 som vist på Figur 6.3Figur 5.3 og angivet i Tabel 6.1.



Figur 6.3 Kalvebod Brygge, KAL, Modflow HBF boundary

6.6 Detailberegninger

6.6.1 Simulering 1

Inden for sekantpæleindfatningen skal der udgraves til kote -23,50 m. Sekantpælene føres til kote -26,05 m. Grundvandet skal i anlægsfasen sænkes 0,5 m under udgravningsniveau til kote -24,00 m inden for indfatningen.

Der foretages ikke reinfiltration.

Modelsimuleringen viser, at der skal bortledes i størrelsesordenen 70 m³/døgn. I toppen af kalken ses sænkninger på mindre end 0,1 m inden for en afstand af ca. 10 m fra indfatningen. I det øverste modellag ses ingen påvirkning.

7 Referencer

/1/ Københavns Kommune. <https://kbhkort.kk.dk>.

/2/ Geo, 2018. Copenhagen. Kalvebod Brygge Tunnel. Geotechnical and Hydrogeological Investigations, Factual Report. Report 1, 2018-12-07 – Preliminary.

BILAG 5

Vibrationserfaringer fra skakte

Notat**HOFOR
VALKAL****Vibrationserfaringer fra etablering af
skakte**

Projekt ID: 229404
Dokument ID:
XTAXEUDNY4W-75177900-752
Ændret: 25-04-2019 15:32
Revision:

Udarbejdet af: CAA
Kontrolleret af:
Godkendt af:

1 Indledning

I forbindelse med etableringen af skybrudsledningen fra Skt. Jørgens Sø til Kalvebod Brygge, skal der bl.a. etableres skakte ved hjælp af sekantpæle.

Nærværende notat oplister rapporter og notater, hvor NIRAS har målt vibrationspåvirkninger fra etableringen af tilsvarende skakter. Notatet er tænkt som samle-reference. For de faktiske erfaringer og måleresultater henvises til de respektive rapporter og notater.

2 Vibrationserfaringer fra etablering af sekantpæle

2.1 Damhusledningen (København)

- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B2, Vibrations- og støjmålinger, August 2013*, HOFOR, September 2013
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B2, Vibrations- og støjmålinger, September 2013*, HOFOR, Oktober 2013
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B2, Vibrations- og støjmålinger, Oktober 2013*, HOFOR, November 2013
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B3, Vibrations- og støjmålinger, Juni 2013*, HOFOR, Juli 2013
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B3, Vibrations- og støjmålinger, Juli 2013*, HOFOR, August 2013
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B3, Vibrations- og støjmålinger, August 2013*, HOFOR, September 2013
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B4, Vibrations- og støjmålinger, Februar 2014*, HOFOR, Marts 2014
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B4, Vibrations- og støjmålinger, Marts 2014*, HOFOR, April 2014
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B4, Vibrations- og støjmålinger, April 2014*, HOFOR, Maj 2014
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B4, Vibrations- og støjmålinger, Maj 2014*, HOFOR, Juni 2014
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B5, Vibrations- og støjmålinger, April 2014*, HOFOR, Maj 2014

- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B6, Vibrations- og støjmålinger, September 2013*, HOFOR, Oktober 2013
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B6, Vibrations- og støjmålinger, Oktober 2013*, HOFOR, November 2013
- NIRAS, *Damhusledningen KBH, B6, Vibrations- og støjmålinger, November 2013*, HOFOR, December 2013

2.2 Ny trappe fra Nørreport St. til Frederiksborggade

- NIRAS, *Ny Metrotrappe ved Nørreport, Vibrations- og støjmålinger, August 2013*, Züblin, September 2014
- NIRAS, *Ny Metrotrappe ved Nørreport, Vibrations- og støjmålinger, September 2013*, Züblin, Oktober 2014

2.3 Fjernvarmetunnelen under Københavns Havn

- NIRAS, *Fjernvarmetunnel under Københavns Havn, Vibrations- og støjmålinger, Islands Brygge, August 2014, Standardrapport*, HOFOR, September 2014
- NIRAS, *Fjernvarmetunnel under Københavns Havn, Vibrations- og støjmålinger, Islands Brygge, September 2014, Standardrapport*, HOFOR, Oktober 2014
- NIRAS, *Fjernvarmetunnel under Københavns Havn, Vibrations- og støjmålinger, Islands Brygge, Oktober 2014, Standardrapport*, HOFOR, November 2014
- NIRAS, *Fjernvarmetunnel under Københavns Havn, Vibrations- og støjmålinger, Islands Brygge, November 2014, Standardrapport*, HOFOR, December 2014
- NIRAS, *Fjernvarmetunnel under Københavns Havn, Vibrations- og støjmålinger, Islands Brygge, December 2014, Standardrapport*, HOFOR, Januar 2015
- NIRAS, *Fjernvarmetunnel under Københavns Havn, Vibrations- og støjmålinger, Kalvebod Brygge, Januar 2015, Standardrapport*, HOFOR, Februar 2015
- NIRAS, *Fjernvarmetunnel under Københavns Havn, Vibrations- og støjmålinger, Kalvebod Brygge, Februar 2015, Standardrapport*, HOFOR, Marts 2015
- NIRAS, *Fjernvarmetunnel under Københavns Havn, Vibrations- og støjmålinger, Kalvebod Brygge, Marts 2014, Standardrapport*, HOFOR, April 2015

BILAG 6

Beregninger af zink og kvælstof
KAL-DD-MYN-GEN NOT-006

Notat

HOFOR og Frederiksberg Forsyning

Kalvebod Brygge Skybrudstunnel

Beregning af udledt mængde zink og kvælstof

Dokumentnavn: KAL-DD-MYN-GEN-NOT-006

Projekt ID229404:229404

229404

Dokument ID:

XTAXEUDNY4W-75177900-752

Ændret: 20-06-2019 16:31

Revision:

Udarbejdet af: DGP, AKJ

Kontrolleret af: NBOS

Godkendt af: AKJ

1 Baggrund

Som en del af miljøvurderingen af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er NIRAS af HOFOR og Frederiksberg Forsyning blevet bedt om at lave en beregning af, hvor stor reduktionen af udledt zink og kvælstof til havnen vil være, ved aktivering af skybrudstunnelen ved ekstremregnhændelser med mellem 5 og 10 års gentagelsesperioder, hvis det antages, at opstuvningskapaciteten i skybrudsledningen, svarende til 9.700 m³ vand, ledes retur til kloakken.

Der regnes på udledning af zink og kvælstof for den eksisterende situation ved en 10-års regnhændelse (herefter benævnt "status-situationen"), hvor i alt 110.825 m³ ledes til havnen fra de eksisterende udløb. Disse mængder sammenlignes med et scenarie med en 10-års regnhændelse, hvor skybrudstunnelen er i drift (herefter benævnt "plan 2-scenariet"), hvor i alt 101.658 m³ (111.358 m³ – 9.700 m³) ledes til havnen fra udløbene (HOFOR, 2019).

For en vurdering af reduktionen i udledning af næringsstoffer og miljøfarlige stoffer til havnen, i det tilfælde, at opstuvningskapaciteten i skybrudsledningen, svarende til 9.700 m³ vand, ledes retur til kloakken fremfor at pumpes ud i havnen, er der gennemført beregninger for reduktion af modelstofferne zink og kvælstof. Zink er anvendt, da der potentielt er høje zinkniveauer i regnvand fra Indre København (tage, tagrender mv.), mens kvælstof er relevant ift. målsætninger i vandområdeplanerne.

I dette notat er de beregnede mængder af zink og kvælstof udtryk for en worst-case betragtning, hvor kildestyrkerne er sat højt (konservativt), og ikke nødvendigvis realistisk for det vand, som skal udledes fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Den beregnede difference mellem status-situationen og plan 2-scenariet er uafhængigt af, at der regnes på et worst-case scenarie med høje kildestyrker, da den procentvise forskel ikke afhænger af kildestyrken men blot forskelle i de udledte vandmængder mellem status-situationen og plan 2-scenariet.

2 Udledning af zink

Det er tidligere i projektet aftalt med Københavns Kommune, at kildestyrken af zink i vandet, som udledes ved en skybrudslignende hændelse, kan karakteriseres som CSO-vand (combined sewer overflow) (Miljøstyrelsen, 2010). Kildestyrken af zink fastsættes til 244,67 µg zink/l, og denne koncentration er for den totale fraktion af zink, altså både opløst og partikelbundet zink.

2.1 Status-situation

For status-situationen gælder, at 110.825 m³ vand ledes til havnen fra de berørte udløb. Dette giver en total mængde af udledt zink på cirka (afrundet):

$$\text{Vandmængde} = 110.825 \text{ m}^3 = 110.825.000 \text{ liter}$$

$$\begin{aligned} \text{Zinkmængde} &= 244,67 \text{ } \mu\text{g/l} * 110.825.000 \text{ liter} = 27.115.552.750 \text{ } \mu\text{g} = \\ &27.115.553 \text{ mg} = 27.116 \text{ g} = \mathbf{27,1 \text{ kg zink}} \end{aligned}$$

2.2 Plan 2-scenarie

For plan 2-scenariet gælder, at 101.658 m³ vand ledes til havnen fra de berørte udløb. Dette giver en total mængde af udledt zink på cirka (afrundet):

$$\text{Vandmængde} = 101.658 \text{ m}^3 = 101.658.000 \text{ liter}$$

$$\begin{aligned} \text{Zinkmængde} &= 244,67 \text{ } \mu\text{g/l} * 101.658.000 \text{ liter} = 24.872.662.860 \text{ } \mu\text{g} = \\ &24.872.663 \text{ mg} = 24.873 \text{ g} = \mathbf{24,9 \text{ kg zink}} \end{aligned}$$

2.3 Sammenligning mellem status-situationen og plan 2 scenarie

Den udledte mængde zink fra de udledninger, der indgår i projektet for status-situationen og plan 2-scenariet, er beregnet til henholdsvis cirka 27,1 kg og 24,9 kg zink. Ved tilbageførsel af 9.700 m³ vand til kloaksystemet vil udledningen af zink således mindskes med cirka 2,4 kg svarende til cirka 9 % i forhold til status situationen.

3 Udledning af kvælstof

I forhold til koncentration af kvælstof i CSO-vand findes der ikke data i Miljøstyrelsens rapport (Miljøstyrelsen, 2010). I rapporten er CSO-vand karakteriseret som bestående af 1 del spildevand og 5 dele vejvand/regnvand. Dette kan til en vis grad sammenlignes med vandet i fælleskloakerede afløbssystemer, som er en blanding af spildevand fra husholdninger og industri, og regnvand, der har været i kontakt med befæstede overflader (DTU, 2018).

I (DTU, 2018) er den højeste koncentrationen af total kvælstof (TN) i overløb fra fællessystemer angivet til 46 mg/l. Københavns Kommune har i samarbejde med HOFOR og DHI anvendt passive prøvetagere til at karakterisere regnvand i København (Københavns Kommune og HOFOR, 2016). I denne rapport fremgår det, at kvælstofkoncentrationen (TN) i en prøve af regnvand ligger på cirka 2,5 mg/l. Ved en skybrudslignende situation vil der være en stor andel af regnvand i kloaksystemet, og hvis det antages, at der ved en skybrudslignende situation vil være 1 del fællesvand og 4 dele regnvand fås en koncentration på cirka 11,2 mg kvælstof/l. Denne kvælstof-koncentration anvendes i nedenstående beregninger.

3.1 Status-situationen

For status-situationen gælder, at 110.825 m³ vand ledes til havnen fra de berørte udløb. Dette giver en total mængde af udledt kvælstof på cirka (afrundet):

$$\text{Vandmængde} = 110.825 \text{ m}^3 = 110.825.000 \text{ liter}$$

$$\begin{aligned} \text{Kvælstofmængden} &= 11,2 \text{ mg kvælstof/l} * 110.825.000 \text{ liter} = 1.241.240 \text{ g} = \\ &\mathbf{1.241 \text{ kg kvælstof}} \end{aligned}$$

3.2 Plan 2-scenariet

For plan 2-scenariet gælder, at 101.658 m³ vand ledes til havnen fra de berørte udløb. Dette giver en total mængde af udledt kvælstof på cirka (afrundet):

$$\text{Vandmængde} = 101.658 \text{ m}^3 = 101.658.000 \text{ liter}$$

$$\text{Kvælstofmængde} = 11,2 \text{ mg kvælstof/l} * 101.658.000 \text{ liter} = 1.138.570 \text{ g} =$$

1.139 kg kvælstof

3.3 Sammenligning mellem status-situationen og plan 2- scenariet

Den udledte mængde kvælstof fra de udledninger, der indgår i projektet for status-situationen og plan 2-scenariet, er beregnet til henholdsvis cirka 1.241 kg og 1.139 kg kvælstof. Ved tilbageførsel af 9.700 m³ vand til kloaksystemet vil udledningen af kvælstof således mindskes med cirka 109 kg svarende til cirka 9 % i forhold til status-situationen. Dette er sammenligneligt med beregninger for zink, hvilket skyldes, at beregningerne er baseret på de samme vandmængder, og at koncentrationerne af både zink og kvælstof antages at være de samme for både status-situationen og plan 2-scenariet.

4 BAT betragtninger

Princippet om BAT er fastlagt i Miljøbeskyttelseslovens § 3 (LBK nr 241 af 13/03/2019). Der skal ved administration af loven lægges vægt på, hvad der er opnåeligt ved anvendelse af den bedste tilgængelige teknik (BAT), herunder mindre forurenende råvarer, processer og anlæg og de bedst muligt forureningsbæmpende foranstaltninger.

Der findes ikke vedtagne BAT konklusioner for regnvandsbassiner. Rensning af regnvand generelt består først og fremmest i at mindske den partikulære udledning, da en stor del af både næringsstoffer og miljøfarlige stoffer vil være bundet til partikler. Det gælder for både zink og kvælstof, som er anvendt som modelstoffer i beregningerne, men også fosfor samt andre tungmetaller, PAH'er og oliestoffer.

Våde regnvandsbassiner bliver på grund af deres kapacitet for sedimentering af partikulært materiale anset for BAT (Teknologisk Institut, 2018) (NMKN-10-00760, 2015), og der er for bl.a. våde regnvandsbassiner udarbejdet et faktablad, hvor dimensionering og rensegrad er beskrevet (Aalborg Universitet, 2012), og for våde regnvandsbassiner kan der således tages udgangspunkt i dette faktablad ved vurdering af BAT.

Da Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er placeret i tæt bymæssig bebyggelse, kan der af pladshensyn ikke etableres åbne regnvandsbassiner. Hvis der ønskes opstuvningsvolumen i forbindelse med udledning af regnvand, er det derfor nødvendigt at lave lukkede bassiner, således at pladsen ovenpå bassinet kan benyttes til andre formål. Et lukket bassin vil give en vis forsinkelse af vandet inden udløb, og derved vil en vis mængde af det suspenderede stof fra regnvandet kunne bundfælde.

Ved at tilbageføre opstuvningsvolumenet fra Kalvebod Brygge Skybrudstunnel til kloaksystemet, vil både opløste og partikelbundne næringsstoffer og miljøfarlige stoffer fra regnhændelser, hvor skybrudstunnelen er i brug, således helt eller delvist blive ført til renseanlæg, hvor rensegraden må forventes at være god. Af de

ovenstående beregninger ses, at der vil være en reduceret udledning af zink og kvælstof (TN) fra de udløb, der er omfattet af projektet til havnen i plan 2 scenariet i forhold til status scenariet på cirka 9 % under antagelse af, at der tilbageføres en vandmængde på 9.700 m³ til kloaksystemet. Dette er forventeligt, idet den samlede udledte vandmængde fra de berørte udløb for plan 2 scenariet er cirka 9 % lavere i forhold til status scenariet.

Ved idriftsættelse af skybrudstunnelen allerede fra 5-års regnhændelser, vil vandet, der ledes til skybrudstunnelen, kunne rummes i opstuvningsvolumet i tunnelen for en del af de regnhændelser, hvor Kalvebod Brygge Skybrudstunnel kommer i brug. For regnhændelser op til en 10-års regn, der overstiger opstuvningsvolumet i skybrudstunnelen, vil en stor del af vandet stadig tilbageholdes i tunnelen, og kun en mindre del udledes i havnen. Der vil være en vis opholdstid for vandet i Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, hvor partikulært stof vil kunne bundfælde i en vis grad. Dette materiale vil blive fjernet og ledt til kloaksystemet, når tunnelen har været i brug. Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil således yderligere medføre en begrænsning i den udledte mængde zink og kvælstof.

Det fremgår af (DANVA, 2018), at den største partikulære rensning i forbindelse med regnvandsbassiner sker ved små hyppige regnhændelser (first flush). Den største partikulære belastning vil altså generelt komme i forbindelse med first flush. Kalvebod Brygge Skybrudstunnel vil først modtage regnvand, når niveauet i afløbssystemet når et vist niveau. Det betyder, at first flush for en skybrudslignende hændelse vil ledes til Renseanlæg Lynetten og således ikke vil ledes til havnen. Beregningerne i ovenstående afsnit 2 og 3 må derfor betragtes som yderst konservative, og den reelle belastning af kvælstof og zink for det vand, der ledes til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel, må formodes at være væsentligt lavere end forudsat i beregningerne.

NIRAS vurderer ud fra ovenstående, at projektet lever op til princippet om BAT i forbindelse med, at skybrudstunnelen tages i brug ved en regnhændelse svarende til en 5-års regn. NIRAS vurderer, at der ikke kan etableres andre relevante BAT tiltag ud fra proportionalitetsprincippet i forbindelse med udløb af en skybrudslignende hændelse (<10 år). Der kan eventuelt etableres BAT løsninger i oplandet, men det er ikke en del af denne opgave at vurdere sådanne.

5 Referencer

BEK nr 449 af 11/04/2019. (u.d.). Bekendtgørelse om indsatsprogrammer for vandområdedistrikter. Miljø- og Fødevareministeriet.

DANVA. (2018). *Designguide for regnvandsbassiner. DANVA vejledning nr. 102.* https://www.danva.dk/media/4817/danva_regnvandsbassiner_designguide_2018_final.pdf.

DTU. (2018). Operationelle udlederkrav for regnbetingede overløb fra fællessystemer til vandløb.

HOFOR. (2019). *HOFOR og Frederiksberg Forsyning. Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Beregning af udledt mængde zink og kvælstof. Dok. Nr. KAL-DD-MYN-GEN-NOT-006*.

Københavns Kommune og HOFOR. (2016). Karakterisering af regnvand – "Ved Stranden" og "Havnegade". Passive prøvetagere. Lavet af DHI.

LBK nr 241 af 13/03/2019. (u.d.). *Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse*. Miljø- og Fødevareministeriet.

Miljøstyrelsen. (2010). Forurenende stoffer fra overløbsbygværker fra fælleskloakerede områder.

NMKN-10-00760. (2015). *Afgørelse i sag om Odder Kommunes tilladelse til udledning af overfladevand fra [adresse1] til regnvandsbassin ved Torrild og videre til Stampmøllebæk*.
<https://mfkn.naevneneshus.dk/afgoerelse/08331175-b3fd-40e0-abe6-75c6f33ec80b?highlight=NMK-10-00760>.

Teknologisk Institut. (2018). *Regnvandsbassiner med natur og aktivitet*. Rørcenter-anvisning 025.

Aalborg Universitet. (2012). *Faktablad om dimensionering af våde regnvandsbassiner*.
http://separatvand.dk/download/Faktablad_Våde%20bassiner_3.pdf.

BILAG 7

Samfundsøkonomi
KAL-DD-MYN-GEN-NOT-006

Notat

HOFOR A/S & Frederiksberg Forsyning

Valby og Kalvebod Brygge Skybrudstunnel

Samfundsøkonomiske beregninger af to driftsscenarier

Document no: KAL-DD-MYN-GEN-NOT-004

Projekt nr.: 229404
Revision 1.0
Udarbejdet af LSN
Kontrolleret af CKD
Godkendt af CKD

Indhold

1	Samfundsøkonomiske beregninger af to driftsscenarier	2
1.1	Baggrund	2
1.2	Metode	2
1.3	Opgørelse af berørte kælderarealer	2
1.4	Samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelse af kældre	5
1.4.1	Beregning af forventede årlige omkostninger	5
1.4.2	Udvikling i oversvømmet kælderareal	5
1.4.3	Beregning af forventede skadesomkostninger	8
1.4.4	Samfundsøkonomiske omkostninger	10
1.4.5	Følsomhedsanalyse	11
2	Referencer	12

1 Samfundsøkonomiske beregninger af to driftsscenarier

1.1 Baggrund

Når Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er etableret, er der flere muligheder for drift af tunnelen ved skybrud. I nærværende miljøvurdering undersøges miljøpåvirkningerne af idriftsættelse af tunnelen i to scenarier: ved en 5-års regnhændelse, hvor kapaciteten af afløbssystemet overskrides, og ved en 10-års regnhændelse, som svarer til Københavns Kommunes definition af skybrud.

Såfremt vandet ikke ledes til tunnelen ved kapacitetsoverskridende regnhændelser, vil vandet stuve op til terræn, og der er dermed risiko for oversvømmelse af kældre i det berørte område.

HOFOR har ønsket at få undersøgt, hvor store kælderarealer i beboelsesejendomme der er i fare for oversvømmelse ved ovennævnte to driftsscenarier for tunnelen, og hvilke omkostninger, der kan forventes forbundet med at kældrene oversvømmes: I det første scenarie åbnes skybrudsklapperne ved en 5-års regnhændelse, og i det andet scenarie åbnes skybrudsklapperne ved en 10-års regnhændelse.

1.2 Metode

De to driftsalternativer, hvor tunnelen anvendes ved henholdsvis en 5- og en 10-års hændelse, underkastes i denne miljøvurdering en afgrænset samfundsøkonomisk analyse. I analysen prissættes alene de forventede skadesomkostninger, der følger af oversvømmede kældre i beboelsesejendomme set over tunnelens forventede tekniske levetid på 100 år. Omkostningernes nutidsværdi sammenlignes, så det er muligt at vurdere, i hvilket driftsalternativ, der er de største forventede skadesomkostninger som følge af oversvømmede kældre i de pågældende beboelsesejendomme. Til brug for analysen er det ved hjælp af modelleringer af oversvømmelser opgjort, hvor store kælderarealer i beboelsesejendomme, der oversvømmes ved henholdsvis 5, 10, 20, 50 og 100 års-hændelser i de to driftsalternativer. Til at prissætte de forventede skadesomkostninger ved oversvømmelse af kældre i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune anvendes enhedspriser fra Forsikring & Pensions udredning fra 2014 af omkostningerne ved oversvømmelseskader i kældre (F&P, 2014). Eventuelle forskelle i omkostningerne til anlæg, drift og vedligehold i de to driftsalternativer er ikke en del af analysen, og der inkluderes derved alene de forventede skadesomkostninger i de oversvømmede kældre.

1.3 Opgørelse af berørte kælderarealer

Oversvømmelserne på terræn i de to driftsscenarier er beregnet i en numerisk model, og det er efterfølgende på baggrund af disse modelleringer kortlagt, hvor store kælderarealer i beboelsesejendomme, der umiddelbart er oversvømmelses-truede. For yderligere beskrivelse af modelleringen af oversvømmelserne og kortlægningen se Bilag 1 til nærværende notat. Resultaterne af kortlægningen ses i tabellerne herunder:

Tabel 1.1: Beregnede oversvømmelsestruede kældre ved åbning af klapper ved en 5-års hændelse beregnet for regnhændelser med gentagelsesperioder mellem 5 og 100 år.

Hændelse	Antal kældre	Samlet kælderareal
5-års hændelse	9	10.800
10-års hændelse	22	20.007
20-års hændelse	57	32.953
50-års hændelse	185	87.859
100-års hændelse	346	158.299

Tabel 1.2: Beregnede oversvømmelsestruede kældre ved åbning af klapper ved en 10-års hændelse beregnet for regnhændelser med gentagelsesperioder mellem 5 og 100 år.

Hændelse	Antal kældre	Samlet kælderareal
5-års hændelse	14	16.050
10-års hændelse	22	20.007
20-års hændelse	60	36.977
50-års hændelse	185	87.859
100-års hændelse	348	160.318

Som det fremgår af Tabel 1.1 og Tabel 1.2 er der umiddelbart fra en 5-års hændelse forskel i det kælderareal der oversvømmes ved at åbne skybrudsklapperne ved henholdsvis en 5- og en 10-års hændelse. Forskellene i kælderarealer fremgår af Tabel 1.3

Tabel 1.3: Forskel i beregnede kælderoversvømmelser ved åbning af skybrudsklapper ved en 10-års hændelse i forhold til en 5-års hændelse beregnet for regnhændelser med gentagelsesperioder mellem 5 og 100 år.

Hændelse	Forskel i Antal kældre	Forskel i Samlet kælderareal
5-års hændelse	5	5.250
10-års hændelse	0	0
20-års hændelse	3	4.024
50-års hændelse	0	0
100-års hændelse	2	2.019

Antallet af oversvømmelsestruede bygninger med kældre registreret anvendt til erhvervsformål er endvidere kortlagt for så vidt angår de to driftsalternativer. Resultatet af kortlægningen fremgår af tabellen herunder:

Tabel 1.4: Beregnede oversvømmelsestruede kældre ved åbning af klapper ved en 5-års hændelse beregnet for regnhændelser med gentagelsesperioder mellem 5 og 100 år, erhverv

Hændelse	Antal kældre	Samlet kælderareal
5-års hændelse	3	4.844
10-års hændelse	4	4.844
20-års hændelse	7	9.617
50-års hændelse	13	9.701
100-års hændelse	22	11.928

Tabel 1.5: Beregnede oversvømmelsestruede kældre ved åbning af klapper ved en 10-års hændelse beregnet for regnhændelser med gentagelsesperioder mellem 5 og 100 år, erhverv

Hændelse	Antal kældre	Samlet kælderareal
5-års hændelse	3	4.844
10-års hændelse	4	4.844
20-års hændelse	7	9.617
50-års hændelse	13	9.701
100-års hændelse	22	11.928

Som det fremgår er der umiddelbart ingen forskel imellem antallet af oversvømmelsestruede kældre i de to driftsscenarier, og kældre i bygninger registreret anvendt til erhvervsformål er derfor inkluderet i den videre analyse.

Det ses af Tabel 1.1 - Tabel 1.3, at de beregnede oversvømmelser indikerer, at det er ved 5-års-, 20-års- og 100-års hændelserne, at flere kældre og flere kvadratmeter kælder i beboelsesejendomme er oversvømmelsestruede, hvis skybrudsklapperne først åbnes ved en 10-års hændelse fremfor ved en 5-års hændelse. Forskellen ved de to driftsscenarier er således, at 5.250 m² mere kælderareal er oversvømmelsestruet ved en 5-års hændelse, hvis skybrudsklapperne først åbnes ved en 10-års hændelse set i forhold til at åbne dem ved 5-års hændelsen. 4.024 m² mere kælderareal er oversvømmelsestruet ved en 20-års hændelse, hvis skybrudsklapperne først åbnes ved en 10-års hændelse set i forhold til at åbne dem ved 5-års hændelsen og så fremdeles. Flere kældre er umiddelbart oversvømmelsestruede ved at åbne skybrudsklapperne ved en 10-års hændelse end ved en 5-års hændelse, da vandet derved har længere tid til at samle sig på terræn. Dette er på grund af, at skybrudsklapperne åbner ved målinger af vandstande lokalt ved skybrudsklapperne. Skybrudsklapperne lukker igen, når det generelle trykniveau i systemet er faldet jf. bilag 1.

1.4 Samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelse af kældre

1.4.1 Beregning af forventede årlige omkostninger

Som det fremgår af afsnit 1.3 indikerer oversvømmelsesberegningerne, at flere kældre og et større kælderareal i beboelsesejendomme er oversvømmelsestruet, hvis man venter med at åbne skybrudsklapperne i afløbssystemet til Kalvebod Brygge Skybrudstunnel til ved en 10-års hændelse, set i forhold til at åbne dem ved 5-års hændelsen. Der er samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med kælderoversvømmelser, og der er derved en meromkostning ved at vente med at åbne skybrudsklapperne til en 10-års hændelse. Størrelsen af denne meromkostning kan opgøres ved at opgøre den samfundsøkonomiske omkostning forbundet med forskellen i oversvømmet kælderareal i de to driftsscenarioer. Omkostningerne til anlæg- og drift af skybrudstunnelen antages i øvrigt at være identisk i de to scenarier, således at der ikke er højere omkostninger ved at åbne skybrudsklapperne oftere ved en 5-års-hændelse end ved 10-års hændelsen.

Der er forskellige metoder og tilgange til at opgøre de forventede årlige omkostninger ved oversvømmelse af bebyggede områder (EAD). Flere af tilgangene er i faglitteraturen sammenlignet, og det er konkluderet, at numerisk integration er én af de brugbare metoder (Skovgård Olsen, Zhou, Linde, & Arnbjerg-Nielsen, 2015). Numerisk integration er blandt andet anvendt i beregningsværktøjet PLASK, der af Miljøstyrelsen er stillet til rådighed på hjemmesiden klimatilpasning.dk (MST, 2018). Ved numerisk integration beregnes EAD på baggrund af de enkelte hændelsessandsynligheder samt de forventede beregnede skader ved hver hændelse:

$$EAD = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{i+1}} \right) (D_i + D_{i+1})$$

Her er T de enkelte hændelser og D er de forventede beregnede skader ved hver hændelse T.

Numerisk integration er i de følgende afsnit valgt som metode til beregning af de forventede årlige omkostninger ved oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme.

1.4.2 Udvikling i oversvømmet kælderareal

De forventede årlige omkostninger ved oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme vil set over en 100-års periode med stor sandsynlighed ikke forblive konstante. I takt med klimaforandringer forventes skybrudshændelser at tiltage i intensitet, og det betyder at den regnintensitet der i dag defineres som en 5-års hændelse med tiden, og klimaforandringerne, tiltager. IDA Spildevandskomiteen har i Skrift 30 anbefalet klimafaktorer, som kan anvendes til at beregne en forventet udvikling i regnintensiteten (IDA_Spildevandskomiteen, 2014), se Tabel 1.4.

Tabel 1.6: Anbefalede klimafaktorer fra IDA Spildevandskomiteen, 100 års horisont, 2015-2115

	Standard	Høj
2-års hændelse	1,2	1,45
10-års hændelse	1,3	1,7
100-års hændelse	1,4	2,0

Hvis klimafaktoren i år 2015 er 1,0 for ovenstående hændelser, er den altså standard henholdsvis 1,2, 1,3 og 1,4 i år 2115. For årene imellem 2015 og 2115 interpoleres klimafaktorerne lineært.

De interpolerede klimafaktorer kan anvendes til at beregne den forventede udvikling i regnintensiteten. Regnintensiteten afhænger af den geografiske placering, og den kan bestemmes ved hjælp af en regional regnrække, der blandt andet kan findes i bilag til ovennævnte Skrift 30 (IDA_Spildevandskomiteen_Regnrække, 2016). Anvendes koordinaterne N6175831 og E724344 svarende til en geografisk placering på Rådhuspladsen i København samt en sikkerhedsfaktor på 1,4 fås følgende regnintensiteter for 2015 fra den regionale regnrække (IDA_Spildevandskomiteen_Regnrække, 2016):

Tabel 1.7: Regnintensitet i 2015 for Rådhuspladsen i København ved forskellige regnhændelser

Hændelse	Intensitet $\mu\text{m/s}$
2	6,128
5	7,973
10	9,589
20	11,427
50	14,261
100	16,768

De angivne regnmængder er baseret på en årsmiddelnedbør på 635 mm, der er beregnet ud fra ovenstående koordinater, en sikkerhedsfaktor på 1,4 og en varighed på 60 min.

Den forventede udvikling i regnintensiteten kan estimeres ved hjælp af de interpolerede klimafaktorer for perioden 2015-2115 og den angivne regnintensitet. De beregnede regnintensiteter for udvalgte år fremgår af nedenstående tabel:

Tabel 1.8: Estimeret udvikling i regnintensitet for Rådhuspladsen i København

Hændelse, år	Intensitet $\mu\text{m/s}$, 2019	-	Intensitet $\mu\text{m/s}$, 2119
2	6,177	-	7,403
5	8,053	-	10,046
10	9,704	-	12,580
20	11,578	-	15,349
50	14,472	-	19,749
100	17,036	-	23,744

De beregnede regnintensiteter anvendes i fremskrivningen af det forventede antal kvadratmeter kælderareal, der oversvømmes ved de forskellige hændelser. De fremskrevne antal kvadratmeter kælder for udvalgte år fremgår af nedenstående tabeller:

Tabel 1.9: Fremskrevne antal kvadratmeter oversvømmet kælderareal for udvalgte år ved åbning af klapper til skybrudstunnelen ved en 5-års hændelse

Hændelse, år	Antal m^2 , år 2019	Antal m^2 , år 2044	Antal m^2 , år 2069	Antal m^2 , år 2094	Antal m^2 , år 2119
2	-	1.764	3.528	5.293	7.057
5	10.800	13.580	16.359	19.139	22.374
10	20.007	24.975	29.943	38.329	51.969
20	32.953	50.834	68.715	86.596	111.930
50	87.859	124.102	160.345	196.588	232.830
100	158.299	204.367	250.436	296.504	342.572

Tabel 1.10: Fremskrevne antal oversvømmet kvadratmeter kælderareal for udvalgte år ved åbning af klapper til skybrudstunnelen ved en 10-års hændelse

Hændelse, år	Antal m^2 , år 2019	Antal m^2 , år 2044	Antal m^2 , år 2069	Antal m^2 , år 2094	Antal m^2 , år 2119
2	-	2.622	5.244	7.865	10.487
5	16.050	17.245	18.439	19.634	23.110
10	20.007	26.519	33.031	41.959	54.599
20	36.977	53.548	70.118	86.689	112.620
50	87.859	125.141	162.422	199.704	236.986

Hændelse, år	Antal m ² , år 2019	Antal m ² , år 2044	Antal m ² , år 2069	Antal m ² , år 2094	Antal m ² , år 2119
100	160.318	207.707	255.095	302.484	349.873

1.4.3 Beregning af forventede skadesomkostninger

For at kunne omsætte det oversvømmede kælderareal per hændelse til en skadesomkostning ganges kælderarealet med en gennemsnitlig skadesomkostning per m² kælder. Den gennemsnitlige skadesomkostning (enhedsprisen) er fra Forsikring & Pensions udredning fra 2014 af omkostningerne ved oversvømmelsesskader i kældre, og den er fra 2005-2018 fremskrevet med nettoprisindekset fra Danmarks Statistik (DST, 2019) og derefter fremskrevet med nettoprisindekset fra Danmarks Konvergensprogram 2019 fra Finansministeriet (Finansministeriet, Konvergensprogram Danmark 2019, 2019). Det skal bemærkes, at forsikringsudbetalingerne ikke inkluderer de yderligere gener, som beboere, der får deres kælder oversvømmet, desuden kan have. Det kunne fx være gener såsom eget arbejde med oprydning og sortering samt den generelle utryghed oversvømmelser af ens hjem kan føre med sig.

Tabel 1.11: Enhedspris for oversvømmelse af kældre

	2014	2019
Enhedspris for oversvømmelse af kældre (kr./m ²)	509	534

På baggrund af den beregnede skadesomkostning pr. hændelse kan den årlige skadesomkostning for de to driftsscenerier beregnes ligesom nutidsværdien af de samlede årlige skadesomkostninger kan beregnes over en 100-årig periode.

Enhedsprisen er i beregningerne den samme hvert år, da der i de samfundsøkonomiske beregninger regnes med faste priser og ikke løbende priser. Enhedsprisen er en beregnet markedspris inklusiv skatter og afgifter, og den skal derfor ikke korrigeres med nettoafgiftsfaktoren jf. Finansministeriets vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger (Finansministeriet, Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger, 2017).

For hvert år beregnes produktet af det fremskrevne antal kvadratmeter kældre, der oversvømmes og enhedsprisen for oversvømmelsen, og resultatet er den ovenfor omtalte forventede skadesomkostning per hændelse. Af de nedenstående tabeller fremgår den beregnede skadesomkostning per hændelse for udvalgte år:

Tabel 1.12: Forventede skadesomkostninger i mio kr. per hændelse for udvalgte år ved åbning af klapper ved en 5-års hændelse

Hændelse	Skadesomk. per hændelse, år 2019	Skadesomk. per hændelse, år 2044	Skadesomk. per hændelse, år 2069	Skadesomk. per hændelse, år 2094	Skadesomk. per hændelse, år 2119
2	-	0,9	1,9	2,8	3,8
5	5,8	7,3	8,7	10,2	11,9

Hændelse	Skadesomk. per hændelse, år 2019	Skadesomk. per hændelse, år 2044	Skadesomk. per hændelse, år 2069	Skadesomk. per hændelse, år 2094	Skadesomk. per hændelse, år 2119
10	10,7	13,3	16,0	20,5	27,7
20	17,6	27,1	36,7	46,2	59,8
50	46,9	66,3	85,6	105,0	124,3
100	84,5	109,1	133,7	158,3	182,9

Tabel 1.13: Forventede skadesomkostninger i mio kr. per hændelse for udvalgte år ved åbning af klapper ved en 10-års hændelse

Hændelse	Skadesomk. per hændelse, år 2019	Skadesomk. per hændelse, år 2044	Skadesomk. per hændelse, år 2069	Skadesomk. per hændelse, år 2094	Skadesomk. per hændelse, år 2119
2	-	1,4	2,8	4,2	5,6
5	8,6	9,2	9,8	10,5	12,3
10	10,7	14,2	17,6	22,4	29,2
20	19,7	28,6	37,4	46,3	60,1
50	46,9	66,8	86,7	106,6	126,5
100	85,6	110,9	136,2	161,5	186,8

Den forventede årlige skadesomkostning fra oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme kan herefter beregnes ved hjælp af den i afsnit 1.2 omtalte numeriske integration. Af de følgende tabeller fremgår de beregnede skadesomkostninger for udvalgte år for de to driftsalternativer:

Tabel 1.14: Beregnet årlig skadesomkostning (mio kr.) fra oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme

	Beregnet skadesomk., år 2019	Beregnet skadesomk., år 2044	Beregnet skadesomk., år 2069	Beregnet skadesomk., år 2094	Beregnet skadesomk., år 2119
Åbning ved 5-års hændelse	4,9	6,6	8,4	10,3	12,7
Åbning ved 10-års hændelse	5,5	7,3	9,0	10,8	13,2

1.4.4 Samfundsøkonomiske omkostninger

De samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme kan beregnes som nutidsværdien af de beregnede årlige skadesomkostninger. Beregningsperioden er typisk 100 år, hvilket i dette tilfælde svarer til den forventede tekniske levetid af Kalvebod Brygge Skybrudstunnel. Nutidsværdien beregnes for årene 2019-2118 ved hjælp af den officielle samfundsøkonomiske diskonteringsrente, der er fastlagt af Finansministeriet (Finansministeriet, Ny og lavere samfundsøkonomisk diskonteringsrente, 2013):

Tabel 1.15: Den samfundsøkonomiske diskonteringsrente

År	Samfundsøkonomisk diskonteringsrente
0-35	4 %
36-70	3 %
Efter år 70	2 %

De forventede skadesomkostninger i år 0-35 tilbagediskonteres altså med en rente på 4%, omkostningerne i år 36-70 med 3% og omkostningerne i årene efter år 70 med 2%.

De beregnede afrundede nutidsværdier for de to driftsscenarier fremgår af tabellen herunder. Nutidsværdierne er angivet i 2019-priser, og det antages i beregningerne, at Kalvebod Brygge Skybrudstunnel er i drift fra 2020:

Tabel 1.16: Beregnede samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme ved henholdsvis åbning af klapper ved en 5- og en 10-års hændelse beregnet for perioden 2020-2119

	Samfundsøkonomisk omkostning (mio. kr.)
Åbning af klapper ved en 5-års hændelse	177,8
Åbning af klapper ved en 10-års hændelse	193,9
Forskel	16,1 ~ 16

Som det fremgår af tabellen er de beregnede samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelse af kældre i beboelsesejendomme set over perioden 2020-2119 cirka 16 mio. kr. lavere ved åbning af klapperne i Kalvebod Brygge Skybrudstunnel ved en 5-års hændelse sammenlignet med åbning af klapperne ved en 10-års hændelse. Forskellen i de beregnede omkostninger er altså ca. 9 %.

Omregnet til en årlig besparelse svarer dette til ca. 600.000 kr. ved at dele med en samlet kapitaliseringsfaktor på 26,127 svarende til de benyttede rentesatser på 4%, 3% og 2%.

Det skal bemærkes, at oversvømmelsestruede kældre i beboelsesejendomme kun er én af flere mulige konsekvenser og omkostninger ved kapacitetsoverskridende

regnhændelser. Der vil ligeledes ved oversvømmelse være potentielle påvirkninger af veje, jernbaner, trafik, sundhed, erhvervsliv, særlige historiske værdier mv., men disse påvirkninger indgår ikke i denne vurdering. Det skal desuden igen bemærkes, at de beregnede skadesomkostninger ved oversvømmelse af kældre i de to driftsscenarier alene inkluderer skader dækket af boligejernes forsikringer. Forsikringsudbetalingerne inkluderer ikke de yderligere gener, som beboere, der får deres kældre oversvømmet, kan have, herunder gener ved arbejdet med oprydning mv. samt generel utryghed pga. oversvømmelserne. Den beregnede omkostningsreduktion ved åbning af skybrudsklapperne ved en 5-års regnhændelse fremfor ved en 10-års regnhændelse vil således være et underkantsskøn og dermed med en vis sandsynlighed reelt af et større omfang end det beregnede.

1.4.5 Følsomhedsanalyse

Det er relevant at analysere, hvor følsom den beregnede forskel på omkostningerne er over for ændringer i centrale antagelser og parametre. Af tabellen herunder fremgår det, hvordan forskellen i omkostninger påvirkes af udvalgte ændringer:

Tabel 1.17: Følsomhedsanalyse af forskellen i samfundsøkonomisk resultat

Følsomhed	Forskel
Skadesomkostninger + 25 %	20,0
Skadesomkostninger - 25 %	12,0
Skadesreduktioner + 25 %	20,0
Skadesreduktioner - 25 %	12,0
Regnintensitet + 10 %	15,4
Regnintensitet - 10 %	16,1
Udskydelse af implementering med 10 år	10,7
Udskydelse af implementering med 20 år	7,2

Det fremgår af tabellen at forskellen i beregnede skadesomkostninger ændres parallelt med ændringer i skadesomkostningerne i de to driftsscenarier. Det samme gælder skadesreduktionerne i de to scenarier. Øges eller reduceres den forventede regnintensitet ændres forskellen i de beregnede omkostninger marginalt. Udskydes implementeringen, hvilket vil sige, at de beregnede skadesomkostninger i starten af perioden udelades, reduceres forskellen i de beregnede omkostninger.

I alle følsomhedsanalyser er der en positiv forskel imellem de to driftsscenarier, og resultatet er derfor umiddelbart robust over for ændringer i de centrale antagelser i beregningerne.

2 Referencer

- DST. (29. April 2019). *Statistikbanken - PRIS115*. (DST) Hentet 29. April 2019 fra <http://statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1920>
- F&P. (2014). *Enhedsomkostninger ved oversvømmelsesskader fra skybrud*. København: Forsikring & Pension.
- Finansministeriet. (2013). *Ny og lavere samfundsøkonomisk diskonteringsrente*. København, <https://www.fm.dk/nyheder/pressemeddelelser/2013/05/ny-og-lavere-samfundsoekonomisk-diskonteringsrente>: Finansministeriet.
- Finansministeriet. (2017). *Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger*. København, <https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger>: Finansministeriet.
- Finansministeriet. (2019). *Konvergensprogram Danmark 2019*. København, Bilagstabel 1b: Finansministeriet.
- HOFOR A/S. (2016). *Hydraulisk Validering af skybrudskonkretiseringsplan for Vesterbro - Ladegårds Å og Frederiksberg Øst – opdaterede forudsætninger, sensitivitetsanalyser, vandføringer og forslag til videre arbejde*.
- IDA_Spildevandskomiteen. (2014). *Skrift 30 - Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter*. Danmark: IDA Spildevandskomiteen.
- IDA_Spildevandskomiteen_Regnrække. (2016). *Bilag til Skrift 30, Regional regnrække, Ver. 4.1*. IDA Spildevandskomiteen.
- MST. (24. September 2018). *Klimatilpasning.dk*. Hentet 1. April 2019 fra <https://www.klimatilpasning.dk/vaerktoejer/plask>
- NIRAS. (2018). *KAL-PD-HYD-GEN-NOT-006 - Analyse af skybrudsklappernes betydning for aflastninger*.
- NIRAS. (2019). *KAL-PD-HYD-GEN-011 - Optimering af hydraulisk model - VVM overløbsmængder*.
- Skovgård Olsen, A., Zhou, Q., Linde, J. J., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2015). Comparing Methods of Calculating Expected Annual Damage in Urban Pluvial Flood Risk Assessments. *Water*, 7(1), 255-270.