



## Besvarelse vedrørende tilledning af regnvand til De Indre Søer

Medlem af Borgerrepræsentationen Emil Moselund (B) har den 4. juni 2022 stillet følgende spørgsmål til Teknik- og Miljøforvaltningen.

### Spørgsmål

Jft. Forvaltningens svar d. 30. marts vedrørende renholdelsen af De Indre Søer, vil jeg gerne spørge forvaltningen ind til kommentaren om at *"I arbejdet med at skybrudssikre byen vurderes muligheden for at lede regnvand fra nærliggende områder til De Indre Søer"*.

Er der påbegyndt et sådan arbejde, og hvad ville det i givet fald koste at undersøge muligheden for, at nærliggende områder bruger søerne som opsamling for regnvand?

17-06-2022

Sagsnummer i F2  
2022 - 8964

Dokumentnummer i F2  
1507240

Sagsnummer i eDoc  
2022-0185348

### Svar

Forvaltningen er i gang med at vurdere mulighederne for at lede regnvand til De Indre Søer. Det sker i forbindelse med arbejdet med skybruds- masterplanerne, og forvaltningen har 1. juni 2022 fremlagt en undersøgelse om udledning af skybrud og hverdagsregn til Peblinge Sø og Sortedams Sø. Notater herom af 1. juni 2022 og 22. november 2021 til Teknik- og Miljøudvalget samt den rådgiverrapport, der henvises til, er vedhæftet dette svar.

Derudover er der med overførselssagen 2021-2022 afsat midler til en foranalyse om *Anvendelse af grundvand under Lersøparken* (TM42). Foranalysen skal belyse, hvorvidt og hvordan grundvandet under Lersøparken kan udnyttes som tilgængelig vandressource blandt andet til at supplere De Indre Søer med vand.

Peter Højer  
Vicedirektør

Mobilitet, Klimatilpasning og  
Byvedligehold





## Notat

Til Teknik- og Miljøudvalget

### Udledning af skybrudsregn og hverdagsregn til De Indre Søer – status og løsningsmuligheder

De Indre Søer og andre ferske vandområder er i Københavns Kommunes Skybrudsplan (BR 13. december 2012) forudsat anvendt som recipient (modtager) i skybrudssikringen.

Forvaltningen har sammen med HOFOR undersøgt mulighederne for at udledeskybrudsregn og hverdagsregn til Peblinge Sø og Sortedams Søerne. I den forbindelse har forvaltningen identificeret en række lovgivningsmæssige, økonomiske, pladsmæssige og rensetekniske udfordringer.

Der er dermed risiko for, at skybrudsplanens præmis, om at anvende eksisterende ferske vandområder til at tilbageholde store mængder vand, ikke kan opfyldes. Det vil i givet fald være en grundlæggende ændring i skybrudsplanen, hvorfor forvaltningen har arbejdet og fortsat vil arbejde med at afdække, om det på trods af de identificerede udfordringer er muligt at finde egnede løsninger, så regnvandet kan udledes som forudsat i skybrudsplanen.

Med dette notat orienteres udvalget derfor om:

- baggrunden for valg af Peblinge Sø og Sortedams Søerne som recipient
- status for det hidtidige arbejde med at vurdere udledning til søerne
- det videre arbejde med løsningsmuligheder for den planlagte anvendelse af søerne
- alternativer til anvendelse af søerne i skybrudssikringen
- videre proces

Peblinge Sø og Sortedams Søerne er omfattet af nogle af de først igangsatte masterplaner (BR 13. december 2018). Notatet beskriver derfor de udfordringer, der er identificeret i arbejdet med disse masterplaner i forhold til at udlede regnvand til de to søer, men udfordringerne vil også være gældende ved udledning til Sankt Jørgens Sø og andre ferske vandområder, fx Damhussøen.

#### Baggrunden for valg af Peblinge Sø og Sortedams Søerne som recipient

Peblinge Sø og Sortedams Søerne er planlagt til primært at modtage regnvand fra Nørrebro Vandopland. Borgerrepræsentationen besluttede i forbindelse med behandling af Københavns Kommunes konkretiseringsplan for Nørrebro Vandopland (BR 27. marts 2014) at anvende De Indre Søer i skybrudssikringen, fordi løsningen giver a) mulighed for flest overfladeløsninger, b) har lavere anlægsomkostninger end underjordiske rørledninger og c) har den største robusthed over for

09-11-2021

Sagsnummer  
2021-0167630

Dokumentnummer  
2021-0167630-1

ændringer i klimaforudsætningerne. Det er i forbindelse med masterplanarbejdet i 2021 blevet bekræftet, at de tre søer har et meget stort potentiale for at kunne tilbageholde vand ( $190.000 \text{ m}^3$ ), og at den videre afledning til Kastelsgraven er hydraulisk realistisk også efter udledning af skybrudsregn til søerne.

### **Status for det hidtidige arbejde med at vurdere udledning til søerne**

De Indre Søer er planlagt anvendt som recipient for såvel *skybrudsregn* som *hverdagsregn*. Det kan påvirke vandkvaliteten negativt, og der skal således tages højde for De Indre Søers beskyttelse i henhold til 2 forskellige aspekter:

- Statens vandområdeplaner krav, som til hver en tid skal overholdes ved udledning af hverdagsregn. Ved udledning af skybrudsvand stiller kommunen som udgangspunkt ikke krav til vandets kvalitet, men kommunen skal forebygge yderligere forringelse af søen og så vidt muligt genetablere den oprindelige tilstand efterfølgende
- Herudover er det nødvendigt at vurdere skybrudsregns påvirkning af søerne efter naturbeskyttelseslovens § 3.

#### *Skybrudsregn*

Efter naturbeskyttelseslovens § 3 er der et generelt forbud mod alle tilstandsændringer, men der er mulighed for, at kommunalbestyrelsen kan dispensere i særlige tilfælde. I en §3-dispensationsansøgning skal ansøger blandt andet gøre rede for alternativer eller mangel på proportionelle alternativer, samt om der gennem tiltag kan afværges en varig tilstandsændring.

Forvaltningen og HOFOR har i 2020, på baggrund af beregninger vurderet, at udledning af skybrudsregn uden rensning sandsynligvis vil medføre overskridelser af søernes miljømål i en længere periode (op til et par år), og at der derfor kan være risiko for en varig tilstandsændring af søerne. Det er særligt udledning af næringsstoffet fosfor, der vurderes at kunne føre til en tilstandsændring.

Forvaltningen og HOFOR har derfor i 2021 analyseret recipientforhold og rensningsmuligheder nærmere. Det er på den baggrund vurderet:

- at varige tilstandsændringer sandsynligvis kan afværges, hvis vandkvaliteten genoprettes inden for to måneder for næringsstoffer og 3,5-12 måneder for miljøfremmede stoffer.
- at der muligvis findes en renseteknolog på markedet, der kan præstere den nødvendige rensning inden for de nævnte tidshorisonter (samlet renskapacitet  $170 \text{ m}^3/\text{time}$ ). Placeringsmuligheder af en sådan renseløsning er ikke undersøgt nærmere.

#### *Hverdagsregn*

For at De Indre Søer kan leve op til statens vandområdeplaner, vil det være nødvendigt at rense regnvandet for næringsstoffer og en række miljøfremmede stoffer (særligt zink), inden vandet udledes til De Indre Søer. Hvis kravene i vandområdeplanerne er opfyldt, forventes det, at

kravene efter naturbeskyttelseslovens §3 også er opfyldt. Rensningen kan foregå decentralt i oplandet eller centralt lige inden regnvandet uledes til søerne. Forvaltningen vurderer, at en central løsning af økonomiske og arealmæssige hensyn er at foretrække. Det er pt. ikke undersøgt nærmere, hvordan og hvor regnvandet mest hensigtsmæssigt kan renses.

### **Det videre arbejde med løsningsmuligheder for den planlagte anvendelse af søerne**

Forvaltningen vil med rådgiverbistand i efteråret 2021 arbejde videre med at vurdere to overordnet forskellige løsningsmuligheder:

- A: En renseløsning i forlængelse af det allerede udførte arbejde, som beskrevet ovenfor.
- B: Øget vandgennemskylning.

#### *A: Renseløsning*

Da en renseløsning til rensning af skybrudsvand vurderes at være pladskrævende (omkring 12 x 5 x 6 meter (længde x bredde x højde) plus bygning omkring renseløsningen), finder forvaltningen, at det vil være hensigtsmæssigt, hvis en renseløsning til rensning efter skybrud også kan have en funktion i forbindelse med udledning af hverdagsregn.

Forvaltningen vil derfor i det videre arbejde undersøge følgende:

- om der kan findes en økonomisk rentabel renseløsning, der kan opfylde de nødvendige renskrav for såvel skybrudsregn som hverdagsregn,
- om det er muligt at transportere hverdagsregn til søerne fra de befæstede arealer i oplandet, og
- om der kan findes en egnet placering til en renseløsning ved De Indre Søer.

Omkostningerne til at lede hverdagsregn til søerne fra de befæstede arealer i oplandet er selvsagt højere jo længere væk oplandet ligger fra søerne.

#### *B: Øget vandgennemskylning*

Et alternativ til rensning af søvand efter skybrud kunne være indpumpning af en tilsvarende mængde vand som ved en renseløsning (170 m<sup>3</sup>/time) fra andre kilder, såsom grundvand. Dette kræver dog, at vandet, når det pumpes ind i De Indre Søer, er lige så rent som det rensede vand fra en renseløsning. Det skal belyses, om indpumpning vil resultere i, at det urensede vand skubbes videre i vandsystemet, og dermed flytter problemet til næste recipient.

En mulighed er indpumpning af vand fra området ved Lersøparken, som kan ledes til søerne via de rørlagte Lygten Å og Ladegårds Å.

Forvaltningen fik i 2021 undersøgt indhold af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer i tre boringer i Lersøparken, som tyder på, at vandet derfra vil skulle renses inden udledning.

Hvis en løsning med indpumpning af vand skal kunne indgå i et afværgetiltag for skybrudsudledninger, er der derfor behov for at undersøge, om der kan findes andre grundvandsforekomster af tilstrækkelig renhed til, at vandet kan ledes til søerne uden rensning.

Løsningen med indpumpning af vand fra andre kilder vil dog ikke kunne udgøre en renseløsning for udledningen af hverdagsregn til De Indre Søer, da Miljøstyrelsen har oplyst, at regnvandet som udgangspunkt ikke må udledes urenset til søerne. Hvis der findes en løsning, hvor indpumpning af vand anvendes som afværgetiltag i forhold til udledning af skybrudsregn, vil der således skulle findes en separat løsning til rensning af hverdagsregn.

### **Alternativer til anvendelse af søerne i skybrudssikringen**

Hvis der ikke kan findes en rensemæssig, økonomisk og pladsmæssig realistisk løsning, der forhindrer forringelser af recipienter, vil det være nødvendigt, hvis skybrudsplanens mål skal opfyldes, at lede vandet til havnen via underjordiske rørledninger. Konsekvensen vil være, at skybrudssikringen af området bliver væsentligt dyrere end forudsat, og at der i mindre grad etableres blå-grønne overfladeløsninger. Det vil gælde alle projekter med forudsat udledning til De Indre Søer, fire masterplaner og mindst 30 projekter vil blive påvirket.

### **Videre proces**

Forvaltningen vil i den resterende del af 2021 i samarbejde med rådgiver vurdere de ovenfor beskrevne løsningsmuligheder: A: Renseløsning og B: Øget vandgennemskylning (herunder vurdering af indpumpning af vand fra Lersøparken) samt evt. en kombination af de to løsninger. Løsningerne vil blive vurderet lovgivningsmæssigt, renseteknisk, økonomisk og pladsmæssigt. I den økonomiske vurdering vil indgå en vurdering af konsekvensen for skybrudsplanens samlede økonomi og en overslagsmæssig vurdering af omkostningen til en rørløsning.

Forvaltningen vil ultimo 2021 orientere udvalget om resultatet af de igangværende undersøgelser, dvs. om forvaltningen i samarbejde med rådgiver har vurderet, at der findes en realiserbar løsning til at bruge De Indre Søer som recipient for skybrud og hverdagsregn.

Henriette Hall-Andersen  
Konstitueret vicedirektør

Hans Christian Karsten  
Vicedirektør



## Notat

Til Teknik- og Miljøudvalget

### Orientering om udledning til Peblinge sø og Sortedams sø, løsningsmuligheder og den videre proces

Forvaltningen orienterede den 22. november 2021 Teknik- og Miljøudvalget om udledning af skybrudsregn og hverdagsregn til De Indre Søer og om formelle krav og problemstillinger forbundet hermed. Disse krav betyder, at vandet skal renses i højere grad end hidtil antaget. Problemstillinger og krav er nærmere beskrevet i baggrundsafsnittet.

I dette notat redegøres for udviklingen i sagen siden november 2021:

Teknik- og Miljøforvaltningen har via rådgiver undersøgt, om der findes egnede renseløsninger, der kan leve op til kravene vedr. rensning.

Rådgiver har konkluderet, at der kan findes en løsning, der lever op til de tekniske krav i relation til beskyttelse af miljøet. Forvaltningen vil arbejde videre med løsning A (se uddybning heraf nedenfor), som kræver der etableres et lokalt renselanlæg, der håndterer både hverdagsregn og skybrudsregn. Et sådan anlæg kan nedgraves for at mindske den æstetiske påvirkning i området. Anlægssum vil være 50-60 mio. kr.

I dette notat redegøres desuden for Teknik- og Miljøforvaltningens vurdering af rapportens løsninger, og for hvorfor løsning A danner grundlag for den videre proces.

Borgerrepræsentationen har tidligere igangsat og bevilliget anlægsmidler til skybrudsprojekterne *De Indre Søer* og *Rensning i Sortedams Sø*, herunder bevilget anlægsmidler (frigivelse og byggekredit) på henholdsvis 16,0 mio. kr. (p/l 2016) og 13,1 mio. kr. (p/l 2017) til de to projekter (BR 30. april 2015, BR 22. juni 2017 og BR 12. oktober 2017). Rapportens undersøgelser og den løsning, forvaltningen peger på, er relevante for realiseringen af begge projekter.

#### Baggrund

I Københavns Kommunes Skybrudsplan (BR 13. december 2012) er det forudsat, at skybrudsvand kan ledes til ferske vandområder såsom De Indre Søer, Kastelgraven og Stadsgraven. Disse recipienter (modtagere) er afgørende for, at skybrudsplanen kan realiseres som besluttet. Det er samtidig den løsning, der giver mulighed for at etablere flest mulige projekter på overfladen i de vandoplande, der leder skybrudsvand til recipienterne. De to vandoplande, der ifølge skybrudsplanen skal lede skybrudsvand og hverdagsregn til Peblinge Sø og Sortedams-søerne, er Nørrebro og Korsgade. Se figur 1.

Alternativet til at lede skybrudsvand i de ferske vandområder vil være at etablere flere, væsentligt dyrere, underjordiske rørløsninger, der kan lede vandet til havnen eller til Øresund.

01-06-2022

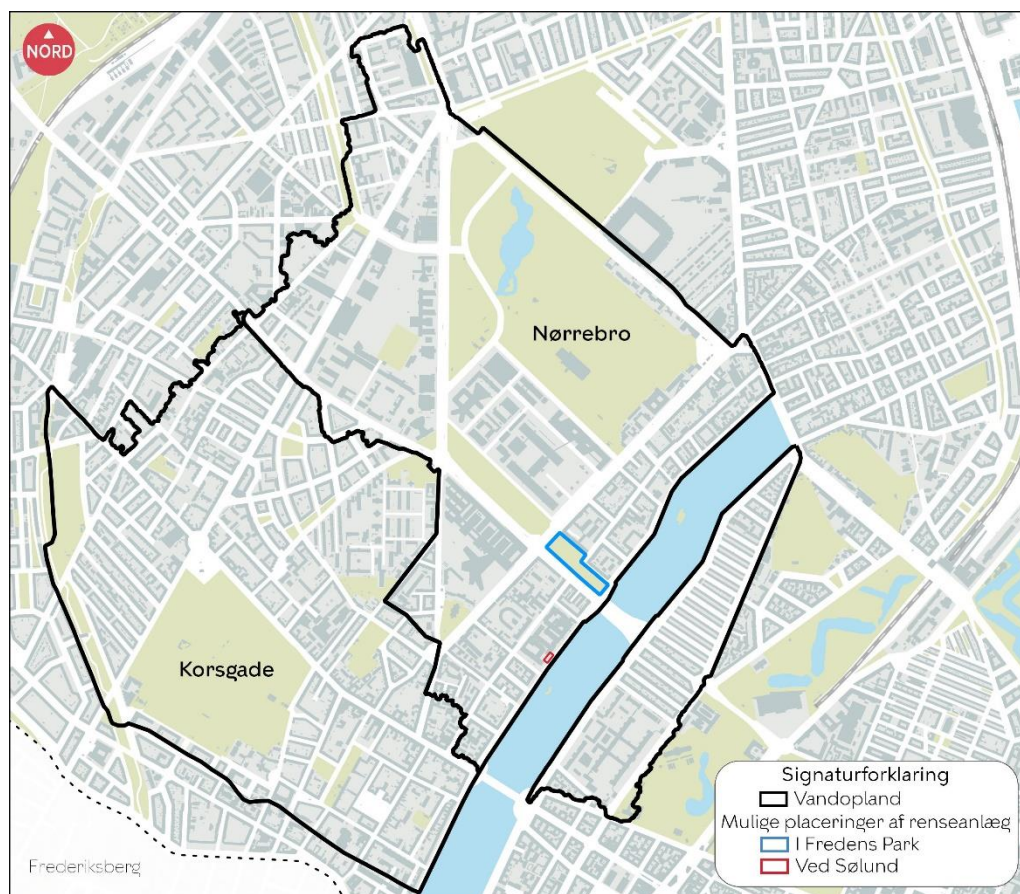
Sagsnummer i F2  
2022 - 3265

Dokumentnummer i F2  
1006715

Sagsnummer i eDoc  
2022-0072241

Mobilitet, Klimatilpasning og Byvedligehold

**Bygge-, Parkerings- og Miljømyndighed  
og Mobilitet, Klimatilpasning og Byvedligehold  
Teknik- og Miljøforvaltningen**



Figur 1: Vandoplande og mulige placeringer af et renseanlæg

**Problemstillinger og krav forbundet med udledning til Peblinge sø og Sortedams sø**

Vandkvaliteten i søerne skal i udgangspunktet opfylde målsætningerne i statens vandområdeplaner. Forvaltningen har været i dialog med Miljøstyrelsen om tolkning og udfordringer ved disse målsætninger, og Miljøstyrelsen har på den baggrund præciseret to følgende to principielle punkter:

- 1) at det inden for vandområdeplanerne er muligt at lede urensset skybrudsvand til Peblinge Sø og til Sortedams-søerne. Hverdagsregn skal som hidtil renses, før det kan udledes.
- 2) ved forureninger fra urensset skybrudsvand, der udledes til Peblinge Sø og Sortedams-søerne, må søernes tilstand ikke forværres og der skal etableres afværgeforanstaltninger som fx et renseanlæg.

Herudover er der en udfordring i, at vandet i Peblinge Sø og Sortedams-søerne i dag ledes videre til søen i Østre Anlæg og videre til Kastelsgraven. Således vil en evt. forurening blive ledt videre fra en sø til den næste, hvilket strider mod indsatsbekendtgørelsen §10.



**Bygge-, Parkerings- og Miljømyndighed  
og Mobilitet, Klimatilpasning og Byvedligehold  
Teknik- og Miljøforvaltningen**

Peblinge Sø, Sortedams-søerne, søen i Østre Anlæg og Kastelsgraven er desuden alle dækket af naturbeskyttelseslovens §3. Selv om det vurderes muligt inden for vandområdeplanerne at udlede urensset skybrudsvand til Peblinge sø og Sortedams-søerne, skal der søges om dispensation for §3-beskyttelsen. Hvis dispensationen gives, kan det forventes, at det er med krav om, at den samlede mængde vand i søerne renses inden for 2 måneder efter et skybrud, for at naturtilstanden i søerne ikke tager varig skade.

### **Løsninger**

Teknik- og Miljøforvaltningen har bedt en rådgiver undersøge, om der findes egnede renseløsninger, der vil kunne sikre, at både målsætningerne i vandområdeplanerne og kravene forbundet med §3-beskyttelsen opfyldes. Rådgiver har desuden undersøgt, hvad det vil koste, og hvor et sådan rensningsanlæg vil kunne placeres (Løsning A). Derudover har rådgiver undersøgt en alternativ løsning til rensning (Løsning B).

Rådgivers konklusion er, at det vil være muligt at anvende Peblinge sø og Sortedams sø som recipient for skybrudsregn og hverdagsregn. Det vil kunne gøres, så kravet om rensning af søvandet senest 2 måneder efter skybrud efterleves, og så der ikke ledes urensset skybrudsvand videre til Kastelsgraven.

Bilag 1 indeholder rådgivers rapport "Udledning til De indre Søer" fra 21. januar 2022. Konklusionerne er kortfattet gengivet nedenfor.

*Løsning A: Rensning af hverdagsregn og oprensning af søvand efter skybrud*  
Rådgivers vurdering er, at der findes renseløsninger, der er tilstrækkeligt effektive til at rense hverdagsregn, så det efterfølgende kan udledes til Peblinge Sø og Sortedams-søerne. Samme anlæg vil kunne rense søvand iblandet urensset skybrudsvand til normal tilstand inden for 2 måneder efter skybrud.

Renseanlægget skal placeres så tæt som muligt på de områder, som hverdagsregn ønskes håndteret fra, være tæt på søerne og under jorden. De bedst egnede placering er i Fredens Park eller ved Sølund, se figur 1. Anlægsteknisk er det en mulig, men dog kompliceret opgave.

Anlægsudgiften til selve rensesanlægget vurderes at være 50-60 mio. kr. Der er i dette beløb dog ikke indregnet udgifter til ekstra forsinkelse af hverdagsregnen inden rensesanlægget, hvilket kan blive nødvendigt for at øge anlæggets kapacitet.

*Løsning B: Forbedring af den økologiske tilstand ved tilledning af vand fra andre kilder*

Denne løsning består i at pumpe vand ind i Peblinge sø og Sortedams sø fra andre kilder, fx grundvand. Dette vand skal fortynde det urensede skybrudsvand og afbøde påvirkningen af den økologiske tilstand i søen, samt transportere det blandede vand videre til havnen. Det er undersøgt, om løsningen vil kunne bruges i stedet for Løsning A.

Der er tilstrækkelige grundvandsmængder under Lersøparken, der vil kunne anvendes, og vandet vil kunne transporteres til søerne i de rørsystemer, der i dag indeholder Lygte Å og Ladegårds Å. Grundvandet er dog ikke tilstrækkeligt rent til, at det må blandes med vandet i Lygte Å og Ladegårds Å, uden at det først bliver rensset for bl.a. fosfor, jern og barium. Det vil derfor være nødvendigt at etablere et

**Bygge-, Parkerings- og Miljømyndighed  
og Mobilitet, Klimatilpasning og Byvedligehold  
Teknik- og Miljøforvaltningen**

renseanlæg i Lersøparken til at rense grundvandet, udgifterne til renseanlægget vurderes at være ca. 40 mio. kr.

For at løsningen kan fungere, vil det også være nødvendigt at øge den hydrauliske kapacitet i rørene nedstrøms fra Sortedams Sø til havnen, blandt andet omkring Kastellet. Udvidelsen er tidligere prissat i masterplan for De Indre Søer til ca. 22 mio. kr. Den samlede anlægsøkonomi er således ca. 62 mio. kr.

En yderligere problemstilling består i, at der i en periode efter skybrud vil blive videreført vand af samme vandkvalitet fra De Indre Søer, som den tilledte regn har resulteret i. Derved vil det forurenedes søvand aktivt blive ført videre gennem vandsystemet, og det vurderes at være i strid med indsatsbekendtgørelsen<sup>i</sup> om opnåelse af vandområdeplanernes miljømålsætninger.

### **Forvaltningens vurdering**

Forvaltningen vurderer på baggrund af rådgivers rapport, at Løsning A, *Rensning af hverdagsregn og oprensning af søvand efter skybrud* samlet set er den mest hensigtsmæssige løsning, da den giver mulighed for både at afkoble hverdagsregn, skaber flest grønne overfladeprojekter og håndtering af skybrudsvand.

Løsning B, *Forbedring af den økologiske tilstand ved tilledning af vand fra andre kilder*, vurderes teknisk mulig, men ikke relevant i denne sammenhæng af hovedsageligt to årsager: 1, den manglende mulighed for rensning af hverdagsregn, der ledes til søerne ved seperatkloakering i oplandet. 2, da løsningen udelukkende mindsker (ved fortynding) mængden af forurening i søen, men ikke renses det, er det stadig i strid med indsatsbekendtgørelsen, når vandet ledes videre til søen i Østre Anlæg og Kastelsgraven. Derudover er løsningen også den dyreste. HOFOR støtter denne vurdering.

Løsning A vil også i nogen udstrækning kunne tages i anvendelse i forbindelse med andre skybruds- og hverdagsregnsprojekter i andre skybrudsoplande. Eksempelvis i forbindelse med evt. kommende projekter i og ved Skt. Jørgens Sø eller i forbindelse med en evt. åbning og tilledning af yderligere vand til Ladegårds Å mv.

### **Videre proces**

Forvaltningen og HOFOR vil på baggrund af ovenstående arbejde videre med Løsning A *Rensning af hverdagsregn og oprensning af søvand efter skybrud*.

Det videre arbejde består i, med rådgiverbistand, at konkretisere de tidligere igangsatte skybrudsprojekter *Rensning i Sortedams Sø* og skybrudsprojektet *De Indre Søer*.

Konkretiseringen vil blandt andet bestå i at afdække den præcise placering af et renseanlæg, dets størrelse og økonomi samt den nødvendige myndighedsbehandling, herunder en ansøgning om dispensation fra naturbeskyttelseslovens §3. Idet der er tale om en underjordisk renseløsning, vil forvaltningen og HOFOR samtidig vurdere, om det vil være mere korrekt, at det er HOFOR, der udfører projektet som en almindelig spildevandsteknisk løsning.

Når der foreligger et konkret løsningsforslag, vil dette blive forelagt for Teknik- og Miljøudvalget, forventeligt i 2023.

Peter Højer  
Vicedirektør

---

<sup>i</sup> Bekendtgørelse om indsatsprogrammer for vandområdedistrikter.



# Københavns Kommune

Udledning til De Indre Søer

Rapport

21-1-2022

Udarbejdet af: AJH og OMA

Kontrolleret af: GF

Udgave: 2.2

Ordrenummer: 130084186

Krüger A/S – Veolia Water Technologies, Danmark



## Indholdsfortegnelse

|                                                                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Sammenfatning .....</b>                                                                                         | <b>2</b>  |
| <b>1. Indledning .....</b>                                                                                         | <b>6</b>  |
| <b>2. Muligheder for etablering af renseanlæg .....</b>                                                            | <b>7</b>  |
| 2.1 Mulige placeringer af et Actiflo renseanlæg .....                                                              | 7         |
| 2.2 Udseende og stilistisk udtryk .....                                                                            | 12        |
| 2.3 Rensegrader for Actiflo .....                                                                                  | 16        |
| 2.4 Arealer som kan tilsluttes Actiflo anlægget ved hverdagsregn .....                                             | 17        |
| 2.5 Vurdering af effekten på vandstanden om sommeren i De Indre Søer<br>ved tilførsel af rensed hverdagsregn ..... | 21        |
| 2.6 Drift af Actiflo anlæg .....                                                                                   | 22        |
| 2.7 Anlægsudgifter til Actiflo anlæg .....                                                                         | 24        |
| 2.8 Opsummering .....                                                                                              | 25        |
| <b>3. Tilførsel af grundvand i stedet for etablering af renseanlæg .....</b>                                       | <b>27</b> |
| 3.1 Vurdering af grundvandsmængderne i Lersøparken .....                                                           | 27        |
| 3.2 Vurdering af grundvandskvaliteten i Lersøparken .....                                                          | 28        |
| 3.3 Hydraulisk kapacitet i vandsystemet fra Lersøparken til De Indre Søer .....                                    | 29        |
| 3.4 Vurdering af om tilført grundvand kan afledes hydraulisk nedstrøms De<br>Indre Søer .....                      | 31        |
| 3.5 Påvirkning af vandkvaliteten i De Indre Søer ved tilførsel af grundvand .....                                  | 34        |
| 3.6 Lovgivningsmæssige forhold .....                                                                               | 35        |
| 3.7 Anlægsøkonomi for et vandværk som renser grundvand .....                                                       | 35        |
| 3.8 Opsummering vedrørende grundvandstilførsel .....                                                               | 37        |
| <b>4. Referencer .....</b>                                                                                         | <b>39</b> |

## Sammenfatning

Nærværende projekt har til formål at konkretisere muligheder og begrænsninger for etablering af et mini renseanlæg til at rense hverdagsregn, ud over at rense De Indre Søer efter skybrudsudledninger. Hertil kommer at konkretisere muligheder og begrænsninger for at tillede grundvand til Peblinge Sø og Sortedams søerne med henblik på at forbedre vandkvaliteten i søerne efter situationer, hvor der er afledt skybrudsregn til søerne.

### *Etablering af mini renseanlæg*

Der er gennemført en analyse af mulighederne for etablering af et mini renseanlæg med det formål at rense hverdagsregn, før det ledes til De Indre Søer; samt til at rense på vandet i de Indre Søer efter der er tilledt skybrudsregn. Hertil kommer estimering af anlægs- og driftsomkostninger. Analyserne viser:

- der er to specielt velegnede lokationer til etablering af et mini renseanlæg, som opfylder pladskrav.
- det er muligt at etablere rørføringer fra de oplande, som ønskes separatkloakeret, til renseanlæg.
- det er muligt for at fordele det rensede vand i Peblinge Sø og Sortedams søerne syd og nord.

De to bedste egnede lokationer er under jorden i Fredens Park eller ved Sølund.

Hvor store befæstede arealer som kan tilsluttes mini renseanlægget ved hverdagsregn afhænger af størrelsen på mini renseanlægget, og størrelsen på volumener til forsinkelse af tilstrømningen i tilknytning til renseanlægget. Hertil kommer et krav til at anlægget skal rense 95 % af årsafstrømningen. Ud fra de tilgængelige arealer i Fredens Park og ved Sølund, så kan der tilsluttes ca. 2-23 reducerede hektar byområde til et renseanlæg med en kapacitet<sup>1</sup> på 170 m<sup>3</sup>/t og 720 m<sup>3</sup>/t og med et forsinkelsesvolumen på 0 - 2.500 m<sup>3</sup>. Ved et bassinvolumen på 1000 m<sup>3</sup>, som der er plads til ved både ved Fredenspark og Sølund er det muligt at tilslutte 7 og 15 red. ha. for kapaciteter på hhv. 170 m<sup>3</sup>/t og 720 m<sup>3</sup>/t.

I det omfang der tilføres rensset regnvand til De Indre Søer, kan sommervandstanden i søerne, for et gennemsnitsår, forøges med 8,4 mm per reduceret hektar som afkobles, renses og tilføres søerne.

### *Anlægs- og driftsudgifter til Actiflo anlæg*

Et mini renseanlæg placeret under jorden i nær tilknytning til Peblinge Sø og Sortedams søerne vil have en anlægssum på ca. 50-58 mio. kr.<sup>2</sup>. afhængigt af valg af størrelse på anlæg (170 m<sup>3</sup>/t - 720 m<sup>3</sup>/t) og dertil evt. forsinkelsesbassin, som koster 0-50 mio. kr. afhængigt af valgt volumen<sup>3</sup>. Driftsudgifterne estimeres til at være 290.000-460.000 kr. pr. år, afhængigt af hvor meget hverdagsregn som renses, dvs. hvor mange hektar som

<sup>1</sup> Kapaciteten på 170 m<sup>3</sup>/t kommer fra analyser af renseeffektivitet i en tidligere rapport. Kapaciteten på 720 m<sup>3</sup>/t svarer til kapaciteten på det største renseanlæg, som der er plads til.

<sup>2</sup> Inkl. 25% usikkerhed på estimatet

<sup>3</sup> Evt. eksisterende og tilgængelige volumener opstrøms renseanlægget kan modregnes, når en placering er endeligt fastlagt

tilsluttes. F.eks. så koster et anlæg på 170 m<sup>3</sup>/t med 1000 m<sup>3</sup> forbassin 70,1 mio. kr. med en årlig drift på ca. 380.000 kr. Hvis der kan udnyttes volumen på terrænen eller i eksisterende rør/bassiner til forsinkelse af regnvandet, så modsvarer det en reduceret anlægsomkostning på 20 000 kr/m<sup>3</sup>.

#### *Tilførsel af grundvand til De Indre Søer*

Formålet med at tilføre grundvand til De Indre Søer er, at kompensere for udledningen af skybrudsvand ved at fortynde og transportere forurening ud af De Indre Søer. Der er foretaget en analyse af muligheder for at tilføre grundvand fra Lersøparken til De Indre Søer, for at reducere koncentrationer af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer i De Indre Søer efter der er tilladt skybrudsvand. Analyserne er foretaget på baggrund af data fra nærtliggende borer, derfor kan analyseresultaterne mht. grundvandsmængder og vandkvalitet i Lersøparken kun tages som indikationer, men dog som kraftige indikationer på forventede resultater. Det er fundet at:

1. Der er tilstrækkelige grundvandsmængder i Lersøparken.
2. Grundvandet skal renses for fosfor, jern og barium, måske også for kobolt, dvs. der skal etableres et anlæg til at rense grundvandet.
3. Der er muligvis risiko for mobilisering af forurening til grundvandsindvindingen.
4. Der skal etableres en testboring på det konkrete indvindingssted for at konkretisere rensesbehov og for at verificere grundvandsmængderne. Hertil kommer en evt. genberegning af sårbarhedsværdier for koncentrationer af vandkvalitetsparametre på baggrund af vandprøver i testboringen.

Analyser af hydraulik og vandkvalitet nedstrøms Lersøparken har vist:

1. Der er hydraulisk kapacitet i Lygte Å og Ladegårds Å, til at grundvandet kan transporteres til De Indre Søer.
2. Den hydrauliske kapacitet nedstrøms Sortedams Sø nord svarer til den foreslåede grundvandstilførsel på 170 m<sup>3</sup>/t. Hvilket giver en vandstand til daglig lige under kritisk kote i Indre Kastelsgrav. Dette er ikke ønskeligt, da der også strømmer vand til systemet fra Emdrup Sø og lokalt til Østre Anlæg og Kastelsgravene.
3. I situationer efter der er tilladt skybrudsvand, og vandstanden i Peblinge Sø og Sortedams Søerne står højt og derfor ønskes sænket, så kan der ikke tilledes grundvand til søerne, da vandstanden så ikke sænkes. Det betyder at der i en periode vil videreføres samme vandkvalitet fra De Indre Søer, som den tilladte regn har resulteret i; dvs. vand med ringere kvalitet end målsætningen. At gøre dette er muligvis ikke i overensstemmelse med Indsatsbekendtgørelsen § 10, stk. 1, da man aktivt flytter det forurende søvand videre gennem vandsystemet.

Den hydrauliske og vandkvalitetsmæssige situation, efter der er tilladt regn til Peblinge Sø og Sortedams søerne, kan forbedres ved at øge den hydrauliske kapacitet fra Indre Kastelsgrav til havnen. Den hydrauliske kapacitet i vandsystemet fra Sortedams Sø nord og til havnen kan forøges og styres som anbefalet i "Masterplan for De Indre Søer" (Krüger, 2021). Forøges den hydrauliske kapacitet nedstrøms fra Indre Kastelsgrav til havnen til 504 m<sup>3</sup>/t (samme kapacitet som røret mellem Sortedams Sø nord og Østre Anlæg), så kan vandstanden i Peblinge Sø og Sortedams søerne sænkes, når det ønskes, efter der er tilladt regn, samtidig med at der tilledes grundvand. Effekten på vandkvaliteten nedstrøms Sortedams Sø nord vil være at det tager 11 dage længere at komme fra en koncentration på 0,067 mg P/l til 0,040 mg P/l ved tilførsel af grundvand end ved brug af renseanlæg med samme kapacitet som grundvandstilførslen. Dvs. fra



startkoncentrationen for fosfor i De Indre Søer efter en 100 års skybrudshændelse til basistilstanden på 0,040 mg P/l, og forudsætningen er implementering af en hydrauliske kapacitetudvidelse fra Sortedams Sø nord til havnen.

Et renseanlæg til at rense grundvandet til de ønskede koncentrationer vil i givet fald skulle placeres i Lersøparken, med en anlægssum på ca. 42,5<sup>4</sup> mio. kr. og driftsomkostninger på ca. 1,4 mio. kr./år ved kontinuert drift. Under driften vil der genereres skyllevand, som skal sendes til kloak. Hertil kommer den påkrævede udvidelse af hydraulisk kapacitet fra Sortedams Sø nord til havnen. Der er redegjort for løsningsmuligheder og omkostninger for en kapacitetsudvidelse i "Masterplan for De Indre Søer" (Krüger, 2021).

#### *Opsummering*

Analyserne viser, at det på alle punkter er muligt at etablere et mini renseanlæg til rensning hverdagsregn og til at rense på vandet i søerne efter tilledning af skybrudsvand. Der kan tilsluttes ca. 2-23 reducerede hektar til håndtering af hverdagsregn afhængigt af valg af anlægsudformning.

Scenariet for grundvand omhandler reduktion af koncentrationerne i De Indre Søer efter skybrud, dette scenarie fordrer ikke afkobling af hverdagsregn.

Analyserne viser at tilledning grundvand til De Indre Søer er mulig, efter det er rensat. Men det kan ikke anbefales at der tilledes grundvand kontinuerligt, sådan som vandsystemet ser ud i dag, nedstrøms Sortedams Sø nord. Årsagen er en mulig konflikt med indsatsbekendtgørelsen, som skal afklares; samt at det er en forudsætning at vandføringskapaciteten forøges i vandsystemet fra Sortedams Sø nord og til havnen. Vælges dette scenarie, så kan det med fordel suppleres med spjældstyring nedstrøms, jf. rapporten "Masterplan for De Indre Søer" (Krüger, 2021).

Samlet viser analyserne at De Indre Søer kan anvendes som recipient for både skybrudsvand og hverdagsregn, og at anlægstekniske problemstillinger i den forbindelse kan løses. En meget overordnet sammenstilling af nøgleparametre for rensning af søvand og for tilførsel af grundvand til De Indre Søer, ses i Tabel 1.

---

<sup>4</sup> Inkl. 25% usikkerhed på estimatet

| Løsning                                            | Regndomæne              | Skybrudsregn                                                                                                              | Anlagsteknik                                                                                                    | Hydrauliske forhold                                      | Loggivning                                                                                                                     | Effeter og synergier i oplandet                                                  | Pris - anlæg | Pris - drift - skybrud               | Afkobling af hverdagsregn                                                  | Hverdagsregn                                                                                                                | Pris - anlæg                              | Pris - drift - hverdagsregn                |
|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Tilførsel af grundvand på 170 m <sup>3</sup> /time | Skybrud                 | Renset grundvand kan fortynde søvandet, så søerne genetablerer deres oprindelige tilstand                                 | Muligt at føre vand fra Lersøparken til de Indre Søer i eksisterende rørsystem, samt at føre vandet ud i søerne | Kapacitet nedstrøms De Indre Søer skal udvides           | 1. Udledningstilladelse, §3 dispensation, mv. skal formuleres og godkendes<br>2. Mulig konflikt med Indsatsbekendtgørelsen §10 | Evt. for højt terrænnært grundvandspejl i Lersøparken kan reduceres              | 42,5 mio. kr | Ca. 2 måneders drift<br>~ 240 000 kr | Ikke muligt, da løsningen kun er beregnet til skybrud                      | Ikke muligt, da løsningen kun er beregnet til skybrud                                                                       | N/A                                       | N/A                                        |
| Rensning med Actiflo på 170 m <sup>3</sup> /time   | Hverdagsregn og skybrud | Kan rense søvandet for: næringsstoffer, zink og miljøfremmede stoffer - så søerne genetablerer deres oprindelige tilstand | Mulige placeringer identificeret. Muligt at tilslutte indløb fra kloak og udløb til søerne                      | Kapacitet nedstrøms De Indre Søer kan med fordel udvides | Udledningstilladelse, §3 dispensation, mv. skal formuleres og godkendes                                                        | Reduktion af oversvømmelser i oplandet, som separeres. Reduktion af kloakoverløb | 50 mio. kr   | Ca. 2 måneders drift<br>~ 245 000 kr | 12 red. ha for anlæg med 2500 m <sup>3</sup> for bassin. Kan skales op/ned | Renser 95% af årsnedbør. Renser for næringsstoffer, zink og andre miljøfremmede stoffer. Regner med tilstrækkelig rensning. | 2500 m <sup>3</sup> bassin<br>~50 mio. kr | 380.000 kr i årlig udgift for hverdagsregn |
| Rensning med Actiflo på 720 m <sup>3</sup> /time   | Hverdagsregn og skybrud | Kan rense søvandet for: næringsstoffer, zink og miljøfremmede stoffer - så søerne genetablerer deres oprindelige tilstand | Mulige placeringer identificeret. Muligt at tilslutte indløb fra kloak og udløb til søerne                      | Kapacitet nedstrøms De Indre Søer kan med fordel udvides | Udledningstilladelse, §3 dispensation, mv. skal formuleres og godkendes                                                        | Reduktion af oversvømmelser i oplandet, som separeres. Reduktion af kloakoverløb | 58 mio. Kr   | Ca. 3 ugers drift<br>~ 245 000 kr    | 23 red. ha for anlæg med 2500 m <sup>3</sup> for bassin. Kan skales op/ned | Renser 95% af årsnedbør. Renser for næringsstoffer, zink og andre miljøfremmede stoffer. Regner med tilstrækkelig rensning. | 2500 m <sup>3</sup> bassin<br>~50 mio. kr | 460.000 kr i årlig udgift for hverdagsregn |

Tabel nr. 1. Overordnet sammenstilling af nøgleparametre for rensning af søvand og for tilførsel af grundvand til De Indre Søer.

## 1. Indledning

Formålet med projektet er at komme med en afklaring på konkrete problemstillinger til besvarelse af spørgsmålet "Er De Indre Søer egnet som recipient for både skybrudsvand og hverdagsregn?"

### Baggrund

WSP har udført en analyse for HOFOR og Københavns kommune i 2021 og den er rapporteret i '*Skybrudsudledning til De Indre Søer i København – Effekter for Vandkvaliteten.*' Rapporten ligger til grund for §3 arbejdsgruppen, der konkluderer, at udledning af skybrudsvand er problematisk og fører til varige tilstandsændringer af vandkvaliteten. Dette kan imødegås med rensning af søvandet eller tilførsel af rent vand.

Krüger har for HOFOR og Københavns kommune i 2021, været med til at udarbejde rapporten "Masterplan for De Indre Søer" (Krüger, 2021). Masterplanen konkluderer, at der er stor hydraulisk kapacitet i De Indre Søer til at håndtere skybrudsvand og hverdagsregn, hvis der tilføjes spjældstyring nedstrøms og vandføringskapaciteten fra Indre Kastelsgrav til havnen forøges.

Det er nu HOFOR og Københavns kommunes ønske, at få svar på problemstillinger, som kan afgøre, om De Indre Søer er egnet som recipient for både skybrudsvand og hverdagsregn.

### Metode

Opgaven er opdelt i to dele:

1. Analyse af muligheder, begrænsninger og omkostninger ved etablering af mini renseanlæg til at rense på hverdagsregn og skybrudsvand.
2. Analyse af muligheder og begrænsninger ved tilføring af grundvand, til at reducere koncentrationer i De Indre Søer efter der er tilledt skybrudsvand.

#### Ad 1) Etablering af renseanlæg

Analysen i denne opgave, skal kortlægge om det er realistisk at placere et mini renseanlæg i tilknytning til De Indre Søer samt vurdere om et sådant anlæg kan rense hverdagsregn tilstrækkeligt. Endeligt skal der beregnes, hvor store oplande et anlæg vil have kapacitet til at behandle, og omkostninger ved etablering og drift skal estimeres.

#### Ad 2) Tilføring af rent vand, i stedet for renseanlæg

Analysen i denne opgave tager konkret udgangspunkt i, at kortlægge mulighederne for at tage grundvand fra Lersøparken og transportere det til De Indre Søer. Formålet med tilførsel af grundvand er at kompensere for udledningen af skybrudsvand, og på den måde opnå en bedre vandkvalitet i De Indre Søer. Hertil kommer en analyse af betydningen for de hydrauliske og vandkvalitetsmæssige forhold nedstrøms Sortedams Sø nord, hvis der tilføres grundvand fra Lersøparken.

## 2. Muligheder for etablering af renseanlæg

Der er gennemført en analyse af muligheder og begrænsninger for etablering af mini renseanlæg til at rense hverdagsregn før det ledes til De Indre Søer. Analysen indeholder:

1. Vurdering af mulige fysiske lokationer til placering af et Actiflo renseanlæg i tilknytning til De Indre Søer.
2. Vurdering af muligheder for at etablere rørføringer fra de oplande, som ønskes separatkloakeret, til renseanlæg.
3. Beskrivelse af muligheder for at fordele det rensede vand i Peblinge Sø og Sortedams søerne syd og nord.
4. Beregning af hvor store arealer, som kan tilsluttes mini renseanlægget ved hverdagsregn.
5. Vurdering af effekten på vandstanden om sommeren i De Indre Søer ved tilførsel af rensed hverdagsregn.
6. Estimering af anlægs- og driftsomkostninger.

Formålet med analyserne ovenfor er at konkretisere muligheder og begrænsninger mht. anlæg af et Actiflo mini renseanlæg.

### 2.1 Mulige placeringer af et Actiflo renseanlæg

Som led i at belyse etableringen af et renseanlæg ved De Indre Søer, er der overvejet en række mulige placeringer. I dette afsnit vil forskellige placeringer og deres fordele og ulemper blive belyst. For at vurdere hvor et renseanlæg kan placeres i området ved De Indre Søer, er der udført en inspektion i samarbejde mellem Krüger A/S og Københavns Kommune.

#### 2.1.1 Dimensioner af et Actiflo anlæg

På baggrund af WSP's rapport (WSP, 2021b) er det fundet, at den mindste rensekapaletet i et Actiflo anlæg, som kan nedbringe fosforkoncentrationerne i søerne, efter tilledning af skybrudsvand jf. Skybrudsplanen (Københavns Kommune, 2012), inden for et acceptabelt tidsrum er 170 m<sup>3</sup>/t. Actiflo anlæggene bliver som udgangspunkt produceret i en række standardstørrelser. Et anlæg som kan rense 170 m<sup>3</sup>/t har dimensioner som opgivet i Tabel 2.

Hvis der er plads, vil det dog være en fordel at gå op i kapacitet for renseanlægget, da et større Actiflo hurtigere vil nedbringe koncentrationerne af blandt andet næringsstoffer i De Indre Søer, og der vil derudover kunne renses hverdagsregn fra et større areal.

**Tabel 2** Fysiske dimensioner af et Actiflo renseanlæg ved forskellige kapaciteter.

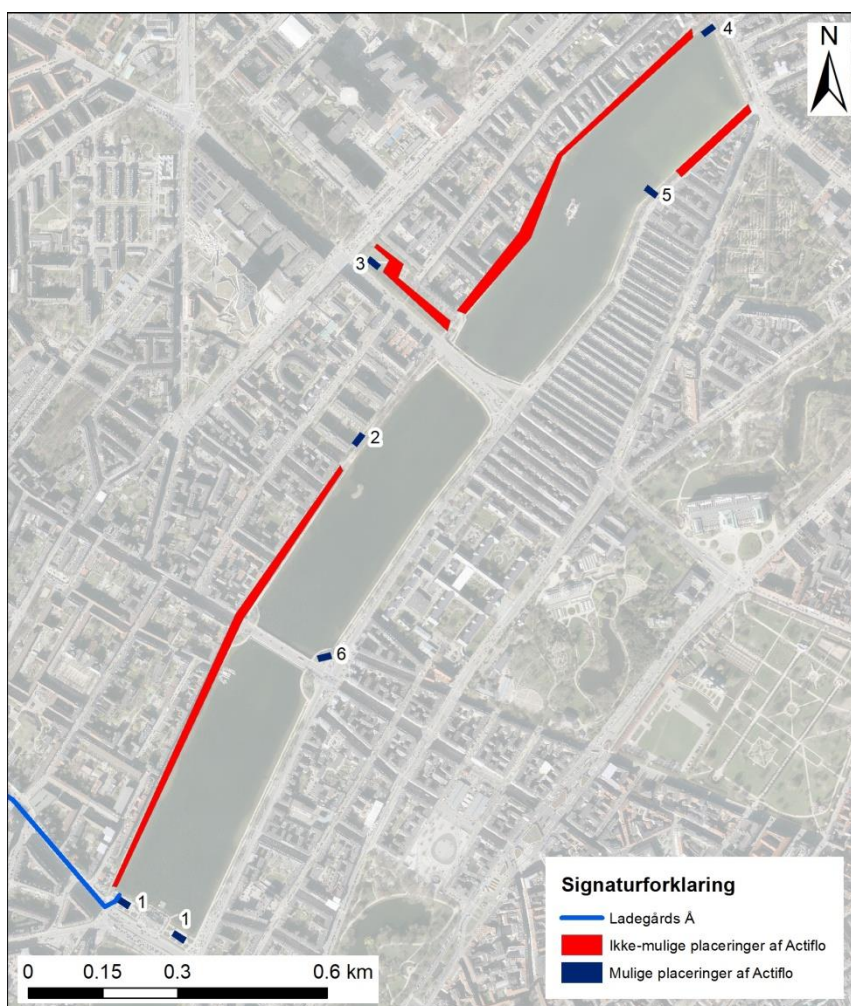
| Kapacitet             | Længde | Bredde | Højde |
|-----------------------|--------|--------|-------|
| 170 m <sup>3</sup> /t | 6,9    | 3,7    | 5,4   |
| 720 m <sup>3</sup> /t | 14,4   | 5,8    | 6,4   |

#### 2.1.2 Vurdering af mulige lokationer for et Actiflo renseanlæg i tilknytning til De Indre Søer

Vurderingen af mulige placeringer af et Actiflo anlæg er baseret på en indledende analyse af infrastruktur i jorden omkring De Indre Søer, sammenholdt med en visuel inspektion af arealerne, i tæt tilknytning til De Indre Søer. Kort som er brugt til at analysere den underjordiske infrastruktur er vedlagt som bilag A. Formålet med inspektionen var at kvalificere kortinformationen over området, samt at se på den

konkrete brug af arealerne omkring søerne. Den visuelle inspektion fandt sted d.16. oktober 2021 og Jonathan Reghev, Martin Oliver Macnaughton og Linnea Fosdal Stern (Københavns Kommune) samt Anders Jurin Hansen og Ole Mark, (Krüger) deltog i inspektionen.

På baggrund af kortmateriale over bl.a. rør, ledninger, metroinstallationer (Bilag A), mm. samt den visuelle inspektion, blev områderne, der er markeret med rødt på Figur 1, vurderet til at være "ikke egnede" til placering af et Actiflo renseanlæg. Områderne markeret med blå firkanter på Figur 1 er vurderet til egnede placeringer af et Actiflo renseanlæg, mens de resterende områder rundt om De Indre Søer er mulige placeringer, men ikke optimale pga. faktorer, som adgangsforhold, trafik, mm.



**Figur 1** Visning af egnede placeringer af Actiflo renseanlæg (blå firkanter), samt visning af steder hvor det ikke er muligt at placere et Actiflo renseanlæg (røde markeringer).

De forskellige områder som er markeret på Figur 1 er:

1. Ved Søpavillionen
  - Området ved Åboulevarden-Nørre Søgade
  - Området ved Åboulevarden-Indløbet fra Ladegårds Å
2. Sølund
3. Fredens Park
4. Sortedams Dossering-Østerbrogade
5. Øster Søgade
6. Dronning Louises Bro/Søtorvet.

Der er forskellige fordele og ulemper ved de forskellige placeringer, og der er lavet en opsummering i Tabel 3.

#### 2.1.2.1

##### **Vurdering af placering**

Af de 6 oplistede steder, fra Figur 1, vurderes det, at placering af anlægget på 1, 2 eller 3 vil være de mest fordelagtige, da de forventeligt vil give den mest reelle bygge- og anlægsopgave uden de store vandbygningsarbejder. Især placeringerne 2 og 3, vil være bygge- og anlægstekniske fordelagtige, grundet deres centrale placering udfor De Indre Søer. Der vil ved alle placeringer (1-6) være lokale bygge- og anlægstekniske fordele og ulemper, men disse kan alle løses.

Nogle steder vil det være en fordel for selve bygværket, men en ulempe for ledningsføringen til De Indre Søer, og andre steder en fordel for ledninger, men ringere forhold for bygværket, service, drift mv.

**Tabel 3** Overblik over fordele og ulemper ved de forskellige placeringer af Actiflo-anlægget.

| ID | Placering                                | Fordele                                                                                                                                                                                                                                      | Ulemper                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | <b>Ved Søvavillionen</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- God plads.</li> <li>- Minimal trafikgene under anlæggelse.</li> <li>- Ingen befæstelse.</li> </ul>                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Decentral placering i forhold til at få vand til Sortedams Sø nord.</li> <li>- Stor afstand fra de områder som ønskes separatkloakeret.</li> <li>- Levering af materialer skal foregå i et område beregnet til blød trafik.</li> </ul>                                |
| 2. | <b>Sølund</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centralt beliggende i forhold til at nå alle søer.</li> <li>- Ligger i et område som ønskes separatkloakeret.</li> </ul>                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrænsning af gang/cykelsti i anlægsperioden.</li> <li>- Adgang til anlægget hen over gang/cykelsti.</li> <li>- Anlægget kommer til at ligge på en matrikel, som ejes af KAB.</li> </ul>                                                                             |
| 3. | <b>Fredens Park</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligger i en park uden befæstelse.</li> <li>- Nem adgang via store veje til levering af hjælpestoffer</li> <li>- Minimal trafikgene under anlæggelse.</li> <li>- God plads til forbassin.</li> </ul> | Parken er fredet                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4. | <b>Sortedams Dossering/ Østerbrogade</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligger tæt ved område som ønskes separatkloakeret.</li> </ul>                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Skal ligge delvist under søen.</li> <li>- Levering af hjælpestoffer til renseanlægsdrift kræver tung trafik i område med gående.</li> <li>- Ligger decentralt i forhold til at få vand til Peblinge Sø.</li> </ul>                                                    |
| 5. | <b>Øster Søgade</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bredt areal hvor det ikke vil være nødvendigt at bygge ud under søerne.</li> <li>- Nem adgang ved levering af hjælpestoffer.</li> </ul>                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligger på den modsatte side af hvor der ønskes separatkloakeret.</li> <li>- Vil være til trafikale gene under opførelsen.</li> </ul>                                                                                                                                  |
| 6. | <b>Dronning Louises Bro/Søtorvet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eksisterende bygning.</li> <li>- Central beliggende for at nå alle søer.</li> </ul>                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Placeret på modsatte side af hvor der ønskes separatkloakeret.</li> <li>- Usikkert om der kan placeres et anlæg med maksimal kapacitet (720 m<sup>3</sup>/t).</li> <li>- Adgang til anlægget er via fortovej.</li> <li>- Ikke muligt at placere forbassin.</li> </ul> |

Placeringen nr. 2 ved Sølund vil evt. kunne flyttes ca. 100 m nordpå, til næste blok af bygningerne. Placering nr. 5 ved Øster Søgade vil kunne vælges på hele strækningen, mellem det røde område mod nord til Fredensbro i syd. De resterende fire placeringer kan ikke rykkes.



Ud af de seks forskellige placeringer er placeringen i Fredenspark (placering nr. 3) og placeringen ved Sølund (placering nr. 2), udvalgt som de to bedste placeringer. Her er der især lagt vægt på, at de steder kan tilgås nemt af driften, at de kan placeres på den vestlige side af De Indre Søer, hvor der ønskes separatkloakeret, de ligger centralt i forhold til at nå alle søer, og at de kan bygges i områder med ingen eller begrænset befæstelse og ledninger i jorden.

Placering nr. 1, Ved Søjavillionen er valgt fra, fordi placeringen er decentral i forhold til at nå de forskellige søer, og fordi det ligger væk fra de områder som ønskes separatkloakeret.

Placering nr. 4, Sortedams Dossering/Østerbrogade, er valgt fra på grund af en decentral placering i forhold til at nå alle søer. Anlægget vil skulle bygges ud under søen, hvilket vil fordyre projektet, og der vil skulle køre tung trafik i forbindelse med driften i et rekreativt og meget befærdet område med fodgængere.

Placering nr. 5, Øster Søgade, er valgt fra fordi der skal føres en ledning under Sortedams Sø nord, for at få separeret regnvand over til anlægget. Afhængigt af placeringen, kan lokationen også blive decentral i forhold til at nå alle søer.

Placering nr. 6, Dronning Louises Bro/Søtorvet, er valgt fra fordi, der skal føres en ledning under Sortedams Sø syd for at få separeret vand til anlægget. Der er derudover en begrænsning i, at det kun er pladsen i de eksisterende bunkere, som kan udnyttes.

Af de fravalgte muligheder er der dog ikke nogen, som anses for umulige at udnytte, men det er forbundet med større udfordringer og/eller investeringer at udnytte disse placeringer, sammenlignet med de to anbefalede placeringer.

## **2.1.3 Bygge- og anlægstekniske forhold ved etablering et Actiflo renseanlæg**

### **2.1.3.1 Bygge- og anlægskonstruktioner**

Bygværket, som skal huse Actiflo anlægget, skal formodentligt uanset beliggenhed, være en underjordisk in-situ støbt betonkonstruktion, hvor eneste synlige del af konstruktionen er dæksler og udluftning<sup>5</sup>. Ved størst mulige Actiflo anlæg (720 m<sup>3</sup>/t), er det nødvendige areal 200-250 m<sup>2</sup> og 7-8 m i dybden, dvs. nede i jorden. Dette betyder at der på de udpegede lokationer er nogle ting, som der skal tages højde for, men de kan alle håndteres.

Når beliggenhederne 1, 2 og 3 (Figur 1) betragtes, skal bygværket udføres i en tæt byggegrube (spuns el. sekantpæle). Konstruktionen, kan placeres relativt overfladenært. Hele anlægget skal etableres under fast jord, og arealerne over anlægget skal genetableres, som eksisterende, eller efter oplæg fra evt. landskabsarkitekt.

Når beliggenhederne 4, 5 og 6 (Figur 1) betragtes så skal bygværket udføres i en tæt spunset byggegrube, hvor noget af det, skal laves som vandbygningsarbejde (Kofferdam). Dele af anlægget, vil formodentligt skulle placeres således, at noget af konstruktionen, vil skulle ligge under De indre søers bund. Dette gør, at dele af anlægget kommer til at ligge relativt dybt, og dette kan besværliggøre drift, service og udførelse.

<sup>5</sup> Der er billedeksempler på denne type installationer i afsnit 2.2.



### 2.1.3.2 Håndtering af grundvand i forbindelse anlægsarbejde

Ved alle de mulige placeringer af et Actiflo renseanlæg skal der i anlægsfasen håndteres en ukendt mængde grundvand, for at holde byggegruben tør. Grundvandspejlet, må forventes at ligge relativt højt, og givet den dybe udgravning, skal der forventeligt etableres filterboring i området, til at sænke grundvandet. Der skal desuden etableres filteranlæg og anlæg til re-injecering af det oppumpede grundvand, for ikke at påvirke nabokonstruktionerne. Dette er alt sammen almindelig kendt anlægsteknik under disse forhold. Der bør inden, eller i forbindelse med, sådan et projekt udføres forundersøgelser omkring grundvandsforhold på den relevante lokalitet, og i forbindelse med etablering af ledninger mv.

### 2.1.3.3 Rørføring af ledninger til og fra Actiflo anlægget

Da ledningerne til og fra anlægget, uanset placering, vil være trykledninger, så kan disse placeres overfladenært, inden for byggenormernes respektafstande, jorddækning, og tømning ved service mv. Ledningerne vil forventeligt være PE100 ledninger, og have en dimension på mellem  $\varnothing 250$  mm til  $\varnothing 400$  mm.

Placering af ledninger i veje og stier er en naturlig udfordring i København, da der i veje og stier omkring De Indre Søer er placeret mange ledninger, kabler m.v. fra andre aktører. Det er fundet at det vil være muligt, at etablere alle relevante til- og afgangsledninger for de to placeringer, som undersøges (Fredenspark og Sølund). De nødvendige traceer er lagt på baggrund af anlæggets placering.

De kan etableres som traditionelle gravede ledninger, eller alternativt, som styrede underboringer. Der kan også laves en veksling mellem den gravede og borede løsning. Uanset traceernes placering så kan der være en opgave med håndtering, evt. omlægning midlertidig eller permanent, af eksisterende ledninger, kabler mv. Dette omfang kan varierer afhængigt af placeringen af anlægget, men problemstillingen vil være den samme uanset placering.

De Indre Søer skal kunne tilledes vand, og der skal kunne trækkes vand ud fra søerne til et renseanlæg. Dette betyder at der skal lægges ledninger ud i hver sø. Etableringen af ledningerne kan ske ved at bore ledningerne ned i søernes bund, og afslutte dem i et bygværk. Alternativt, kan ledningerne i de dybere dele af søerne lægges på bunden af søerne med ballastklodser, som fastholder ledningen til bunden.

## 2.2 Udseende og stilistisk udtryk

Hvor og i hvilken type bygning et Actiflo anlæg skal placeres, er meget fleksibelt, og kan laves ud fra en række hensyn, hvor det passer bedst muligt ind i det omkringliggende miljø. I dette afsnit gives der eksempler på hvordan det visuelle udtryk kan være hvis anlægget enten er underjordisk eller placeres over jorden.

### 2.2.1 Underjordisk placering

Hvis Actiflo anlæg og bassin etableres underjordisk, er det eneste, som kan ses på overfladen en række dæksler og nogle svanehalse til udluftning. Dækslerne kan laves, som almindelige metaldæksler, i niveau med jorden, eller have en beklædning af f.eks. plastictræ eller græs. Der er givet nogle eksempler på forskellige dæksler i Figur 2 og Figur 3.

Billederne er fra et underjordisk bassin, og fra en underjordisk pumpestation, men fra terræn vil udtrykket være det samme for et Actiflo anlæg.



**Figur 2** Eksempel på metaldæksler i sti.



**Figur 3** Eksempel på dæksler med plastictræ, og svanehalse til udluftning i baggrunden.



Dækslerne kan også tænkes brugt mere aktivt som bænke eller legeredskaber.

Svanehalsene kan også tænkes ind, så de gemmes af eksisterende eller ny beplantning. Et eksempel på dette kan ses i Figur 4.



**Figur 4** *Eksempel på svanehalse til udluftning skjult med beplantning.*

For at komme ned i et underjordisk anlæg (Actiflo samt bassin) kan der enten etableres en støbt trappe/trappeskakt, eller der kan f.eks. laves en trappe som ligner et dæksel i terræn, men kan åbnes som vist på Figur 5.



**Figur 5** Eksempel på nedgang til bassin, som er konstrueret som et dæksel, som åbnes til en trappe.

### 2.2.2

#### Overjordisk placering

Hvis anlægget placeres over jorden, vil bygningen kunne bygges som en hvilken som helst anden bygning dog med nogle hensyn til, at der skal kunne leveres maskiner og hjælpepestoffer gennem en port. Byggeriet vil kunne udføres så det passer ind i omgivelserne.

På Figur 6 ses en rendering som er lavet for et projekt, hvor der påtænkes at installere et Actiflo renseanlæg ved Vejlesø i Holte.





**Figur 6** Rendering af hvordan bygningen til et kommende Actiflo renseanlæg ved Vejlesø kommer til at se ud.

## 2.3

### Rensegrader for Actiflo

Grundlæggende er Actiflo processen rigtig god til at fjerne fosfor og tørstof fra vand. Den renser dog også i betydelig grad for andre stoffer såsom mikroplastik og hydrofobe stoffer. Der fjernes også en række tungmetaller i processen. Rensningen af De Indre Søer med et Actiflo anlæg med en kapacitet på 170 m<sup>3</sup>/t er beskrevet af WSP i deres rapport (WSP, 2021).

For de stoffer som oftest er af interesse er der oplistet rensegrader i Tabel 4.

**Tabel 4** Rensegrader for udvalgte stoffer i regnvand.

| Stof     | Rensegrad |
|----------|-----------|
| Tørstof  | >90%      |
| Fosfor   | 80-99%    |
| Kvælstof | 15-25%    |

Den opnåelige rensegrad afhænger af belastning, dosering af hjælpestoffer og vandets kemiske sammensætning.

For fosfor er der i rapporten udført af WSP (WSP, 2021b), antaget at separeret regnvand indeholder 0,3 mg total-P/l, og at vandet kan renses til 0,045 mg total-P/l. Det svarer til en rensegrad på 85 %. Erfaringer fra et Actiflo anlæg i Ørestaden viser, at det opnås med det rigtige valg og dosering af hjælpestoffer. Anlægget i Ørestaden renser normalt til en total fosforkoncentration på 0,02 mg/l. I samme rapport fra WSP er det antaget at et Actiflo anlæg vil have en kapacitet på 170 m<sup>3</sup>/t. Realistisk vil det være muligt at installere et anlæg med en kapacitet på 720 m<sup>3</sup>/t, hvilket vil reducere tiden efter skybrud, hvor der

er for høje fosforkoncentrationer i De Indre Søer. En genberegning vil være krævet, for at man kan udtale sig mere præcist om, hvor meget hurtigere det går at rense søerne til det ønskede niveau med et anlæg på 720 m<sup>3</sup>/t.

### 2.3.1

#### Fjernelse af zink og andre tungmetaller

Tungmetaller i regnvand som blandt andet stammer fra tage og tagrender kan være et problem vandkvalitetsmæssigt. Actifloprocessen reducerer indholdet af tungmetaller, men i forskellig grad. I en normal proces fjernes ca. 15% zink og ca. 60-70% kobber. Rensegraden på 15 % for zink er estimeret ud fra, at der ikke pH-reguleres og at der bruges en aluminiumsbaseret koagulant (Krüger, 1998). For zink skal der renses mere/hurtigere for De Indre Søer.

For hurtigere at nå målsætningen for zink og andre metaller i De Indre Søer, kan der gøres to ting:

- Installere et anlæg med større kapacitet.
- Forbedre fjernelsen af zink og andre metaller i processen.

I rapporten fra WSP (WSP, 2021b) er der regnet med at søvandet renses med en kapacitet på 170 m<sup>3</sup>/t. Som beskrevet i nærværende rapport, er der plads på de udvalgte lokationer til et anlæg på 720 m<sup>3</sup>/t. Det vil alt andet lige nedbringe tiden med forhøjede koncentrationer af zink og andre metaller i søerne efter skybrud.

Zink kan også fjernes effektivt ved at modificere renseprocessen yderligere med pH-justeringen og tilsætningen af en chelant i separate reaktorer. Man kan med en sådan proces opnå en rensesgrad for zink på mere end 90 %. Prisen for denne proces kan først fastslås ved en nærmere analyse, som skal vise, hvor mange trin som er nødvendige for at opnå den ønskede rensesgrad på det specifikke vand.

### 2.4

#### Arealer som kan tilsluttes Actiflo anlægget ved hverdagsregn

I Skybrudplanen (Københavns Kommune, 2012) er det beskrevet at skybrudssystemet med fordel også kan bruges til afkobling af hverdagsregn. I nærværende, undersøges det derfor hvor store arealer, som der kan afkobles under hverdagsregn på den vestlige side af De Indre Søer, for derefter at lede vandet herfra til søerne, efter det er renses i Actiflo anlægget.

Hvor stort et areal, som kan tilkobles anlægget afhænger af anlæggets kapacitet, samt om der anlægges et forsinkelsesbassin før Actiflo anlægget. Et forsinkelsesbassin vil opmagasinere afstrømning i den mest nedbørsintense periode, og dermed sænke spidsbelastningen af Actiflo anlægget.

Ved Fredenspark eksisterer allerede noget ubrugt bassinkapacitet placeret under Tagensvej ved Fredenspark af ukendt størrelse, og der er plads til at bygge yderligere kapacitet op til 2.500 m<sup>3</sup>.

Ved Sølund er der også plads til at bygge et forsinkelsesbassin på op til 1.000 m<sup>3</sup>, det vil dog kræve at der koordineres med Sølund. Bassinernes placering er skitseret i Figur 7.

For at finde oplandet, som kan lede hverdagsregn til et renseanlæg, er der udført en række beregninger. Der er anvendt data fra regnmåleren på Landbohøjskolen, fra 1992 frem til 2021 til en MIKE URBAN LTS beregning, som beregner hvor stor en del af årsnedbøren som et Actiflo anlæg med forskellig kapacitet vil kunne rense.

Kriteriet for hvor stort et opland, som kan tilsluttes, er at 95% af den årlige gennemsnitlige nedbør skal kunne renses inden det ledes ud i De Indre Søer. Ved en hverdagsregn forstås en regn med en gentagelsesperiode på mindre end 10 år (Københavns Kommune 2, 2020). Hele regnperioden er medtaget, hvilket inkluderer de største hændelser, hvilket gør estimatet konservativt. Der er ikke nogle hydrauliske udfordringer for De Indre Søer ved at lede vandet ud. I Tabel 5 er der estimeret hvor stort et reduceret areal der kan tilsluttes et Actiflo.

**Tabel 5** Oversigt over hvor mange red. ha som kan tilsluttes et Actiflo anlæg, til hverdagsregn, som funktion af rensekapacitet og bassinvolumen.

|                               | Bassinvolumen [m <sup>3</sup> ] |       |       |
|-------------------------------|---------------------------------|-------|-------|
| Kapacitet [m <sup>3</sup> /t] | 0                               | 1.000 | 2.500 |
| 170                           | 2                               | 7     | 12    |
| 720                           | 7                               | 15    | 23    |

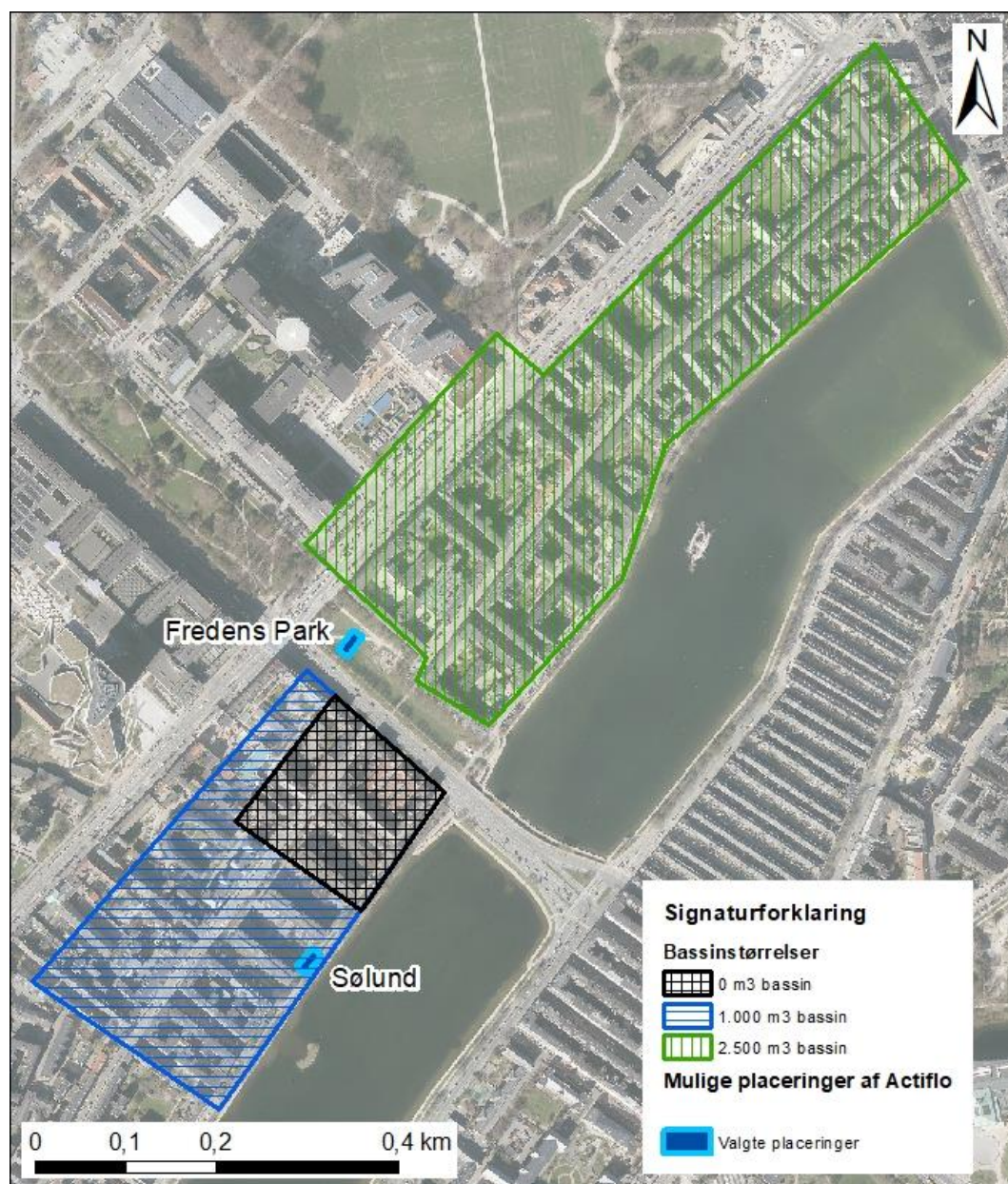
Som det ses af Tabel 5 er der en stor gevinst at hente ved at bygge et forsinkelsesbassin før Actiflo anlægget. I Tabel 6 ses, hvor stor en mængde hverdagsregn, som renses med de forskellige kapaciteter.

**Tabel 6** Oversigt over hvor meget hverdagsregn som renses på årsbasis, som funktion af rensekapacitet og bassinvolumen.

|                               | Bassinvolumen [m <sup>3</sup> ] |                        |                        |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| Kapacitet [m <sup>3</sup> /t] | 0                               | 1.000                  | 2.500                  |
| 170                           | 21.100 m <sup>3</sup>           | 65.000 m <sup>3</sup>  | 109.600 m <sup>3</sup> |
| 720                           | 69.300 m <sup>3</sup>           | 111.800 m <sup>3</sup> | 189.300 m <sup>3</sup> |

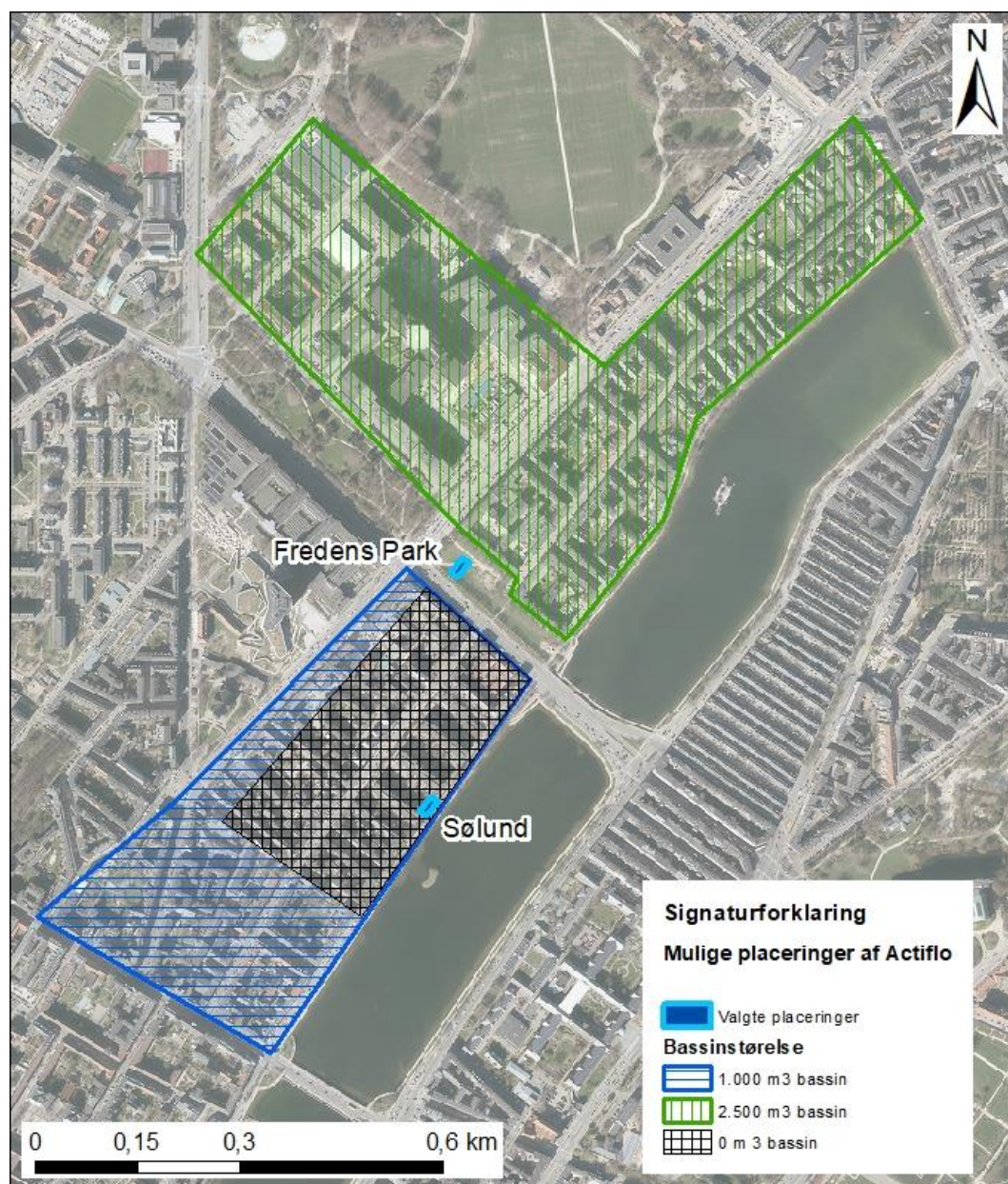
På Figur 7 og Figur 8 er der skitseret ca. hvor meget områderne i Tabel 5 vil dække, hvis der antages en befæstelsesgrad på 70 %. Der er skitseret for de to scenarier, hvor der ikke er bassin, og hvor der er et forsinkelsesbassin på 1.000 m<sup>3</sup> ved Sølund, og på 2.500 m<sup>3</sup> ved Fredenspark, og hvor kapaciteten af Actiflo anlægget er på henholdsvis 170 m<sup>3</sup>/t og 720 m<sup>3</sup>/t.





**Figur 7** Eksempler på områder hvorfra der vil kunne ledes hverdagsregn til et Actiflo med en kapacitet på 170 m<sup>3</sup>/t, med og uden forsinkelsesbassin med en befæstelsesgrad på 70 %

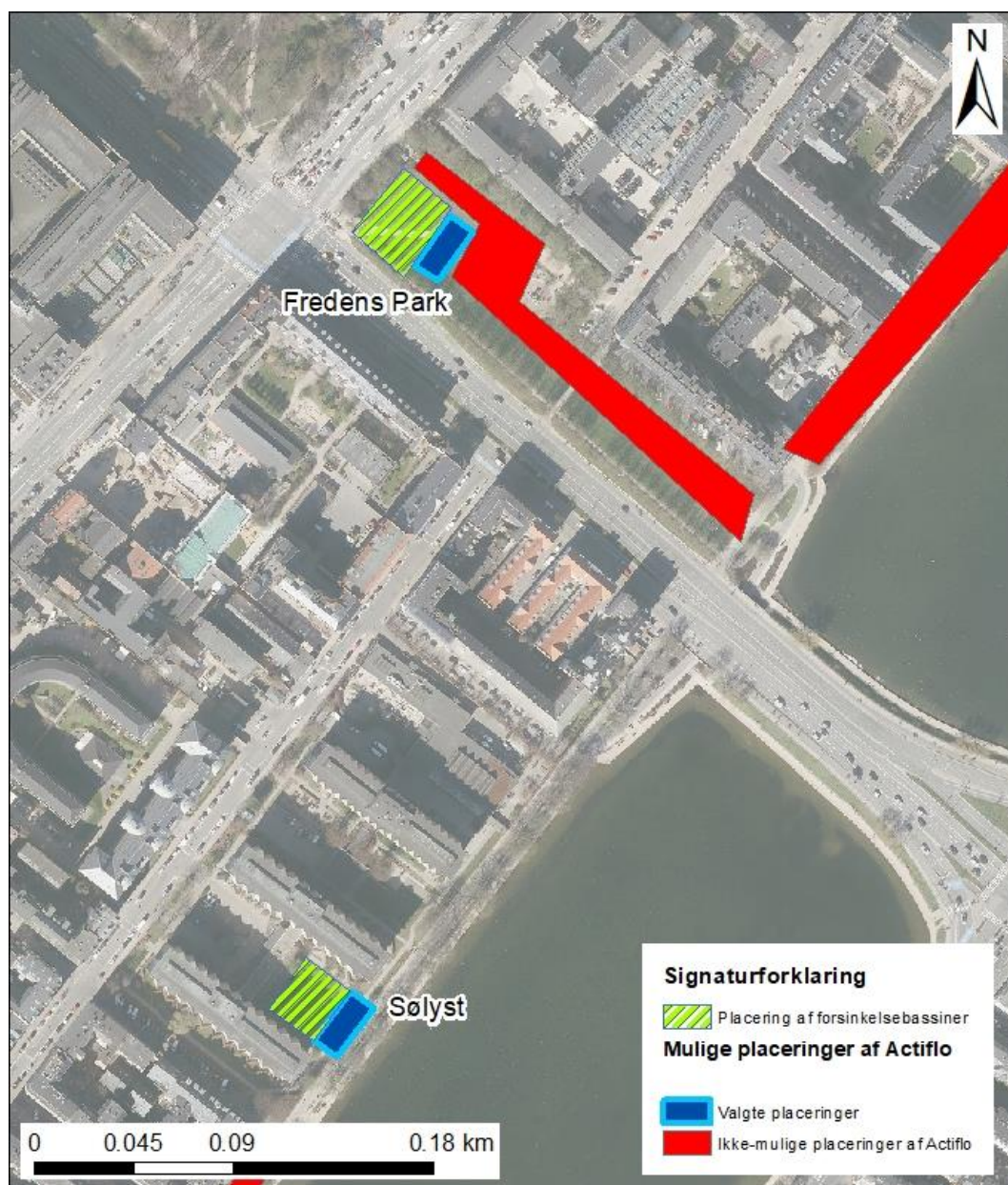




**Figur 8** Eksempler på områder hvorfra der vil kunne ledes hverdagsregn til et Actiflo med en kapacitet på 720 m<sup>3</sup>/t, med og uden forsinkelsesbassin med en befæstelsesgrad på 70 %

På Figur 9 er der skitseret i hvilke områder der kan etableres bassiner ved de to forslåede placeringer.





**Figur 9** Mulige bassinplaceringer ved de to valgte Actiflo-placeringer.

## 2.5

### Vurdering af effekten på vandstanden om sommeren i De Indre Søer ved tilførsel af rensset hverdagsregn

Der er analyseret regndata fra SVK-regnmåleren på Landbohøjskolen, for at bestemme hvor meget regn, som der falder i sommermånederne. Det er interessant fordi at hverdagsregnen i disse måneder kan være med til at sikre vandstanden i De Indre Søer. Sommermånederne er her defineret fra og med maj til og med september, som erfaringsmæssigt er de måneder hvor der mangler vand i De Indre Søer. Der er analyseret på data i perioden fra 1993 til og med 2021. 2012 er frasorteret grundet et længere udfald på måleren. Maksimum-, minimum- og middelsommernedbør kan ses i Tabel 7. Nedbørsdybden er reduceret med et initialtab på 0,6 mm for hver regnhændelse.

**Tabel 7.** Regn målt ved Landbohøjskolen.

|          | Afstrømning<br>sommer | Nedbørsdybde –<br>årsbasis | År   |
|----------|-----------------------|----------------------------|------|
| Minimum  | 154 mm                | 501 mm                     | 2018 |
| Middel   | 287 mm                | 702 mm                     | -    |
| Maksimum | 503 mm                | 830 mm                     | 2011 |

Sommeren i 2018 var meget tør, den tørrest år ud af de 28 målte år, og der var stor vandmangel i det Københavnske ferskvandsystem. Den store nedbørsmængde i 2011 er drevet af skybruddet d. 02/07, hvor der alene faldt 98 mm.

Arealet af Peblinge Sø og de to Sortedams søer er ca. 342.000 m<sup>3</sup> svarende til 34,2 ha. For at bestemme hvor meget hverdagsregn som tilføres De Indre Søer i sommermånederne, er der taget udgangspunkt i et opland på 1 ha. I Tabel 8 er der opgjort vandspejlsstigningen, som funktion af hvor meget vand som tilføres for hver hektar som afkobles, renses og tilledes De Indre Søer.

**Tabel 8.** Tilført vandmængde i sommermånederne fra sommerregn, og medførende vandspejlsstigning i De Indre Søer.

|          | År   | Tilført vandmængde per<br>afkoblet ha | Vandspejlsstigning per afkoblet ha (beregnet på<br>baggrund af sommerafstrømning) |
|----------|------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Minimum  | 2018 | 1540 m <sup>3</sup>                   | 4,5 mm                                                                            |
| Middel   | -    | 2870 m <sup>3</sup>                   | 8,4 mm                                                                            |
| Maksimum | 2011 | 5030 m <sup>3</sup>                   | 14,7 mm                                                                           |

Ved fx afkobling af 23 red ha giver dette hhv. 9,0 cm; 17,0 cm og 30,0 cm. Hertil kommer at en evt. periode med kritisk lav vandstand vil blive afkortet med mindst 9 dage.

## 2.6

### Drift af Actiflo anlæg

Under driften bliver der anvendt tre forskellige hjælpepestoffer: koagulant, polymer og mikrosand.

Koagulanten leveres i flydende form af en tankbil og fyldes på en tank, som er i samme bygning som Actiflo anlægget. Der kan laves en studs hvor der kan påfyldes, som stikker lidt op over terrænen, eller den kan installeres under et dæksel. Ved påfyldning skal der altså kunne tilkøres en tankbil. Jo større opbevaringstank der installeres jo sjældnere skal der leveres koagulant. Med en mellemstørrelse tank (10-15 m<sup>3</sup>), forventes at der skal leveres koagulant med ca. en-tre ugers mellemrum, hvis anlægget er i kontinuerlig drift.

Mikrosand leveres i enten big bags eller i plastkasser med samme længde og bredde som en europalle og ca. én m i højden. Hvis anlægget bygges over jorden, leveres det blot med en lastbil med kran, og kan køres ind med paralleløfter. Hvis anlægget står i en underjordisk bygning, skal det hejses ned via et dæksel. Der skal leveres sand 1-4 gange årligt.

Polymer leveres på paller eller i palletanke. Disse skal på samme måde som mikrosand løftes ned via et dæksel, hvis bygningen er underjordisk, eller kan køres ind med paralleløfter hvis bygningen er overjordisk. Der skal leveres polymer 1-4 gange årligt.

Der vil kun være kontinuerlig drift efter et skybrud, hvor vandet i søerne skal renses. Ved hverdagsregn renses vandet inden det når søerne, så det er kun i perioder hvor det regner at anlægget er i drift. Der skal altså leveres hjælpestoffer sjældnere når der renses for hverdagsregn.

Ud over anlægsomkostningerne skal man påregne en udgift til koagulant, flokkulant og mikrosand på ca. 0,3 - 0,5 kr. pr.  $\text{m}^3$  og udgifter til el (hovedsageligt pumpning til anlægget). Udgifterne til el varierer alt efter hvor vandet flyttes fra og til, men et overslag er i intervallet 0,25 – 0,5 kr. pr.  $\text{m}^3$ . Dvs. i alt koster det 0,55 – 1,0 kr. at rense 1  $\text{m}^3$  vand. Prisen sættes i det følgende lidt konservativt til 1,0 kr/ $\text{m}^3$ . Det regner ca. 470 timer om året, baseret på målinger fra Landbohøjskolen, og afhængigt af kapaciteten af det installerede anlæg, og om der installeres forsinkelsesbassin, vil anlægget rense hverdagsregn omkring 500 timer om året.

Der behandles ca. 21.000  $\text{m}^3$  vand hvis der tilkobles 2 red. ha til et anlæg med en kapacitet på 170  $\text{m}^3/\text{t}$  uden forsinkelsesbassin. Det vil koste ca. 21.000 kr. i strøm og hjælpestoffer at rense. Der behandles ca. 189.300  $\text{m}^3$  vand, hvis der tilkobles 23 red. ha til et anlæg med en kapacitet på 720  $\text{m}^3/\text{t}$  og hvor der er etableret et forsinkelsesbassin på 2.500  $\text{m}^3$ , som svarer til en udgift på ca. 189.300 kr. til hjælpestoffer og el.

Serviceringen vil hovedsageligt bestå af tilsyn af en driftsmedarbejder én gang om ugen, eventuelt kun når anlægget har været i drift. Derudover bør anlægget tømmes for vand med et mellemrum på 1-2 år, for at inspicere tankene, og evt. udføre reparationer på maling eller andet som er slidt. Tømning og vedligehold tager ca. én uge. Det forventes samlet at koste ca. 250.000 kroner om året. Der vil også være mindre udgifter til reservedele, hvor der skal indregnes ca. 20.000 kroner årligt. Dvs. i alt. 270.000 kr. til vedligehold/år.

Samlet drift af et Actiflo anlæg til behandling af hverdagsregn er 290.000 – 460.000 kr/år. Driftsprisen drives hovedsageligt af hvor meget vand som renses, som svarer til, hvor stort et areal som tilkobles.

Efter et skybrud vil det tage ca. to måneder (WSP, 2021b) med kontinuerlig drift af et anlæg med en kapacitet på 170  $\text{m}^3/\text{t}$ , for at nå ned på et acceptabelt niveau af næringsstoffer i De Indre Søer. Det svarer til at der behandles ca. 244.800  $\text{m}^3$  vand. Med en gennemsnitlig pris på 1,0 kr/ $\text{m}^3$  behandlet vand, vil det koste ca. 244.800 kr.

## 2.7

**Anlægsudgifter til Actiflo anlæg**

For at skabe den bedst mulige opblanding, samt overholdelse af krav om at der ikke må ske varige ændringer, så anbefales det, at det rensede vand fordeles med hhv. 80 m<sup>3</sup>/t i Peblinge Sø, 60 m<sup>3</sup>/t i Sortedams Sø Syd og 30 m<sup>3</sup>/t i Sortedams Sø Nord, hvis kapaciteten på Actiflo anlægget er på 170 m<sup>3</sup>/t, og med hhv. 340 m<sup>3</sup>/t i Peblinge Sø, 250 m<sup>3</sup>/t i Sortedams Sø Syd og 130 m<sup>3</sup>/t i Sortedams Sø Nord, hvis kapaciteten på Actiflo anlægget er på 720 m<sup>3</sup>/t. En sådan fordeling af vand i de tre søer, kræver rørføring fra Actiflo anlæggets placering, til de tre søer.

I Tabel 9 er givet et overslag over de forskellige dele af hvad det vil koste at bygge et underjordisk Actiflo anlæg med en kapacitet på 720 m<sup>3</sup>/t. Et Actiflo med en kapacitet på 170 m<sup>3</sup>/t vil koste ca. 6-8 mio. kr. mindre end overslaget i Tabel 99. Det er især udgiften til en mindre underjordisk bygning, som giver en besparelse. Da der mangler meget i forhold til en fuld projektering, er der lagt en relativ stor margin på til uforudsete udgifter.

**Tabel 9** Anlægsoverslag for et underjordisk Actiflo anlæg.

| Anlæg                              | Beløb i kr. ekskl. Moms |
|------------------------------------|-------------------------|
| Rydning og reetablering af arealer | 6,0 mio.                |
| Ledninger fra Actiflo til søer     | 13,5 mio.               |
| Underjordisk bygværk               | 16,5 mio.               |
| Maskin (inkl. Actiflo)             | 8,5 mio.                |
| El                                 | 2,0 mio.                |
| Uforudsete (25 %)                  | 11,6 mio.               |
| <b>Total</b>                       | <b>58,1 mio.</b>        |

Posten "ledninger" i Tabel 99 dækker over de ledninger som skal lægges ud i De Indre Søer for at pumpe vand ind og ud af Actiflo anlægget. Pris estimeret til 5 400 kr/m.

Det koster ca. 20.000 kr. pr. m<sup>3</sup> at anlægge bassin i København. På baggrund af det tal er der estimeret priser på bassinkapaciteten i Tabel 1010. Bemærk, at priserne i Tabel 10 er for underjordiske betonbassiner. Er der volumen tilstede i byen, på overflader eller uudnyttede volumener i rør/eksisterende bassiner, så kan det volumen udnyttes, og udgifterne til nyt underjordisk bassin volumen reduceres tilsvarende.

**Tabel 10** Estimat af omkostning til at anlægge forsinkelsesbassiner.

| Bassinstørrelse      | Beløb i kr. ekskl. Moms |
|----------------------|-------------------------|
| 1.000 m <sup>3</sup> | 20 mio.                 |
| 2.500 m <sup>3</sup> | 50 mio.                 |

Det vil altså være en væsentlig del af den samlede anlægsomkostning at bygge bassiner, men det giver også mulighed for at lede hverdagsregn fra et væsentligt større opland stil Actiflo anlægget. Bemærk, at omkostninger til rør og anlæg af selve separeringen af regnvand ikke er opgjort.



## 2.8

### Opsummering

Der er gennemført en analyse af muligheder for etablering af Actiflo renseanlæg til at rense hverdagsregn før det ledes til De Indre Søer; samt til at rense på vandet i de Indre Søer efter der er tilladt skybrudsregn. Hertil kommer estimering af anlægs- og driftsomkostninger. Analyserne viser:

- der er to specielt godt egnede lokationer til etablering af et Actiflo renseanlæg, som opfylder krav til plads
- det er muligt at etablere rørføringer fra de oplande, som ønskes separatkloakeret, til renseanlæg

De to bedst egnede lokationer er under jorden i Fredenspark og ved Sølund.

Arealer som kan tilsluttes Actiflo renseanlægget ved hverdagsregn afhænger af størrelsen på Actiflo renseanlægget, og størrelsen på et forsinkelsesbassin i tilknytning til renseanlægget, samt kravet til at anlægget skal rense 95 % af årsnedbøren. Ud fra de tilgængelige arealer i Fredens Park og ved Sølund, så kan der tilsluttes 2-23 reducerede hektar til renseanlægget. Ved et bassinvolumen på 1000 m<sup>3</sup>, som der er plads til ved både ved Fredenspark og Sølund er det muligt at tilslutte hhv. 7 og 15 red. ha.

I det omfang der tilføres rensset regnvand til De Indre Søer, kan sommervandstanden i søerne, for et gennemsnitsår, forøges med 8,4 mm per reduceret hektar som afkobles, renses og tilføres søerne.

Et mini renseanlæg placeret under jorden i nær tilknytning til Peblinge Sø og Sortedams søerne vil have en anlægssum på ca. 50-58 mio. kr.<sup>6</sup>. afhængigt af valg af størrelse på anlæg, og dertil evt. forsinkelsesbassin, som koster 0-50 mio. kr. afhængigt af valgt volumen (0-2.500 m<sup>3</sup>). Et overblik over priserne kan ses i Tabel , og ved sammenligning med Tabel 3 kan der fås et overblik over sammenhængen mellem anlægspris, og hvor stort et opland som kan tilkobles. Generelt kan det siges at driftsprisen i et vidt omfang afspejlet størrelsen af det tilkoblede opland.

**Tabel 11** Oversigt over etableringsprisen for et Actiflo i en underjordisk bygning inklusiv, ledningsføringer ud i De Indre Søer og evt. forsinkelsesbassin.

| Rensekapacitet        | Volumen forsinkelsesbassin |                      |                      |
|-----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
|                       | 0 m <sup>3</sup>           | 1.000 m <sup>3</sup> | 2.500 m <sup>3</sup> |
| 170 m <sup>3</sup> /t | 50,1 mio. kr.              | 70,1 mio. kr.        | 100,1 mio. kr.       |
| 720 m <sup>3</sup> /t | 58,1 mio. kr.              | 78,1 mio. kr.        | 108,1 mio. kr.       |

Samlet drift af et Actiflo anlæg til behandling af hverdagsregn er 290.000 – 460.000 kr./år, hvilket fremgår nærmere af

**Tabel 122.** Også her kan der ved sammenligning med Tabel 5, fås et overblik over sammenhængen mellem tilsluttede arealer og driftsprisen.

<sup>6</sup> Inkl. 25% usikkerhed på estimatet

**Tabel 12** Oversigt over prisen for drift **om året** af et Actiflo anlæg til rensning af hverdagsregn afhængigt af kapaciteten og størrelsen på et forsinkelsesbassin.

|                       | Volumen forsinkelsesbassin |                      |                      |
|-----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
| Rensekapacitet        | 0 m <sup>3</sup>           | 1.000 m <sup>3</sup> | 2.500 m <sup>3</sup> |
| 170 m <sup>3</sup> /t | 290 000 kr.                | 335 000 kr.          | 380 000 kr.          |
| 720 m <sup>3</sup> /t | 340 000 kr.                | 380 000 kr.          | 460 000 kr.          |

### 3. Tilføring af grundvand i stedet for etablering af renseanlæg

Der skal fortages en vurdering af om der er nok information i WSP-rapporten, i forhold til grundvandsforhold i Lersøparken (WSP, 2021a) til at belyse, om der er grundvand nok til at tildele 170 m<sup>3</sup>/time til De Indre Søer fra Lersøparken. Det skal ligeledes vurderes om grundvandskvaliteten er tilstrækkelig god til, at det kan indgå i De Indre Søer uden rensning. Er grundvandskvaliteten utilstrækkelig, vil der blive redegjort for hvilken rensning der skal til, for at grundvandet kan tilledes De Indre Søer.

#### 3.1 Vurdering af grundvandsmængderne i Lersøparken

I rapporten fra WSP (WSP, 2021a), er der beskrevet hvorledes der er lavet prøvepumpninger på flere borer, heraf tre som udelukkende er filtersat i kalkmagasinet og to som er filtersat i både grus/sand og kalk.

De borer som er filtersat i kalk, kan yde en vandmængde som er typisk for et kalkmagasin (WSP, 2021). Det er vigtigt når der pumpes fra et kalkmagasin, at vandstanden ikke sænkes så langt, at der kan komme ilt til magasinet. Ilt vil reagere med pyrit i kalkmagasinet og frigive nikkel. Dette forstærkes hvis der ikke pumpes kontinuerligt fra magasinet og vandstanden dermed fluktuerer. Vandstanden i oppumpningsboringerne vil uvægerligt fluktuere, når oppumpningen til De Indre Søer afbrydes ved regn eller høj vandstand.

At vandstanden i borerne ikke må sænkes, så kalkmagasinet bliver udsat for ilt, sætter en begrænsning på hvor meget der kan oppumpes fra den enkelte boring. Hvad en boring kan yde opgives normalvis som specifik kapacitet, hvilket er et tal for hvor meget vand der kan oppumpes, ved en sænkning på 1 m i boringen. Borer filteret i kalken kan yde mellem 0,48-3,3 m<sup>3</sup>/t pr. meter sænkning. Det svarer til, at de kan yde mellem 4,3-69,3 m<sup>3</sup>/t, hvilket også fremgår af Tabel 13 og 14. Ved borer tilsvarende de prøvepumpede, skal der altså mindst tre borer til for at opfylde vandbehovet.

**Tabel 13** Oversigt over den maksimale ydeevne for borerne, som kun er filteret i kalkmagasinet

| DGU nr.   | Dybde [m] | Maksimal ydelse [m <sup>3</sup> /t] |
|-----------|-----------|-------------------------------------|
| 201.11617 | 21,5      | 11,3                                |
| 201.11758 | 100       | 69,3                                |
| 201.13601 | 22,7      | 4,3                                 |

Der er tilsvarende lavet prøvepumpninger af to borer, som er filteret i både kalken og sand eller grus. De to borer har en noget højere specifik kapacitet på 13,21 og 24,62 m<sup>3</sup>/t pr. meters sænkning. Sand og gruslagene har altså en væsentligt højere ledningsevne end kalkmagasinet i sig selv. Den maksimale ydeevne, for de to borer, kan ses i Tabel 14. Den maksimale ydeevne er fundet på baggrund af en sænkning af grundvandet, til toppen af det filteratte grus-/sandlag. Grus/sandlaget umiddelbart over kalkmagasinet, kan altså yde den påkrævede vandmængde.

**Tabel 14** Oversigt over den maksimale ydeevne for borer, som er filteret i både grus/sand og kalk.

| DGU nr.   | Dybde [m] | Maksimal ydelse [m <sup>3</sup> /t] |
|-----------|-----------|-------------------------------------|
| 201.11759 | 100       | 198,2                               |
| 201.11760 | 100       | 418,5                               |

Alt i alt vurderes det at der sandsynligvis vil være tilstrækkelige mængder grundvand tilstede til, at der kan ledes 170 m<sup>3</sup>/t til De Indre Søer.

### 3.2

#### Vurdering af grundvandskvaliteten i Lersøparken

I rapporten vedr. grundvandsforholdene omkring Lersøparken, er der identificeret tre borer, hvor der er udtaget vandprøver (WSP, 2021a). To af borerne er filtersat i både grus og kalk og en af borerne er filtersat i moræneler. De to borer der er filtersat i både sand og kalk, vil i teorien kunne oppumpe vand af flere forskellige typer, og det kan af samme årsag være svært at fastslå vandtypen i disse tilfælde.

Det er vigtigt at understrege at vandtypen og forureninger, kan ændre sig meget lokalt, og der vil skulle laves en specifik undersøgelse, af det vand som oppumpes, for at fastslå vandets sammensætning og eventuelle forurening.

#### 3.2.1

##### Vandtype og redoxforhold

Vandet fra de to dybe borer indeholder målbare koncentrationer af jern og mangan, hvilket indikerer at vandet er reduceret. Jern og mangan skal fældes, for at undgå okkeraflejringer i Lygte Å. For at fælde jern og mangan, skal vandet iltes og filtreres. Det kan ske enten ved aktiv beluftning, eller ved at lade vandet strømme ned over en iltningstrappe eller lignende, efterfulgt af filtrering.

Der måles også relativt høje (redox-mæssigt) koncentrationer af sulfat, hvilket indikerer at vandet ikke er reduceret yderligere. Ingen af borerne er analyseret for metan, så det vides ikke om vandet også indeholder metan.

#### 3.2.2

##### Næringsstofindhold

I dag renses søvandet i Emdrup Sø og tilledes, i perioder, De Indre Søer. Derfor er koncentrationerne i dette vand et godt sammenligningsgrundlag, når koncentrationerne i grundvandet i Lersøparken vurderes.

I de to borer i Lersøparken, som både er filtersat i kalken og grus, er der målt totale fosforkoncentrationer på 0,068 og 0,14 mg P/l. Disse værdier er over de koncentrationer, som vandet bliver rensat til ved Emdrup Sø (<0,05 mg P/l, og væsentligt over de koncentrationer, som måles i De Indre Søer (ca. 0,02-0,04 mg P/l). Vandet bør derfor renses inden det ledes til De Indre Søer. Koncentrationen i den tredje boring, er målt til 0,028 mg P/l, hvilket vil kunne ledes direkte til De Indre Søer uden rensning.

Der er målt et kvælstofindhold på 0,32 mg/l i boringen, som er filtersat i moræneler og 0,27 mg/l i en af brøndene, som er filtersat i grus og kalk. Det er relativt lave niveauer, sammenlignet med normale koncentrationer i søer. Koncentrationerne i vandet fra Emdrup Sø og De Indre Søer er tidligere målt til hhv. 1,96 mg/l og 2,97 mg/l (Københavns Kommune, 2017). Så længe at fosforindholdet i De Indre Søer holdes lavt, vurderes det, at det ikke er nødvendigt at rense grundvandet for kvælstof. (kilde: [vj216-kvaeststof-soer.pdf \(vand-og-jord.dk\)](#))

#### 3.2.3

##### Miljøfremmede stoffer

Der er målt for en lang række miljøfremmede stoffer i de tre borer. Toluen, ethylbenzen og xylener er fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen. Stofferne er fundet i to af borerne (en filtersat i moræneler og en filtersat i grus/kalk). Der er ikke analyseret for stofferne i den tredje. Koncentrationerne af alle tre stoffer er under kvalitetskriterierne for overfladevand (bek. 1625 2017).

Vurderingen af miljøfremmede stoffer viser også høje koncentrationer af barium og muligvis kobolt. Detektionsgrænsen for koboltmålingerne er højere end kvalitetskravet, og der bør laves yderligere analyser for at fastslå om kobolt er et problem.

Koncentrationen af barium er væsentligt over det generelle kvalitetskrav, og skal derfor renses før udledning. Barium kan fjernes ved hjælp af simpel ionbytning med natrium. Dette er en velkendt proces, som dog producere skyllevand med et højt chlorid og bariumindhold, som skal sendes til kloak. Det kan i nogle tilfælde kun sendes til kloak, hvis det fortyndes på grund af for høje kloridkoncentrationer.

En stor del af området omkring Lersøparken, er forureningskortlagt på vidensniveau 2. Vidensniveau 2 betyder at der er en kendt forurening på matriklen. Inden der igangsættes en kontinuerlig oppumpning af grundvand er det derfor vigtigt at der tages stilling til om der er risiko for at nogle potentielle forureninger mobiliseres, og på sigt kan pumpes op og på den måde transporteres til De Indre Søer.

### 3.2.4

#### **Samlet vurdering af grundvandskvaliteten i Lersøparken**

De udtagne grundvandsprøver indikerer en relativ homogen vandtype. Grundvand fra Lersøparken kan ledes til De Indre Søer under forudsætning af at det iltes, filtreres og renses for fosfor og barium. Det skal vurderes om oppumpningen potentielt kan mobilisere nogle af de kendte forureninger, og om det på sigt vil kunne forurene det oppumpede vand.

Det er vigtigt at understrege, at der bør udføres nye analyser/testboring på det konkrete sted man ønsker at oppumpe grundvand, for at sikre sig at vandkvaliteten på det pågældende sted er som forventet.

Alt i alt vurderes det, at det er realistisk at grundvandet fra Lersøparken, kan indgå i De Indre Søer efter rensning, og undersøgelse på det/de konkrete oppumpningssteder samt analyse af om der potentielt mobiliseres forurening fra de omkringliggende områder.

### 3.3

#### **Hydraulisk kapacitet i vandsystemet fra Lersøparken til De Indre Søer**

En vurdering af økonomi samt anlægsteknik, afhænger meget af om der skal anlægges helt ny infrastruktur for at transportere grundvand fra Lersøparken til De Indre Søer eller om den eksisterende vandinfrastruktur kan benyttes. F.eks. ledes vandet allerede i dag fra Emdrup sø til De Indre Søer via rørlagt å-system, Lygte Å og Ladegårds Å.

Dette rørsystem går direkte gennem Lersøparken. Den rørlagte å-strækning kan ses på Figur 10. I nærværende projekt er kapaciteten af det eksisterende rørlagte å-system undersøgt.





Figur 10. Oversigt over forløbet af Lygte Å og Ladegårds Å samt placeringen af Lersøparken.

### 3.3.1

#### Brug af det eksisterende rørlagte å-system: Lygte Å og Ladegårds Å

Det ønskes at undersøge muligheden for at lede 170 m<sup>3</sup>/t (~47 l/s) grundvand fra Lersøparken til De Indre Søer via Lygte Å og Ladegårds Å. Det tilledte grundvand skal bidrage til vandudskiftning i De Indre Søer. Der ledes i dag maksimalt 300 m<sup>3</sup>/t videre gennem å-systemet fra Emdrup til De Indre Søer.

Der er tidligere lavet en kapacitsanalyse for å-systemet (Krüger, 2020), hvor der er redegjort for hvor meget mere vand systemet, ved Lersøparken, kan belastes med. I Tabel 15 kan ledningskapaciteten ses ved forskellige vandstande i De Indre Søer, afhængig af om der ledes vand fra Emdrup sø eller ej.

**Tabel 15** Oversigt over ledningskapaciteten af Lygte Å og Ladegårds Å, når der tilledes vand fra Emdrup Sø. Dvs. den brug som der er af systemet i dag

|                                                                                   | Vandspejlsniveau i DIS   |                          |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                                                                   | 5,91 m                   | 6,04 m                   | 6,16 m                   |
| <b>Samlet ledningskapacitet af å-systemet</b>                                     | 750<br>m <sup>3</sup> /t | 660<br>m <sup>3</sup> /t | 570<br>m <sup>3</sup> /t |
| <b>Ledig kapacitet i systemet ved indløb fra Emdrup Sø på 300 m<sup>3</sup>/t</b> | 450<br>m <sup>3</sup> /t | 360<br>m <sup>3</sup> /t | 270<br>m <sup>3</sup> /t |

Dvs. der er rigelig kapacitet i Lygte Å og Ladegårds Å, til at de kan transportere både vandet fra Emdrup Sø og grundvandet fra Lersøparken til De Indre Søer. Det skal dog bemærkes, at hvis der tilledes grundvand fra Lersøparken, vil det optage noget af den kapacitet, som måske planlægges at blive brugt til andre vandprojekter, f.eks. afkobling af regnvand.

### 3.4

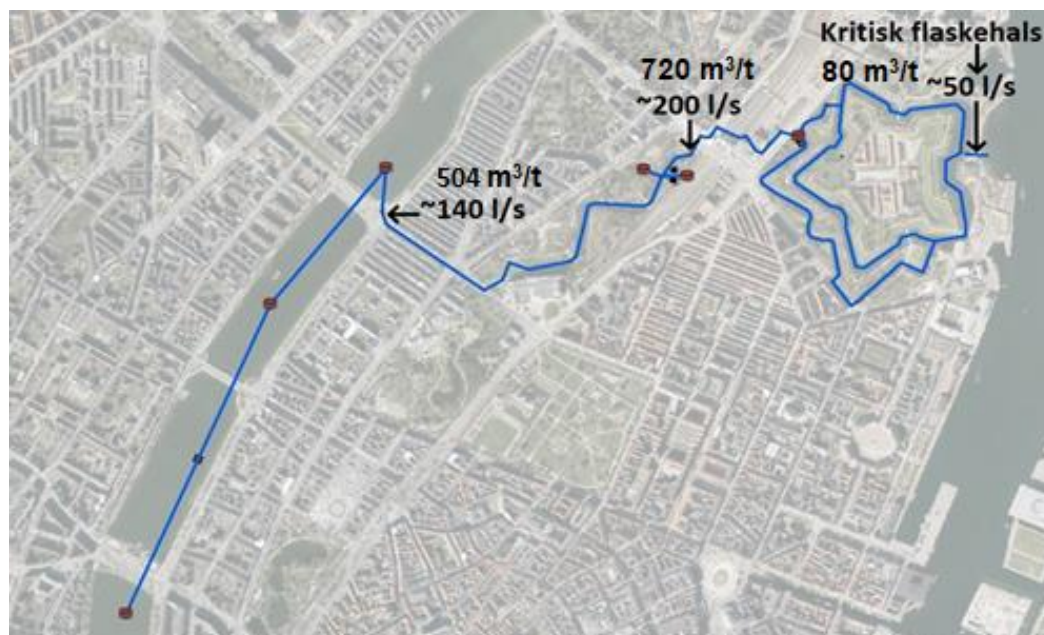
#### Vurdering af om tilført grundvand kan afledes hydraulisk nedstrøms De Indre Søer

Der skal foretages en vurdering af de hydrauliske effekter nedstrøms Sortedams Sø nord, når der i en periode efter et skybrud ledes 170 m<sup>3</sup>/t (~47 l/s) grundvand fra Lersøparken til De Indre Søer.

Der ledes i dag maksimalt 300 m<sup>3</sup>/time videre gennem å-systemet fra Emdrup til De Indre Søer.

Nedstrøms Sortedams Sø nord, er det enten rørene mellem de forskellige områder eller overløbsbygværkerne i systemet, som er flaskehalse og begrænser hvor meget vand, der kan løbe igennem systemet. I det nuværende system, er der identificeret tre flaskehalse, som også er markeret på Figur 11:

- Rørforbindelsen mellem Sortedams Sø nord og Østre Anlæg.  
Kapacitet ved kritisk kote: ~ 504 m<sup>3</sup>/t (140 l/s)
- Overløbsbygværket ved udløbet fra Østre Anlæg.  
Kapacitet ved kritisk kote: ~ 720 m<sup>3</sup>/t (200 l/s)
- Overløbsbygværket ved udløbet fra Indre Kastelsgrav til havnen.  
Kapacitet ved kritisk kote: ~80 m<sup>3</sup>/t (50 l/s).



**Figur 11** Oversigt over, hvor der er flaskehalse i systemet og den maksimale vandføring, ved kritisk kote gennem disse flaskehalse.

#### *Vandsystemet i dag – nedstrøms Sortedams Sø nord*

I situationer, hvor vandsystemet belastes med skybrudsvand, skal kapaciteten ud af Sortedams Sø nord, reguleres til max. at være  $180 \text{ m}^3/\text{t}$ , da dette i dag er maksimum kapaciteten for vandføring ud af Indre Kastelsgrav til havnen, når vandstanden står ved kritisk kote i Indre Kastelsgrav.

Tilføres der  $170 \text{ m}^3/\text{t}$  grundvand til De Indre Søer og det nedstrøms vandsystem, vil der blive nogle kritiske hydrauliske problemstillinger, som man skal være meget opmærksom på:

1. Den hydrauliske kapacitet fra Indre Kastelsgrav til havnen er i dag på ca.  $50 \text{ l/s}$  ( $180 \text{ m}^3/\text{t}$ ), når vandstanden står ved kritisk kote i Kastelsgraven. Dvs. tilledes der kontinuertligt  $170 \text{ m}^3/\text{t}$  grundvand, så står vandstanden i Indre Kastelsgrav konstant lige under kritisk kote, hvilket betyder, at der ved regnhændelser max. må tilføres  $10 \text{ m}^3/\text{t}$  ud over grundvandstilstrømningen.
2. Efter tilførsel af skybrudsregn, vil vandstanden i De Indre Søer være øget. Er vandstanden så høj, at man ønsker, at den skal falde, er man nødt til at stoppe tilførslen af grundvand på  $170 \text{ m}^3/\text{t}$ , da dette ca. er samme vandføring, som man kan tømme ud af De Indre Søer, uden at vandstanden i Indre Kastelsgrav bliver kritisk høj.

#### *Forøgelse af kapaciteten vandsystemet i fremtiden – nedstrøms Sortedams Sø nord*

Alternativt så kan vandføringskapaciteten øges i vandsystemet fra Sortedams Sø nord til fra Indre Kastelsgrav til havnen, som beskrevet i rapporten "Master Plan for De Indre Søer (Krüger, 2021). Dvs. vandføringskapaciteten fra Kastelsgravene til havnen kan øges således at udløbet til havnen ikke bliver en flaskehals, og man kan undgå problemstillinger med vandstand tæt på -og over kritisk kote i Kastelsgravene ved tilførsel af grundvandsmængder på  $170 \text{ m}^3/\text{t}$ , når man samtidig ønsker at føre det videre ud af De Indre Søer. Problemstillingen med vandgennemstrømning og kritiske vandstande i

Kastelsgravene gennemgås kort nedenfor i et uddrag fra "Master Plan for De Indre Søer", Krüger, 2021.

Citat:

### **Kastelsgravene**

*"Kastelsgravene modtager i dag vand fra Østre Anlæg. Det er vigtigt, at der ikke tilledes mere vand til Indre Kastelsgrav end udløbet kan klare at aflaste til havnen. Det tilladte maksimale udsving i vandstand i Indre Kastelsgrav er i dag fra kote 0,38 m DVR90 til kote 0,50 m DVR90, så det er ikke tilrådeligt at opmagasinere vand i Indre Kastelsgrav. Hvis der skal mere vand til Kastelsgravene skal udløbet øges og konsekvensen vil være en øget gennemstrømning.*

*Ydre Kastelsgrav og Indre Kastelsgrav er i dag direkte forbundet to steder, dvs. vandstande i Ydre og Indre Kastelsgrav følger hinanden direkte. Der er et tilgængeligt volumen i Ydre Kastelsgrav på ca. 12.000 m<sup>3</sup> (jf. tabel 3) fra kote 0,48 m DVR90 op til kritisk kote (1,05 m DVR90). Dette volumen kan kun udnyttes, hvis de to direkte forbindelser mellem Kastelsgravene, ændres til ikke at være direkte forbundet.*

*Det er pt. tre strategier, som kan overvejes for Kastelgravene:*

- 1. Ikke at ændre på udløbet, dvs. en udløbskapacitet på max ca. 50 l/sek.*
- 2. At øge gennemstrømning og øge udløbet, f.eks. ved brug af pumpe eller ændret udløb, eksempelvis bredere sænkespjæld.*
- 3. At udnytte volumenet i Ydre Kastelsgrav fra kote 0,48 m DVR90 op til kritisk kote og etablere spjæld mellem de to søer.*

*Valg af mulighederne ovenfor har konsekvenser for hvordan vandsystemet opfører sig.*

*Vælger man ikke at ændre på udløbet fra Indre Kastelsgrav, så bør man sikre at tillæningen af vand fra Sortedams og Peblinge Sø, via og fra Østre Anlæg, reguleres så tilløbet til Indre Kastelsgrav ikke bliver mere end udløbet kan klare.*

*Vælges det at øge udløbet fra Indre Kastelsgrav ved enten at gøre udløbet bredere eller ved at installere sænkespjæld, så kan en høj vandstand i havnen være begrænsende, måske helt blokere for afledning af vand. Ved høj vandstand i havnen forstås en vandstand som er højere end vandstand i Indre Kastelsgrav. Vælges det at bruge en pumpe til at forøge udløbskapaciteten, så kan der afledes vand uafhængigt af vandstanden i havnen.*

*Vælges det at udnytte volumenet i Ydre Kastelsgrav fra kote 0,48 m DVR90 op til kritisk kote og etablere spjæld mellem de to søer, så kan man udnytte ca. 12.000 m<sup>3</sup> til opmagasinering af regnvand. Når det opmagasinerede vand efter en regnhændelse sendes videre til Indre Kastelsgrav, så skal det ske på en måde, så udløbet fra Indre Kastelsgrav til havnen kan følge med, så vandstanden i Indre Kastelsgrav ikke kommer over 0,50 m DVR90. Dette kan sikres med et styret spjæld."*

*For at få det fulde forståelse af hvordan vandsystemet nedstrøms Sortedamssøerne, så anbefales det at man læse hele rapporten "Master Plan for De Indre Søer", Krüger, 2021.*



### 3.5 Påvirkning af vandkvaliteten i De Indre Søer ved tilførsel af grundvand

Analyse af vandkvaliteten fra de tre borer i Lersøparken, viser at grundvandet, som et minimum, skal renses for fosfor før det tilledes De Indre Søer. De rensemetoder, der er tilgængelige, kan rense fosforkoncentrationerne i grundvandet ned til samme niveau som i De Indre Søer i dag, ca. 0,02-0,04 mg P/l. Der er tale om opløst fosfor i vandet, som kan renses ved brug af fældning med jern. Dvs. hvis der tilføres og afledes 170 m<sup>3</sup>/t samtidigt, så er der for fosfor ikke forskel på, om man renses grundvand eller man renses søvand med et Actiflo anlæg, i De Indre Søer.

Mht. miljøfremmede stoffer, vil der ved tilførsel af grundvand til De Indre Søer, ske en tilførsel af de miljøfremmede stoffer toluen, xylener og ethylbenzen, dog alle i koncentrationer væsentligt under de generelle kvalitetskrav. Men der skal renses for barium.

Ved tilførsel af 170 m<sup>3</sup>/t grundvand til De Indre Søer, er opholdstiden for grundvandet i hver af De Indre Søer betragtelig. Peblinge Sø ca. 69 dage; Sortedams Sø syd ca. 69 dage; Sortedams Sø nord ca. 45 dage. Da søerne ligger i serie, sker den samlede opblanding i hele søsystemet relativt langsomt. Dette betyder, at ifald man ønsker at anvende grundvand til fortynding af koncentrationerne i De Indre Søer, bør tilledningen af grundvand fordeles over de tre søer jvf. WSP (WSP 2021b). WSP har tidligere vist, at dette er en god metode til at reducere opholdstiderne for stof i De Indre Søer. Metoden udjævner opblandingen over de tre søer, ved at fordele tilledningen af vand i de tre søer med ca. 80 l/s i Peblinge Sø, 60 l/s i Sortedams Sø syd og 30 l/s i Sortedams Sø nord. Dette sikrer den hurtigste samlede vandudskiftning i de tre søer.

Efter tilførsel af skybrudsregn til De Indre Søer, kan man komme i en situation, hvor man ønsker vandstanden i De Indre Søer sænket. For at opnå en sænkning af vandstanden i De Indre Søer bør man lukke for tilførslen af grundvand eller vandføringskapaciteten i vandsystemet nedstrøms Sortedams Sø skal forøges.

Som situationen er i dag, så skal der lukkes for tilførslen af grundvand for, at vandstanden kan sænkes, men dette betyder at vandet i De Indre Søer ikke fortyndes, mens der er lukket for tilførslen af grundvand. I den periode, vil de vandkvalitetskomponenter, som er i De Indre Søer, blive transporteret direkte til Østre Anlæg og videre til Kastelsgravene. Betydningen for vandkvaliteten er mest kritisk i Østre Anlæg, hvor vandkvaliteten efter 6-8 dage svarer til vandkvaliteten i det vand som udledes fra Sortedams Sø nord.

Vandføringskapaciteten i vandsystemet nedstrøms Sortedams Sø kan forøges som beskrevet i rapporten "Master Plan for De Indre Søer (Krüger, 2021). Øges vandføringskapaciteten fra Indre Kastelsgrav til havnen, så den ikke længere er den kritiske flaskehals, så er næste flaskehals kapaciteten af rørforbindelsen mellem Sortedams Sø og Østre Anlæg på 504 m<sup>3</sup>/t (140 l/s). Dvs. en tømme kapacitet ud af Sortedams Sø nord bliver 504 m<sup>3</sup>/t. Tilføres der stadig grundvand på 170 m<sup>3</sup>/t, så tømmes der netto 334 m<sup>3</sup>/t, når man ønsker at sænke vandstanden. Dette betyder at vandstanden sænkes med 2,3 cm/dag. Dette kan sammenlignes med scenariet hvor der renses, og vandstanden sænkes med 3,4 cm/dag. Dvs. det går 34 % langsommere med at sænke vandstanden, når der samtidig tilføres grundvand med et tilløb på 170 m<sup>3</sup>/t.



Betydningen for vandkvaliteten i De Indre Søer under disse forhold er at det vil tage 11 dage længere ved at fortynde med grundvand end ved at rense på søvand, før man kommer fra en koncentration på 0,067 mg P/l til 0,040 mg P/l i Peblinge Sø og Sortedams søerne. De 0,067 mg P/l er i startkoncentrationen for fosfor i De Indre Søer efter en 100 års hændelse, og 0,040 mg P/l er koncentrationen i basistilstanden for søerne i henhold til (WSP, 2021b) Beregningen af koncentration i tid i søerne er efter samme princip, som benyttet i (WSP, 2021b), dog med den tilføjelse at den hydrauliske kapacitet fra Sortedams Sø nord til havnen er forøget.

### 3.6 Lovgivningsmæssige forhold

I indsatsbekendtgørelsen (BEK nr. 449 af 11/04/2019) fremgår det af §10 stk. 1, at:

*"Myndighederne skal sikre, at der tages alle praktisk gennemførlige skridt til ikke at hindre opfyldelse af de fastlagte miljømål, jf. bekendtgørelse om miljømål for overfladevandområder og grundvandsforekomster, i andre overfladevandområder og grundvandsforekomster, der ikke er berørt af disse omstændigheder."*

1. I scenariet hvor der fortyndes med grundvand fra Lersøparken, vil der være en periode hvor der ikke vil kunne tilledes vand til De Indre Søer, fordi at vandstanden skal sænkes. I denne periode vil det ufortyndede vand fra De Indre Søer løbe videre til Østre anlæg. Det vil bringe koncentrationen af forskellige næringsstoffer og miljøfremmede stoffer i Østre Anlæg op på et niveau tilsvarende De Indre Søer efter der er tilledt skybrudsvand. Denne flytning af miljøfremmede stoffer og næringsstoffer er muligvis ikke i overensstemmelse med Indsatsbekendtgørelsen § 10, stk. 1, da man aktivt flytter det forurende søvand videre gennem vandsystemet.

### 3.7 Anlægsøkonomi for et vandværk som renser grundvand

Anlægsudgifterne ved tilførsel af grundvand fra Lersøparken til De Indre Søer består af opførsel af et vandbehandlingsanlæg samt tilslutning til Lygte Å, samt transport til og fordeling i De Indre Søer.

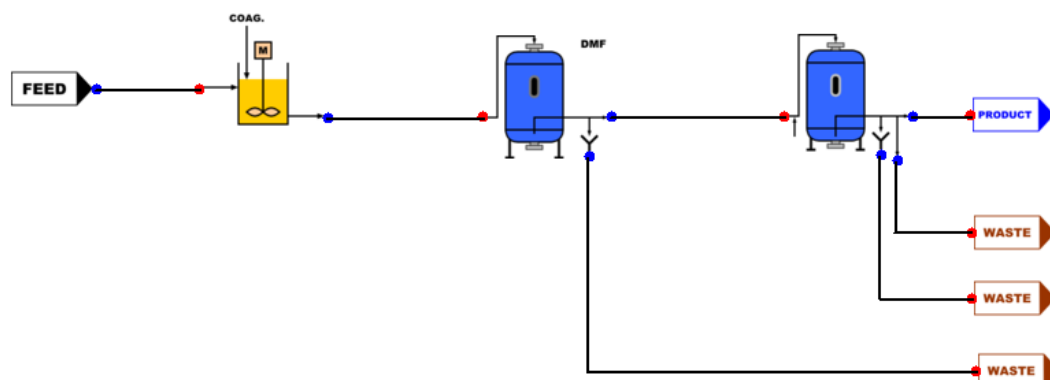
#### 3.7.1 Anlægsudgifter til vandbehandlingsanlæg

Principperne og komponenterne som skal rense grundvandet i Lersøparken er som følger:

Det skal etableres et procesanlæg som består af inline dosering af fældningsmiddel (PIX), dualmedie trykfilter og ionbytter.

P fældes med jernklorid (PIX). Der skal tilsættes ca. 0,6 mg Fe pr. liter for at kunne fælde P til under 0,02 mg/l. Herefter filtreres i dualmedie filter med en samlet kapacitet på 170 m<sup>3</sup>/t. Det kan fx være 2 stk. Filtraflo FCP-D.

Ba fjernes ved ionbytter til <0,05 mg/l. Fx ved brug af 2 stk. Ionsoft Maxi 4-350P (ca. 80 m<sup>3</sup>/t pr. anlæg). Herved reduceres calcium- og magnesiumkoncentrationen også og der tilsættes forholdsvis meget natrium.



**Figur 10** Skitse af procesanlæg som skal bruges for at rense grundvand fra Lersøparken.

Den vejledende vandkvalitet efter rensning er angivet i Tabel 16.

**Tabel 16** Vejledende vandkvalitet efter vandet er renset.

| Stof      | Enhed | Værdi |
|-----------|-------|-------|
| Jern      | mg/l  | 0,05  |
| Fosfor    | mg/l  | 0,01  |
| Barium    | mg/l  | 0,05  |
| Calcium   | mg/l  | 1,3   |
| Magnesium | mg/l  | 0,1   |
| Natrium   | mg/l  | 230   |

Da calcium og magnesium fjernes bliver vandet kalkaggressivt svarende til teoretisk at kunne opløse ca. 70 mg kalk pr. liter vand.

Filtrene skal løbende tilbageskylles, hvilket producerer skyllevand som skal afledes til kloak. Dette kan erfaringsmæssigt være en udfordring, især for skyllevandet fra ionbytteren, som er meget saltholdigt.

### 3.7.2

#### Driftsøkonomi

I processen skal der bruges en koagulant (PIX), og salt til regenerering af ionbytteren. Prisen for disse hjælpestoffer er:

- PIX: 12 L PIX pr. døgn ved behandling af 170 m<sup>3</sup>/h svarende til 6 øre pr. m<sup>3</sup>.  
~ 90.000 kr. pr. år

- Salt til regenerering af ionbytter til fjernelse af barium: ca. 0,6 kg pr. m<sup>3</sup> behandlet vand svarende til 90 øre pr. m<sup>3</sup>. Dvs. 893 ton salt pr. år og en pris på ~ 1.340.000 kr./år.

I alt 1.430.000 kr. pr. år + strømforbrug og service og vedligehold.

### 3.7.3

#### Anlægsudgifter til transport til og fordeling i De Indre Søer

Det anbefales at benytte det eksisterende rørsystem i Lygte Å og Ladegårds Å, som har rigelig kapacitet til at føre 170 m<sup>3</sup>/t fra Lersøparken til De Indre Søer. Dvs. der er ikke anlægsudgifter forbundet med transporten af vand fra Lersøparken til De Indre Søer.

For at skabe den bedst mulige fortynding, anbefales det at grundvandet fordeles med hhv. 80 m<sup>3</sup>/t i Peblinge Sø, 60 m<sup>3</sup>/t i Sortedams Sø og 30 m<sup>3</sup>/t i Sortedams Sø nord. En sådan fordeling af vand i de tre søer kræver rørføring fra Ladegårds Å indløbet i Peblinge Sø til de to nordlige søer. Dette vil kræve at der lægges ledninger fra indløbet i Peblinge Sø og op til Sortedams Sø syd og Sortedams Sø nord.

Der er udarbejdet et prisoverslag over, hvad det vil koste at etablere et renseanlæg i Lersøparken og lægge ledninger ud i De Indre Søer, som kan fordele vandet. Ligesom for Actiflo anlægget er der lagt 25 % oven i overslaget, fordi at der stadig er usikkerheder i forbindelse med etableringen.

**Tabel 17** Overslag over etablering af renseanlæg til grundvand i Lersøparken, og ledninger ud i De Indre Søer.

| Anlæg                              | Beløb i kr. ekskl. Moms |
|------------------------------------|-------------------------|
| Rydning og reetablering af arealer | 6,0 mio.                |
| Ledninger                          | 5,0 mio.                |
| Underjordisk bygværk               | 16,5 mio.               |
| Maskine og procesanlæg             | 4,5 mio.                |
| El                                 | 2,0 mio.                |
| Uforudsete (25 %)                  | 8,5 mio.                |
| <b>Total</b>                       | <b>42,5 mio.</b>        |

### 3.8

#### Opsummering vedrørende grundvandstilledning

1. Der er tilstrækkelige grundvandsmængder i Lersøparken.
2. Grundvandet skal renses for jern, fosfor og barium måske også for kobolt, dvs. der skal etableres et anlæg til at rense grundvandet.
3. Der er muligvis risiko for mobilisering af forurening til grundvandsindvindingen.
4. Der skal etableres en testboring på det konkrete indvindingssted for at konkretisere rensebehov og for at verificere grundvandsmængderne

Analyser af hydraulik og vandkvalitet nedstrøms Lersøparken:

1. Der er hydraulisk kapacitet i Lygte Å og Ladegårds Å, til at grundvandet kan transporteres til De Indre Søer

2. Den hydrauliske kapacitet nedstrøms Sortedams Sø nord svarer til den foreslåede grundvandtilførsel på  $170 \text{ m}^3/\text{t}$ . Hvilket giver en vandstand til dagligt lige under kritisk kote i Indre Kastelsgrav. Dette er ikke ønskeligt da der også strømmer vand til systemet fra Emdrup Sø og lokalt til Østre Anlæg og Kastelsgravene
3. I situationer efter der er tilledt skybrudsvand, og vandstanden i Peblinge Sø og Sortedams Søerne ønskes sænket, så kan der ikke tilledes grundvand til søerne, da vandstanden så ikke sænkes. Det betyder at der i en periode vil videreføres samme vandkvalitet fra De Indre Søer, som den tilladte regn har resulteret i. At gøre dette er muligvis ikke i overensstemmelse med Indsatsbekendtgørelsen §10 Stk. 1..

Den hydrauliske og vandkvalitetsmæssige situation efter der er tilledt regn til Peblinge Sø og Sortedams søerne kan forbedres ved at øge den hydrauliske kapacitet fra Indre Kastelsgrav til havnen. Forøges den hydrauliske kapacitet nedstrøms fra Indre Kastelsgrav til havnen til  $504 \text{ m}^3/\text{t}$ , så kan vandstanden i Peblinge Sø og Sortedams søerne sænkes, når det ønskes, efter der er tilledt regn, samtidig med at der tilledes grundvand. Effekten på vandkvaliteten nedstrøms Sortedams Sø nord vil være at det tager 11 dage længere at komme fra en koncentration på  $0,067 \text{ mg P/l}$  til  $0,040 \text{ mg P/l}$  ved tilførsel af grundvand end ved brug af renseanlæg, Dvs. fra startkoncentrationen for fosfor i De Indre Søer efter en 100 års hændelse til basistilstanden på  $0,040 \text{ mg P/l}$ .

Et renseanlæg til at rense grundvandet til de ønskede koncentrationer vil i givet fald skulle placeres i Lersøparken, med en anlægssum på ca. 42,5 mio. kr<sup>7</sup>, se Tabel 17. og driftsomkostninger på ca. 1,4 mio. kr./år ved kontinuert drift. Under driften vil der genereres skyllevand, som skal sendes til kloak.

---

<sup>7</sup> Inkl. 25% usikkerhed på estimatet

#### 4. Referencer

Københavns Kommune, 2020. *Kritiske koter og acceptkriterier for Masterplan De indre Søer.*

Krüger, 2021, *Masterplan for De Indre Søer.*

Krüger, 2020, *Merbelastning af Ladegårds Å fra Rantzausgade*

Københavns Kommune, 2017, *Vurdering af regnvandskapacitet i udvalgte søer i København – Kritiske koter og kravkurver samt vandkvalitetskrav*

Københavns Kommune, 2012, *Københavns Kommunes Skybrudsplan.*

Rambøll, 2017. *Hydrografer til de indre søer.*

Spildevandskomiteen, 2017. *Regional regnrække - version 4.1.*

WSP, 2021a. *"Klimatilpasningsprojekt i Lersøparken - UNDERSØGELSE AF GRUNDEVANDSFORHOLD VED LERSØPARKEN FEBRUAR 2021"*

WSP, 2021b. *'Skybrudsudledning til De Indre Søer i København – Effekter for Vandkvaliteten.*