

Enghaveparken

Desk-research i forbindelse med isskøjtebane på multibane

Udarbejdet for:

KØBENHAVNS KOMMUNE
Områdefornyelsen Centrale Vesterbro
Byens Fysik
Lyrskovgade 4, 2
Postboks 339
1758 København V

Indholdsfortegnelse:

1.	Generel orientering	Side	3
2.	Baggrund	Side	4
3.	Generelt om kunstisbaner	Side	5
4.	Energiforbrug for en standard kunstisbane	Side	8
5.	Alternativ 1 – Naturis	Side	8
6.	Alternativ 2 - Udnyttelse af overskudsvarme til opvarming af bygninger	Side	8
7.	Alternativ 3 - Udnyttelse af overskudsvarmen til gadevarme	Side	10
8.	Anlægsudgifter	Side	11
9.	Konklusion og anbefaling	Side	11

1. Generel orientering

Desk-researchen er baseret på følgende grundlag:

- Tilbudsgrundlag dateret 20/8-2015 på undersøgelse af bæredygtige løsninger for en skøjtebane i Enghaveparken, modtaget i mail 18/9-2015
- Relevante tegninger over terrænændring og multibanen, modtaget i mail 18/9-2015
- Rådgivers møde med bygherre på stedet 21/9-2015
- Rådgivers tilbud dateret 5/11-2015
- Underskrevet rådgiveraftale dateret 18/11-2015

Ønsket desk-research

Borgere på Vesterbro har foreslået to mulige løsninger til en is-skøjtebane på et kommende hockeyareal i Enghaveparken:

- En løsning der leverer overskudsvarme som supplement til opvarmningen i omkringliggende bygninger som skole, kulturhus eller til opvarmning i Vesterbro svømmehal, som eksempelvis ved etablering af skøjtebanen ved Skive Rådhus.
- En løsning med nedfrysning ved hjælp af jordkøling

Dernæst skal vi komme med 1-2 mulige alternativer, ud fra samme kriterier.

For hver løsning ønskes kommentarer til:

1. Erfaringen med etablering af den enkelte løsning samt etableringspris.
2. Driftsmæssige erfaringer med den enkelte løsning samt driftsomkostninger.
3. Påvirkningen på omgivelserne – hvor langt ned/ud fryser banerne.
4. Vurdering af løsningens samlede miljøpåvirkning inden for materialevalg, energiforbrug og drift.
5. Vurdering af hvor realiserbar løsningen er med projektet for fornyelsen af Enghaveparken

Leveret desk-research indeholdt i rådgiveraftalen

Vurderes for hver af de foreslåede løsninger og 1-2 alternativer:

- Etableringsomkostninger, og tekniske forslag til køleanlæg, opbygning m.m.
- Energiforbrug og hvor meget overskudsvarme som kan produceres
- Vurdering af mulighed for genanvendelse af overskudsvarme
- Vurdering af tekniske foranstaltninger, for at undgå permafrostproblemer og sætninger

Svar på pkt. 4 og 5 er således ikke indeholdt i rådgiveraftalen.

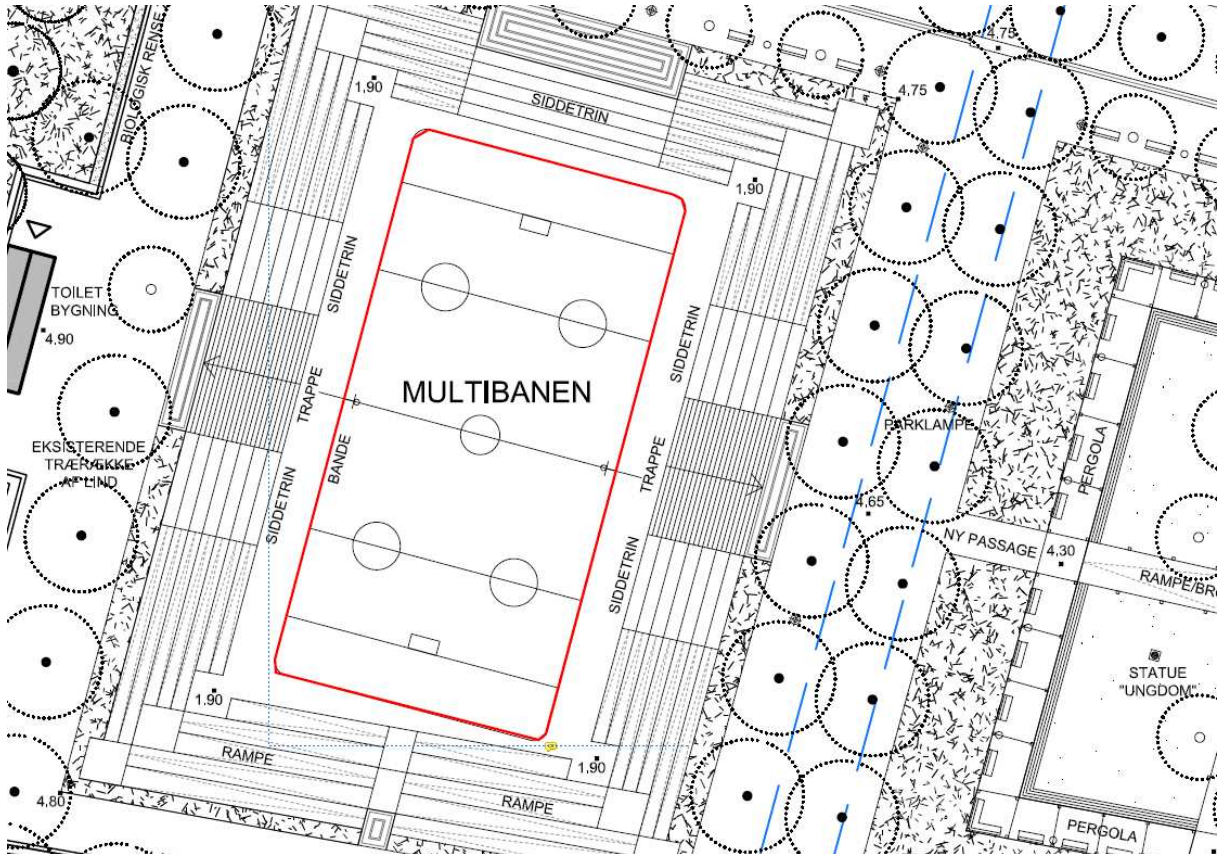
Vedr. vurdering af tekniske løsninger, er dette efter aftale ikke en del af nærværende desk-research, men er omfattet af projekteringen af fornyelsesprojektet i Enghaveparken (varetages af COWI m.fl.)

Fremfor en nedgravet løsning, hvor det er vanskeligt og kostbart, at udføre isbanen under grundvandspejlet, anbefaler COWI i stedet, at placere is-skøjtebanen på sceneforpladsen (foran musiktribunen).



2. Baggrund

Notatet omfatter en vurdering af en skøjtebane i Enghaveparken.



Figur 1 Areal som ønskes islagt. Areal indenfor rød markering er 800 m².

Følgende løsninger er vurderet:

1. Naturis
2. Kunstis med varmepumpe for varmegenvinding
3. Kunstis med genbrug af overskudsvarme til opvarmning af adgangsveje
4. Kunstis med genbrug af overskudsvarme til opvarmning af bygninger

Der er bedt om en vurdering af brug af jordkøling til fjernelse af overskudsvarme. Vi forstår dette som brug af grundvand til at køle kondensatorerne.

Der findes systemer, hvor grundvandets stabile og lave temperatur, med fordel kan anvendes som medie, der indgår i kølesystemer. Fordelen med denne løsning er, at CO₂-udledning er minimalt (kun elforbrug til pumper). Løsningen er meget bekostelig. Endvidere skal der indhentes særlige miljøtilladelser, da grundvandets kvalitet ikke må forringes.

Det vurderes i dette tilfælde ikke realistisk, pga. formålet, at der vil kunne opnås tilladelse hertil, endvidere vil omkostningen hertil, forventeligt være betragtelig. Erfaringsgrundlaget for denne type anlæg og til dette aktuelle formål, er meget begrænset og slet ikke i Danmark, og derfor ikke undersøgt nøjere i nærværende desk-research.

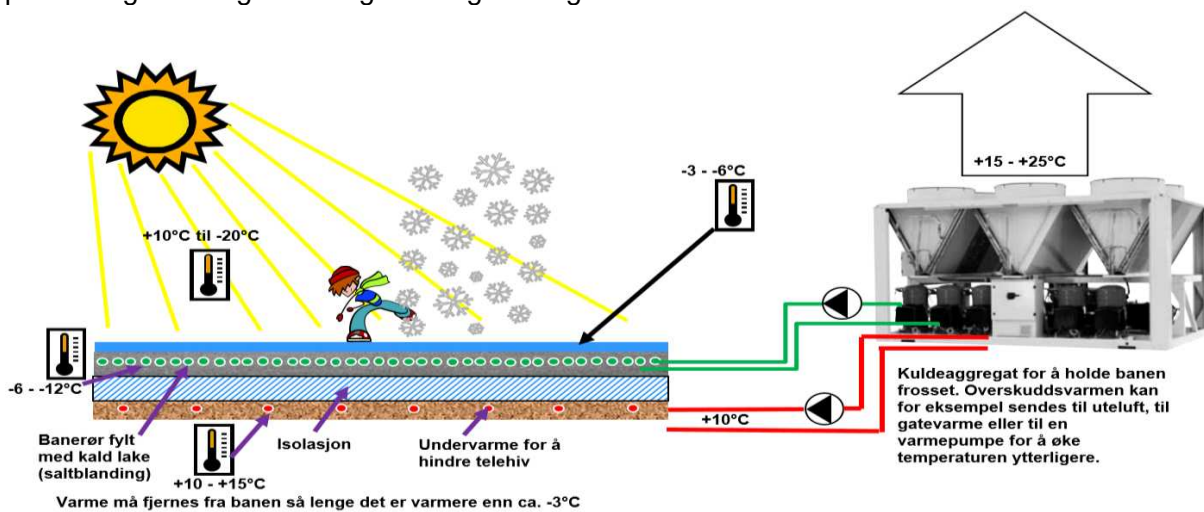
Alternativt kan der udlægges jordslanger i dybde hvor jordens temperatur er stabil, men kræver et meget stort areal, for at få den tilstrækkelige kølekapacitet. Det vurderes, at det nødvendige areal, omfanget af jordkøleslanger, og de efterfølgende retableringsarbejder, vil væ-

re betragtelige og ikke stå mål med besparelsen. Dette er ikke vurderet nærmere i nærværende desk-research, men kan naturligvis undersøges nærmere.

3. Generelt om kunstisbaner

En udendørs isflade kan holdes frosset under varierende udeklima ved at cirkulere en kold væske (-6 til -13°C) i rørsløjfer nedlagt i banelægningen. Et køleanlæg holder væskekredsen kold under de forhold anlægget er dimensioneret for. Alle køleanlæg producerer overskudsvarme, og jo højere temperatur denne overskudsvarme genereres ved, jo mere elektrisk energi må tilføres for at holde kompressoren i drift.

Udendørs kunstisbaner er en termisk udfordring. Ønsket er at holde perfekt is under nær sagt alle klimaforhold til et minimum energiforbrug. Sol, vind, udetemperatur og regn er ydre påvirkninger som giver et øget energiforbrug.



Figur 2 Principskitse for køleanlæg til kunstisbane

Endvidere skal banelægningen opbygges så det effektivt overfører varmen fra overfladen til brinen i kølerørene. Fra brinen fjernes varmen via et køleanlæg. Denne varme kan udnyttes, hvis den hæves til et højere temperaturniveau, alternativt ledes den blot som overskudsvarme til det fri. Betydelige energimængder kan genvindes på et rigtigt konstrueret anlæg.

En kunstisbane på 800 m² har banerør med en samlet længde på nær 10 km! Dette er nødvendig for at holde is under de variable vejrforhold der kommer i løbet af en vinter. Brinen (ofte kalsiumkloridsalt eller glykol) cirkulerer i banerørene med en temperatur på ca. -10°C. Men temperaturen er afhængig af opbygningen af banelægningen. Stor lagtykkelse med isolerende lag fører til at brinetemperaturen må sænkes, noget som både medfører øgede investeringer til et større køleanlæg og højere driftsomkostninger.

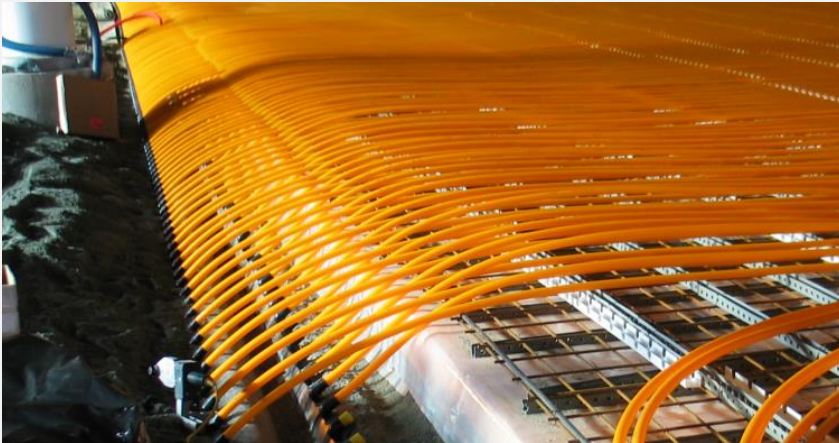


Med et isolerende lag og undervarme er der ikke fare for at det bliver frost i jorden. Det er derimod vigtigt, at opbygningen over isoleringen har tilstrækkelig tyngde til at hindre at banen flyder op ved oversvømmelse. Tykkelsen på isoleringslaget må også tilpasses opbygningen. Varme til undervarmeanlægget kan forsynes fra kuldeanlægget (kondensatorvarme) via en glykolkreds. Med isolering og undervarmen vil frosten ikke sprede sig nedad i jorden. Udenfor isfladen vil der heller ikke være problemer med frost.

Generelt gælder det om at have mindst mulig opbygning over banerørene for at spare energi og investeringomkostninger. Opbygningen må tilpasses ønsket banelægning. Dernæst må man vurdere om det skal være en vandgennemtrængelig banelægning eller ikke. Hvis det ikke er en vandgennemtrængelig banelægning, bør der være fald på banen, men så lille som mulig.



Ved multibanen etableres ny bandebane dimensioneret til udendørs rullehockey. Bane etableres med en certificeret belægning Durflex 100 sp Professional til brug for internationale stævner og er certificeret af FIRS (Fédération Internationale de Roller Sports) og CERS (Confédération Européenne de Roller-Skating) anlagt på en åben asfaltbelægning. Belægningen kan anvendes til overrisling, og kan fryses til brug for vinterskøjtebane.»

Banerørene kan lægges i forskellige materialer:

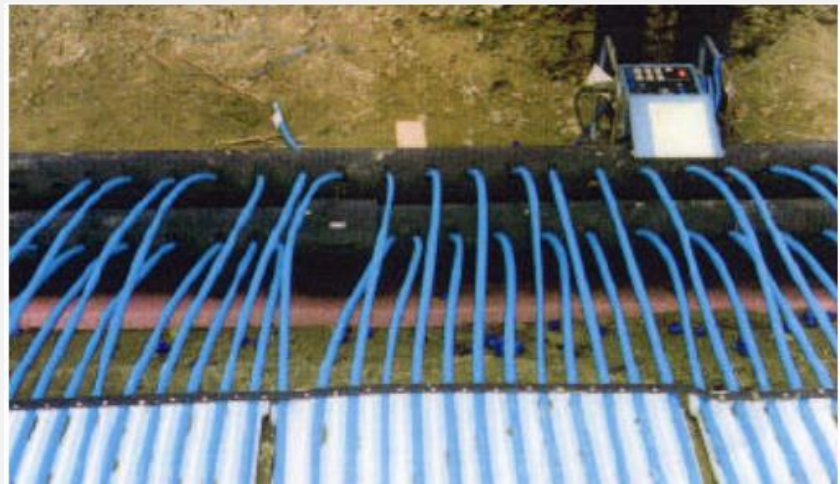
Beton	
Sand (med afstandsholdere)	
Sporet drænsasfalt	



Sporet gummipad (ved brug af kunstgræsbelægning, (ikke aktuelt i dette tilfælde)



Sporet isolering (XPS)



Tabel 1 Forskellige typer banerør/belægningsopbygning

Det anbefales at lægge banerørene i et sporet asfaltlag med en banebelægning af 3 cm asfalt før der lægges Durflex 100 sp Professional på toppen.

Uanset valg af løsning med mekanisk nedfrysning, må anlægget bestå af følgende:

- Banerørsystem
- Kompressor med brinecirkulation
- Kondensator for fjernelse af overskudsvarme

Overskudsvarmen (20-30°C) fra kondensatoren kan enten:

- udledes til udeluft,
- udledes til grundvand
- udnyttes til gadevarme
- eller genvindes i en varmepumpe for opvarmning af bygninger

Hvis overskudsvarmen skal udledes til udeluft, må der benyttes udeluftkondensatorer. Disse må stå i nærheden af kompressoraggregatet. Kondensatorventilatorerne vil generere støj.

Hvis overskudsvarmen skal udledes til grundvandet, må der bores brønde med et rørsystem der har kontakt til grundvandet. Dette er et kompliceret anlæg som vil have meget høje investeringsomkostninger og det kan være vanskeligt at holde i drift. Vi kan ikke anbefale en sådan løsning.

Alternativt kan varmen udledes til grundvandet via lukkede sløjfer (energibrønde). Dette vil også være en kostbar installation og kan ikke anbefales i dette tilfælde.

4. Energiforbrug for en standard kunstisbane

Forudsætninger:

- Islagt fra 15. november til 28. februar
- Normalklima København
- 800 m² isflade
- Luftkølt kondensator
- Standard kølemaskine

Dimensionerende frysekapacitet: ca 200 kW ved +10°C ude og -15°C i brinen.

Afgivet varme ved +25°C ca 250-270 kW

Frysebehov: ca 175.000 kWh

Elektricitetsbehov: ca 55.000 kWh

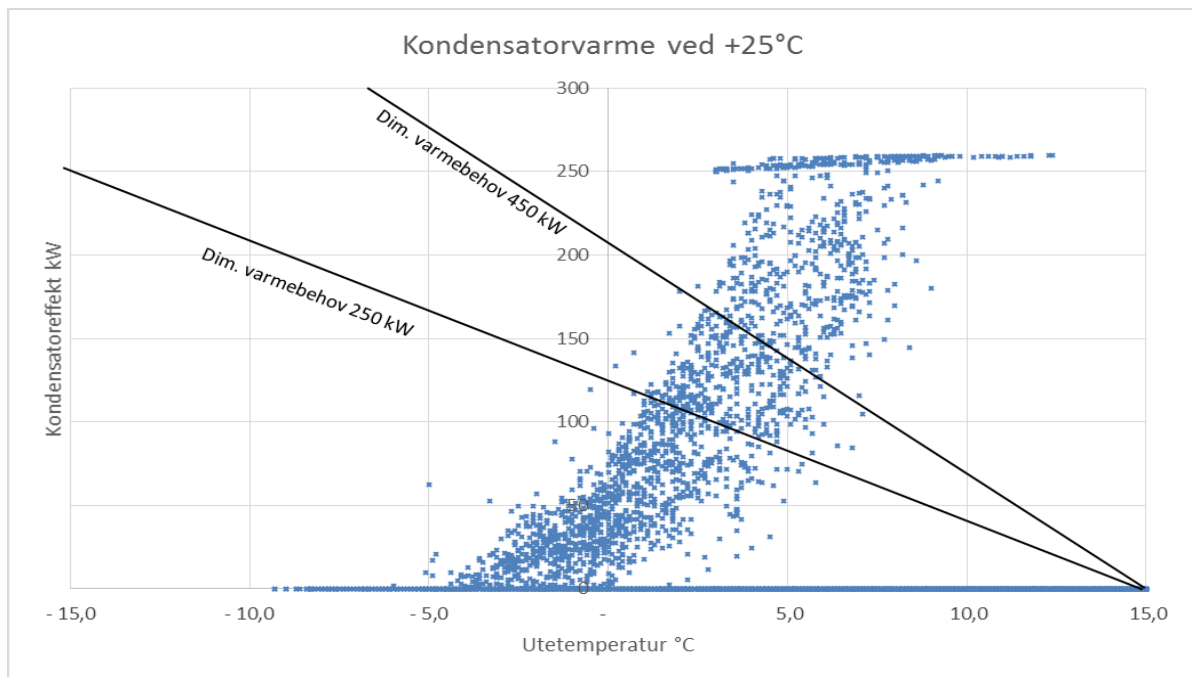
Tilgængelig overskudsvarme ved 25°C: 230.000 kWh

5. Alternativ 1 - Naturis

Naturis kan etableres på de fleste plane overflader, men er afhængig af minusgrader for at få etableret en isflade. De fleste vintre vil dette være umuligt, men fra tid til anden kan dette lade sig gennemføre. Det er nødvendig med et vandudtag for at lave naturis. Ud over dette er der ikke specielle tiltag som må gennemføres.

6. Alternativ 2 - Udnyttelse af overskudsvarme til opvarmning af bygninger

Hvis varmen skal udnyttes til opvarmingsformål fuldt ud, må der installeres en varmepumpe som hæver temperaturen på varmen til et niveau så den kan udnyttes i et varmeanlæg i nærheden (>50-60°C). I tillæg må der etableres et rørsystem til en varmecentral hvor varmebehovet er stort nok. Temperaturen må øges til mindst 65-70°C hvis den på en enkel måde skal kunne udnyttes til opvarmning (men dette kommer an på om der er installeret lavtemperatur varmeanlæg i bygningerne i nærheden).



Figur 3 Tilgængelig varme ved forskellige driftsforhold

Figur 3 viser hvor meget varme som er tilgængelig. Denne stiger ved stigende udetemperatur, men samtidig så falder også varmebehovet til opvarmning af bygninger. Hvis al varmen skulle udnyttes til opvarmning af bygninger, måtte varmesystemet som overskudsvarmen leveres til, have en dimensionerende varmeeffekt på mindst 1000-2000 kW. Hvis opvarmningsbehovet ikke er afhængig af udetemperaturen, vil en del af overskudsvarmen kunne udnyttes. Eksempelvis opvarmning af varmt forbrugsvand. Den varme som ikke kan udnyttes, må fjernes på andre måder, for eksempel med en udeluftkondensator hvor varmen fjernes med udeluft.

Det er vanskeligt at sige noget mere konkret om hvordan varmen skal kunne udnyttes til bygningsopvarmning uden at se nærmere på aktuelle bygninger som kan modtage varmen. Hvis der skal installeres en varmepumpe, vil denne også bruge strøm. Varmepumpen vil have en COP på ca 3,0-3,2, sådan at strømforbruget vil blive 75.000 kWh hvis al lavtemperaturvarmen skal genvindes. Leveret varme ved 70°C vil da være ca 300.000 kWh, men problemet er at det meste af denne varme er ved udetemperaturer over 0°C:

Udetemperatur °C	Tilgængelig kondensatorvarme ved ca 15-25 °C	
Mindre eller lig 0°C	7%	16 000 kWh
0 – 5°C	52 %	115 000 kWh
Mere end 5°C	41%	90 000 kWh

En udfordring er at varmeprisen i København er lav i forhold til strømprisen. Strømpris 1,6 – 1,7 DKK/kWh, mens fjernvarmeprisen er ca. 50-60 øre/kWh (ekskl. effektpris). Med en COP på ca 3,0-3,2 vil det ikke være lønsomt at genvinde varme fra isbanen. Hvis investeringerne til varmepumpe, rør, pumper, ledningsgrave, asfaltering og tilkobling til eksisterende varmeanlæg skal medtages, bliver det aldrig positiv payback på investeringen. Vi vil ikke anbefale det for dette anlæg.

Med henvisning til projektet i Skive, skal løsningen og de fordele der kunne udnyttes, ses ift. at det er et nybyggeri, hvor projektet indarbejdes fra start. I nærværende løsning er der langt

til bygninger, og hvilke bygninger kunne i givet fald være aktuelle? Såfremt overskudsvarmen skulle genbruges i en udvalgt bygning, vil installationens omfang, forsyningsrør, vekslercentral, føringsveje og indgriben i bygningsmæssige forhold, være betragtelige og medføre store udgifter.

For nærværende aktuelle sag er der konkret spurgt til

1. Genbrug af overskudsvarme i svømmehal ca. 450 m væk fra isbanen
2. Genbrug af overskudsvarme i skole ca. 200 m væk fra isbanen

Det er oplyst, at føringsvejen fra isbanen frem til hvert af forslagene, er i asfalteret vej.

Løsning:

Det er 250 kW tilgængelig overskudsvarme fra isbanen, når køleanlægget er i drift og ved 100% belastning. Det anbefales, at varmen udnyttes til ikke-utetemperaturafhængige formål.

En svømmehall er således et godt formål, hvor det er et stort varmebehov til varmt vand og bassinopvarmning.

En skole vil for det meste have udetemperaturafhængig varmekonsum. Det må derfor installeres en alternativ varmeudnyttelse, hvis varme kun skal leveres til skolen. Ellers vil overskudsvarmen blot stå til rådighed, men ikke blive aftaget.

Hvis køleanlægget placeres ved isbanen, skal der bruges præisolerede plastrør til at overføre varme til bygningene. Men det skal installeres en varmepumpe i den anden ende (skolen og/eller svømmehallen) for at øge temperaturen til et niveau som kan anvendes (>50°C, men dette afhænger af hvorledes varmeanlægget i bygningen er dimensioneret).

Det anbefales at lægge præisolerede plastrør Ø110x10 med 200 mm plastkappe, to rør (frem og retur). Dette gælder ved en overført effekt på 250 kW og en temperaturdifference mellem frem og retur på 10 K. Rørene bør lægges 70-80 cm's dybde.

Uanset løsning kræver det godkendelse fra stedlige vejmyndighed.

Økonomioverslag:

Lægning af rør inkl. retableringsarbejder ca. 4.000,-kr. /m excl. varmepumpe

Ad 1 – ca. 1,8 mill. kr. excl. moms

Ad 2 – ca. 0,8 mill. Kr. excl. moms

Omkostninger til varmepumpe, ca. 100.000,- kr, excl. moms

Omkostninger til alternativ varmeudnyttelse i skole, bygningsarbejder, konflikter med eksisterende installationer i vej er ikke indregnet.

7. Alternativ 3 - Udnyttelse af overskudsvarmen til gadevarme

I stedet for at genvinde varmen til opvarmingsformål, kan overskudsvarmen benyttes til gadevarme. Dette har to fordele, et areal på 5-600 m² kan holdes frostfrit (så længe der er drift på køleanlægget) og det er ikke nødvendig at bruge en støjende udeluftkondensator. Der må etableres en bygning hvor køleanlægget og cirkulationspumper placeres. Dette kan være på ca 15-20 m². Bygningen må placeres nær kunstisfladen. Alternativt kan det placeres i en kælder i en nærliggende bygning men så må der lægges isolerede rør frem til isbanen.

8. Anlægsudgifter for køleanlæg og isbane (excl. rullehockeybelægning)

Kuldeanlæg med brinepumper	Budgetomkostninger DKK excl. moms
Køleanlæg med brinepumper	730 000
Brinerør i isbane og til køleanlæg, inkl. brinefyldning	270 000
Undervarme i kunstisbane, rør og glykol	60 000
Sporet drænsasfalt	190 000
Isolering	94 000
Elektro-/automatikanlæg	190 000
Trafo tilslutningsbidrag	60 000
Teknikbygning 20 m ²	330 000
Sum kostnader ekskl. projektering, projektadm	1 924 000

For et isbaneareal på 800 m², svarer dette til en entreprenørudgift på ca. 2.400,- kr. excl. moms pr. m², og skal betragtes som en overslagspris, uanset karakteren af parkens fredning, og hvor og hvor stor en bane, der placeres i Enghaveparken.

I tillæg kommer omkostninger til et evt. gadevarmeanlæg, ca. 1.000,- kr./m²

I tillæg kommer omkostninger til genbrug af overskudsvarme i bygninger, se pkt. 6.

Årlig strømforbrug er beregnet til 55-75.000 kWh/år eller 70 – 130.000 DKK/år. Der må også påregnes omkostninger til service på anlægget (15-20.000 DKK/år) og vedligehold af isen (islægning, isvedligeholdelse, snefjernelse etc) En sådan løsning vil give en fin skøjteis uafhængig af vejrforhold.

9. Konklusion og anbefaling

Hvis der skal etableres isbane i Enghaveparken, anbefales det at bygge en kunstisbane.

Genanvendelse af overskudsvarmen til opvarmningsformål i bygning kan lade sig gøre, men vil med de anførte anlægsomkostninger, ikke være en rentabel investering.

Derimod bør banen etableres sådan at der bliver lavest mulig elektricitetsforbrug. Dette kan opnås ved at fjerne varmen ved en lav temperatur. Gadevarme kan være en god løsning på dette.

Alternativt kan overskudsvarme fjernes til udeluft, men så må der benyttes støjsvage ventilatorer og kondensatoren, der placeres sådan at den ikke generer folk.

Med venlig hilsen

Jens Wessberg