

## NOTAT

OPPDRAG	<b>Nytt Vestre Viken Sykehus</b>	DOKUMENTKODE	126870-RIV-NOT-003
EMNE	<b>Termisk energiforsyning- muligheter og alternativer</b>	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Vestre Viken HF</b>	OPPDRAGSLEDER	Lars Pettersvold
KONTAKTPERSON		SAKSBEH	Hanne Andreassen
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Cura ved Multiconsult AS

## SAMMENDRAG

Notatet har til hensikt å anbefale løsning for termisk energiforsyning ved NVVS.

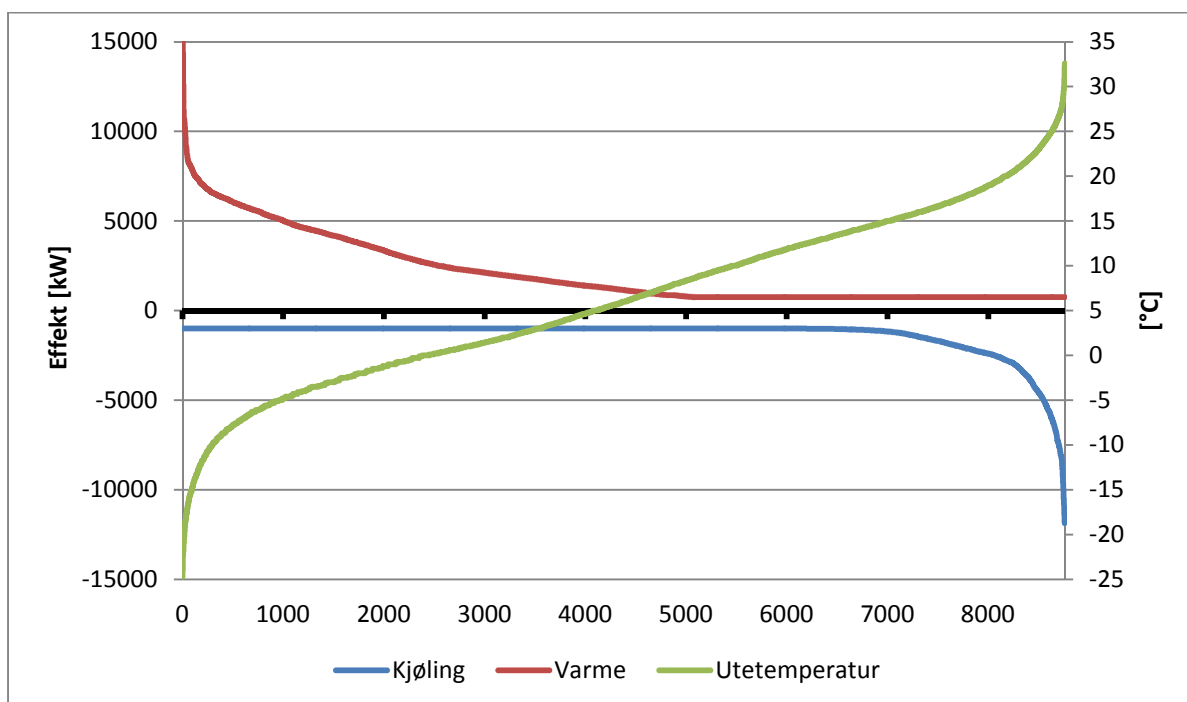
### 1 Innledning

I dette notatet skal det vurderes ulike alternativer for termisk energiforsyning for NVVS. Det er krav om at sykehuset skal oppfylle energiklasse A, som tilsvarer passivhuskrav. Dette kravet fordrer en energiforsyning med høy systemeffektfaktor. Ettersom sykehuset har et høyt kjølebehov, ses det på muligheter for å utnytte overskuddsvarme fra denne kjøleproduksjonen. Notatet munner ut i en anbefaling til energiforsyningsløsning.

### 2 Varme og kjølebehov- byggets forutsetninger

NVVS har et areal på ca 150 000m<sup>2</sup>, og foreløpig effektbehov til varme og kjøling er på drøyt 10 MW hver. På figur 1 vises en effektvarighetskurve som viser varme- og kjøleeffekt som funksjon av utetemperatur:

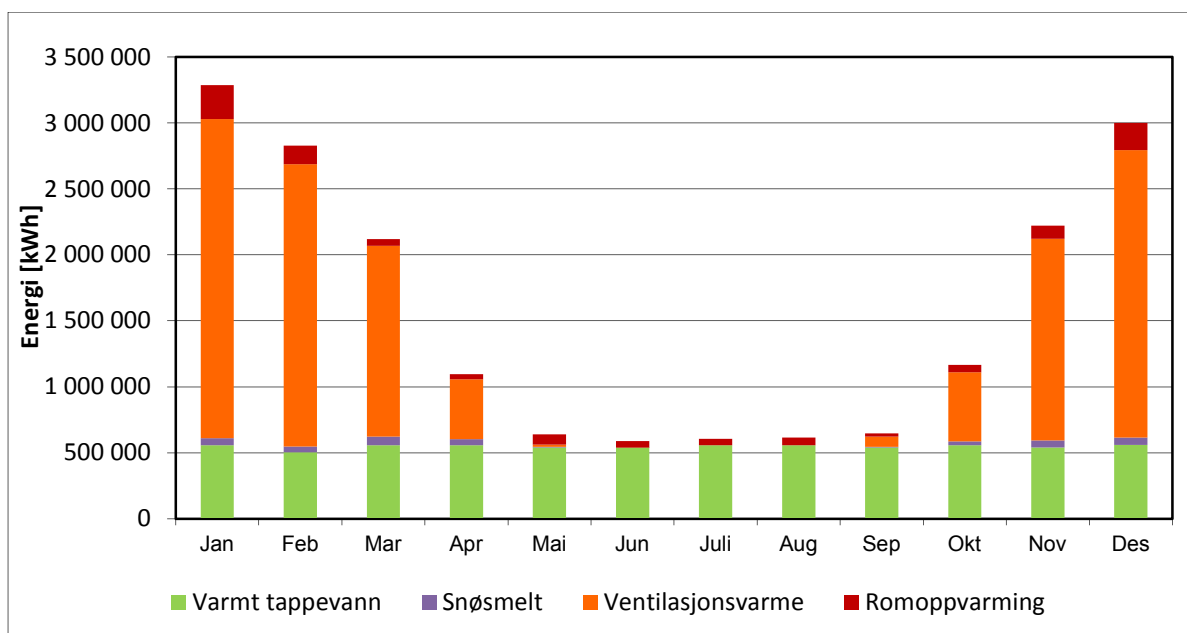
00	06.03.2015	Notat energiforsyning, muligheter og alternativer	HBA	JKB	GGB
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



Figur 1: Effektvarighetskurve for NVVS

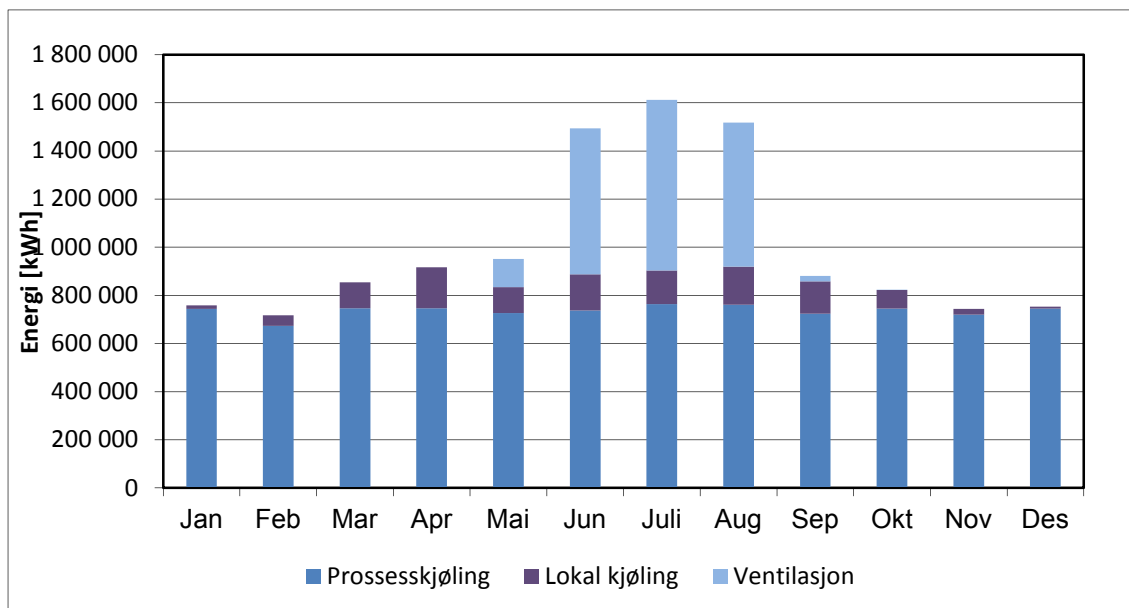
Som grafen viser vil være en del samtidig varme og kjølebehov, grunnet behovet for prosesskjøling, datarom etc. som er på ca. 1 MW hele året. En bør derfor søke å utforme anlegget slik at man kan gjenvinne overskuddsvarmen fra kjøleproduksjon til oppvarming av bygget.

Figur 2 viser energibehov til varme over året. Her ser vi at tappevann står for en betydelig del av varmebehovet. Energiforbruket til tappevann er basert på standardverdier i henhold til NS3031. Grunnet store ventilasjonsluftmengder får vi også et høyt energibehov til ventilasjonsvarme i vintermånedene. Ettersom det her er funksjoner med fare for overføring av forurensninger må det for behandlingsbyggene benyttes batterivekslere med relativt dårlig temperaturgjenningsgrad, slik at andelen ventilasjonsvarme øker ytterligere.



Figur 2: Månedsvise energibehov for varme

På figur 3 vises månedlig behov for kjøling fordelt på lokal kjøling (kjølebafler), ventilasjon, og prosesskjøling. Med prosesskjøling menes teknisk kjøling, datarom og medisinskteknisk utstyr.

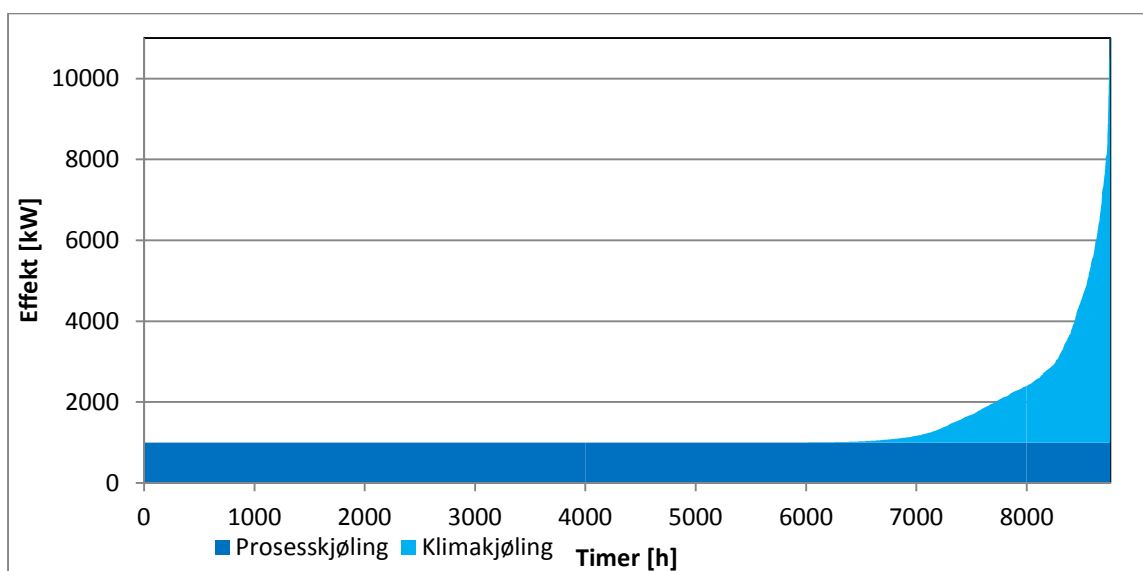


Figur 3: Månedsvise energibehov til kjøling.

Her vises tydelig at størstedelen av energibehovet til kjøling over året er til prosesskjøling.

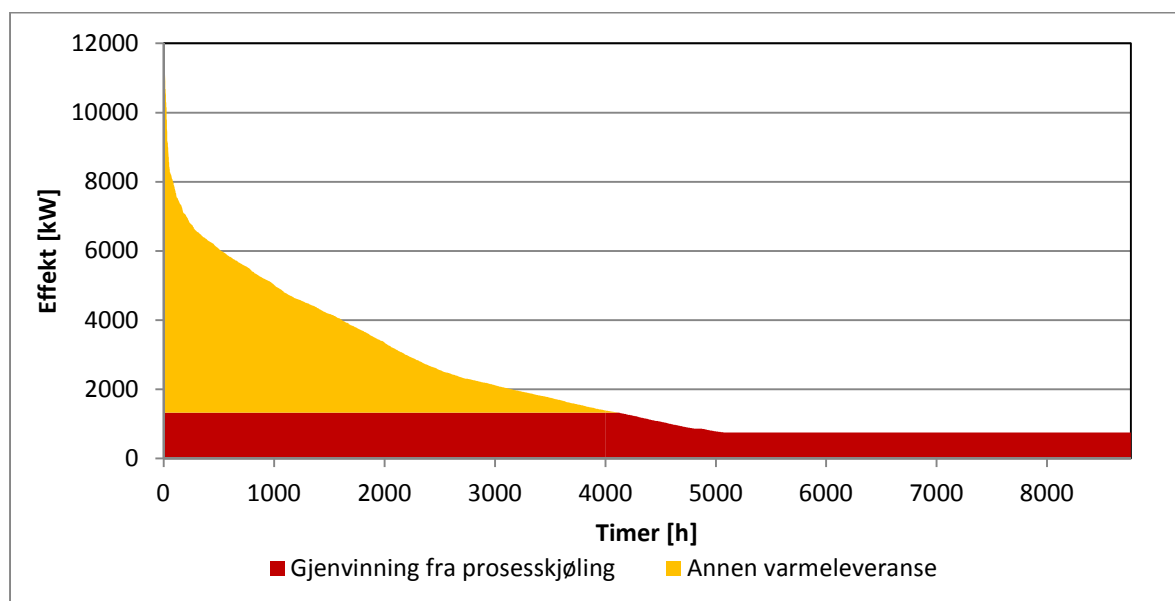
### 3 Energigjenvinning

Som nevnt har sykehuset et høyt kjølebehov for prosesskjøling samtidig med et jevnt behov for tappevann, og denne synergien bør utnyttes. Overskuddsvarmen fra kjøleproduksjon bør benyttes til å dekke varmebehov til tappevann. På figur 4 vises effektvarigheten for prosesskjøling og klimakjøling (ventilasjon og lokal kjøling).



Figur 4: Effektvarighet for prosesskjøling og klimakjøling

Dersom man bruker denne 1 MW kjøleeffekten for prosesskjøling som energikilde til en varmepumpe vil man få ca 1,3MW varme-effekt levert. Nedenfor er vist effektvarighet for varme hvor det røde feltet er energien som kan dekke ved gjenvinning fra prosesskjøling.



Figur 5: Effektvarighet for varme fra gjenvunnet prosesskjøling og annen varmeleveranse.

Dette viser at ved å benytte teknisk kjøling som energikilde for varmeproduksjon vil vi få dekket 49 % av energibehovet til varme, inkludert all tappevannsproduksjon. Merk at dette er forutsatt de foreløpige effekter og energibehov. Det bør her benyttes en CO<sub>2</sub> eller to-trinns ammoniakkvarmepumpe som kan ta hele temperaturløftet for tappevannet.

## 4 Alternativer for dekning av resterende energibehov

I henhold til grafene i figur 4 og 5 over må det benyttes andre energikilder for å dekke "klimakjøling" og "annen varmeleveranse", det lyseblå arealet for kjøle-effektvarighet og det gule arealet for varme-effektvarighet. Vi har her gjort en vurdering av fjernvarme, varmepumpe, bioenergi og naturgass. Felles for disse er at de leverer varme via et vannbasert distribusjonssystem.

### 4.1 Fjernvarme

Drammen Fjernvarme, DF, har en energisentral på Brakerøya rett ved tomten for NVVS som leverer høytemperatur varme. Sentralen leverer i utgangspunktet ikke kjøling, men det er muligheter for frikjøling fra fjorden. Fordelen med fjernvarme er at grensesnittet for ansvarsforhold blir enkelt, og det er som oftest god forsyningssikkerhet for varmeleveranse. Investeringskostnadene her vil bli relativt lave i og med at det er kort vei fra eksisterende infrastruktur for fjernvarme. Ulempen er at i henhold til Energiloven vil energikostnaden for fjernvarme følge strømprisen. Med dagens ordning gir det relativt dårlig uttelling i forhold til energimerke ettersom CO<sub>2</sub>-faktoren for produksjon av fjernvarme er satt relativt høyt.

### 4.2 Varmepumpe

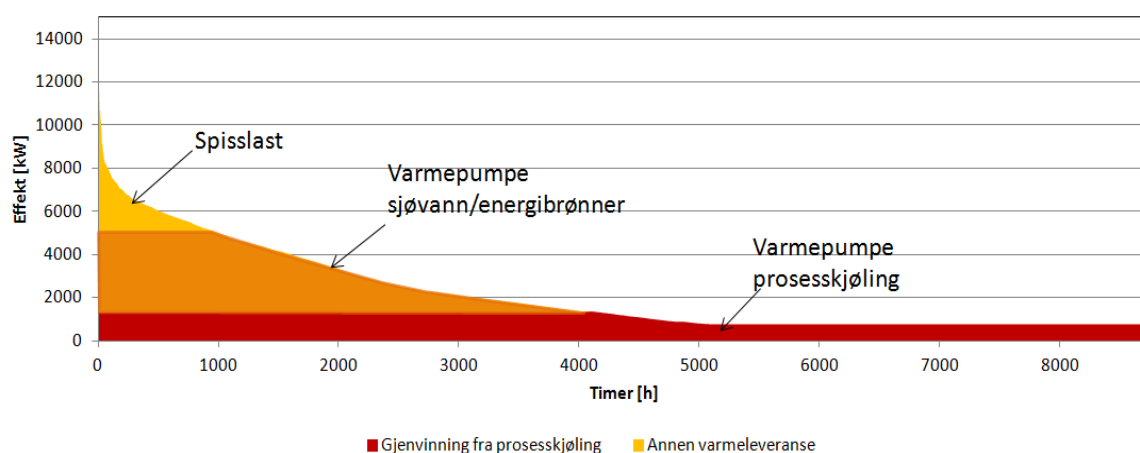
Det legges opp til lavtemperatur bygningsoppvarming. Det ligger dermed godt til rette for utnyttelse av lavtemperatur varmforsyning, som for eksempel varmepumpe. Denne kan hente energi fra ulike kilder, men de mest relevante i dette tilfellet er energibrønner i fjell eller sjøvann.

Varmepumpe basert på energibrønner henter opp varme fra rundt 200 meter dype brønner i grunnen via kollektorslanger. Med de effektene som gjelder for NVVS vil det kreves rundt 300 brønner. Det tilsvarer i størrelsesorden et arealbehov på 25 mål. Man er i tillegg avhengig av en

spisslast varmekilde for å dekke effektbehovet de kaldeste dagene. Investeringskostnadene for et slikt anlegg vil dermed bli betydelig.

Varmepumpe som henter varme fra fjorden er da et mer nærliggende alternativ. Her pumpes vann opp fra en dybde på 20-100 meter, slik at temperaturen er relativt stabil året igjennom. Dette gir også gode muligheter for frikjøling. I likhet med varmpumpe med energibrønner må man også her ha en spisslast energikilde for å dekke de største effekt-toppene.

En varmpumpeløsning vil bli integrert med varmpumpe for prosesskjøling. Totalt vil varmpumpene dekke 40-50 % av samlet effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur. På figur 6 vises andel av energibehov som kan dekkes av varmpumpe som henter energi fra energibrønner i fjell eller sjøvann.



Figur 6: Andel av varmebehov som dekkes av varmpumpe med sjøvann eller energibrønner som energikilde

### 4.3 Bio-energi

Bio-energi kan deles opp i fast og flytende, og leverer varme til et vannbårent system via en kjel. Fast biobrensel er oftest i form av pellets eller flis. Disse krever en del lagringsplass i form av silo. Det kreves også relativt hyppig tiltransport, avhengig av lagringsplassen. Av flytende bioenergi er det biogass og bio-olje og sol som kan være aktuelt. Normalt installeres dette som grunnlast, og det kreves en spisslast for å dekke minimum og maksimumslast.

### 4.4 Naturgass

Naturgass er et ikke-fornybart brensel. Per i dag er det ikke noe leveranse av LNG i området. Rent planleggings- og prosjekteringsmessig er det ikke noe forskjell om man velger biogass eller naturgass, så det føles mer riktig å velge biogass i forhold til prosjektets miljøprofil.

### 4.5 Termisk Solenergi

Solenergi for varmeproduksjon er i form av solfangere hvor vannet varmes opp når det passerer forbi en absorberende plate. Forventet energi fra solfangere er 300-500kWh. Disse er godt egnet for bygg med høyt varmtvannsforbruk, som vil være tilfelle på NVVS. De bør etableres tett på energisentralen, hvor akkumuleringstanker er plassert. Ettersom solenergi har størst effekt i sommerhalvåret når varmebehovet er lavest blir dette imidlertid kun et supplement til en annen energikilde. Dersom man velger å benytte energigjenvinning fra teknisk kjøling til tappevann vil det antakelig bli unødvendig med solfangere ettersom de dekker samme behov.

#### 4.6 Oppsummering av alternative energikilder

Det er noen løsninger som synes mest hensiktsmessige for NVVS i forhold til energieffektivitet og kostnadseffektivitet. Vår vurdering er at det uansett bør benyttes prosesskjøling som lavtemperatur energikilde for varmepumpe. Dette dekker 49 % av energibehovet til oppvarming.. For å dekke resten av energibehovet bør det vurderes enten fjernvarme eller varmepumper med sjøvann som energikilde. Disse har begge mulighet for å benytte frikjøling fra fjorden, og kan kombineres med den interne energigjenvinningen.

I notatene RIV-005 og RIV-006 vil vi beskrive konkret hvordan systemoppbygningen for energidistribusjon kan se ut, inkludert back-up for varme- og kjøleleveranse.

### 5 Alternativ 1: fjernvarme

Drammen Fjernvarme leverer tradisjonell fjernvarme med turtemperatur opp til 120 °C. Hovedenergisentralen ligger på Brakerøya, hvor sykehuset er planlagt. Denne har en kapasitet på 45 MW basert på sjøvannsvarmepumpe og kombikjeler for spisslast. DF har også en sentral på Sundland med biokjel på 17 MW i tillegg til at det er planlagt en ny mulig sentral på Tangen. Det er derfor i utgangspunktet god kapasitet på varmesiden i forhold til det effektbehovet som gjelder for NVVS. Det vil imidlertid være problematisk dersom sentralen på Brakerøya faller ut. Da vil det ikke være tilstrekkelig leveringssikkerhet. Det er ikke nødstrømsanlegg for drift av sentrale, så ved strømstans vil det dermed bli driftsstans i sentralen.

Det er verdt å merke seg at fjernvarmesentralen ligger på kote +2,25 m. NVE har satt flomgrensen i området til +2,5 meter. Ved en eventuell flom risikerer man dermed at sentralen står under vann og vil da med stor sannsynlighet få driftsstans. Dette er negativt med tanke på leveringssikkerheten for NVVS. Sykehuset er planlagt å ligge på kote +3 meter nettopp på grunn av flomgrensen.

### 6 Alternativ 2: Sjøvannsvarmepumpe med gasskjel som spisslast

En sjøvannsvarmepumpe henter varme fra 20-100 meters dybde. Denne brukes som energikilde til varmepumpen om vinteren. Tilsvarende kan varme dumpes i sjøen om sommeren ved kjøleproduksjon, slik at man eliminerer behovet for luftbasert kjøling som tørrkjølere etc.

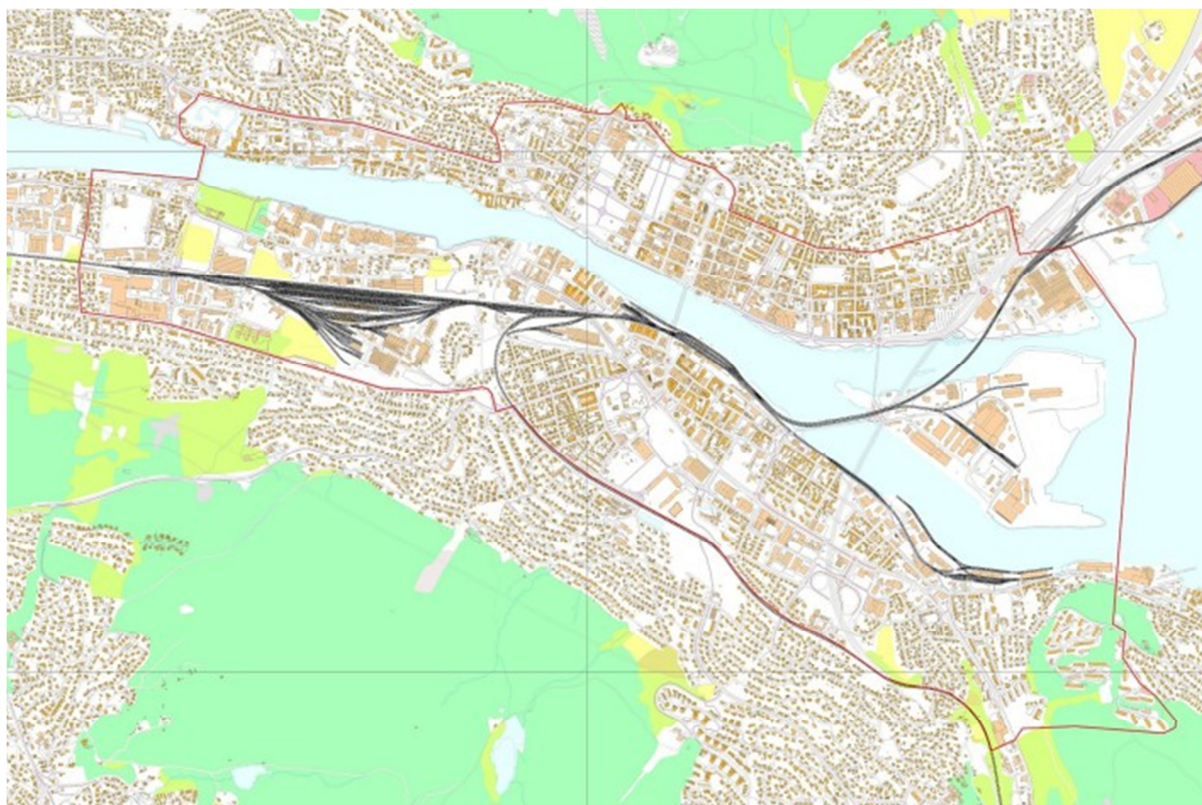
Ved å studere sjøvannstemperaturene i figur 6 ser man at det vil være gode muligheter for å dekke mye av komfort-kjølebehovet via frikjøling fra sjøvannet. Det må imidlertid søkes om utslippstillatelse for å slippe ut varme til sjøen.

Sjøvannsvarmepumpe vil ha en høy systemeffektfaktor både i varme og kjøle drift grunnet stabil sjøvannstemperatur over året. Som figur 6 viser, vil temperaturen være høyere om vinteren, når vi ønsker høy temperatur, og synke om sommeren når vi ønsker lav temperatur. Systemeffekt faktoren for en energisentral med sjøvannsvarmepumpe kan derfor ligge på rundt 2,7 for varmedrift, og vesentlig høyere i kjøle drift avhengig av andel frikjøling. Behovet for levert energi til bygget vil derfor bli lavere enn for fjernvarme ettersom det har en vesentlig bedre systemeffekt faktor. Dette er igjen positivt for energimerket.

Man må imidlertid ha en spisslast energikilde for å dekke de største effekt-toppene. Dette kan være i form av en gasskjel. Totalt vil investeringskostnadene bli høyere enn ved fjernvarme, men energikostnaden blir lavere.

## 6.1 Konesjon og tilknytningsplikt

NVVS er planlagt å ligge på Brakerøya, som er delvis dekket av konsesjonsområdet for Drammen Fjernvarme. Se figur 7 for orientering. De vurderer imidlertid å søke om utvidelse av konsesjonsområdet slik at det gjelder for hele den aktuelle tomten. NVVS har dermed tilknytningsplikt, men ikke bruksplikt for fjernvarme. For å omgå kravet om tilknytning må man, dersom man velger en annen energiforsyning enn fjernvarme, kunne dokumentere at denne er miljømessig bedre enn fjernvarme i det aktuelle tilfellet. Det er opp til kommunen å avgjøre dette spørsmålet. Man kan velge å benytte fjernvarme kun som spisslast uten videre dokumentasjon, men det vil da bli med egne spisslast-tariffer, som vil være en god del dyrere.



Figur 7: Konsesjonsområde til Drammen Fjernvarme for leveranse av varme er markert med rød strek

Ettersom det her er over 10 MW varme og må det søkes om konsesjon dersom energisentralen skal bygges og driftes av andre enn sykehuset selv. NVVS skal ligge i konsesjonsområdet for Drammen Fjernvarme, og da vil ikke NVE gi konsesjon for å drifte en egen energisentral dersom den er eid av eksterne aktører. Det er derfor viktig at dersom man går for en egen energisentral må sykehuset stå som kontraktuell eier og drifter av sentralen.

Kjøling har derimot ingen konsesjonsplikt.

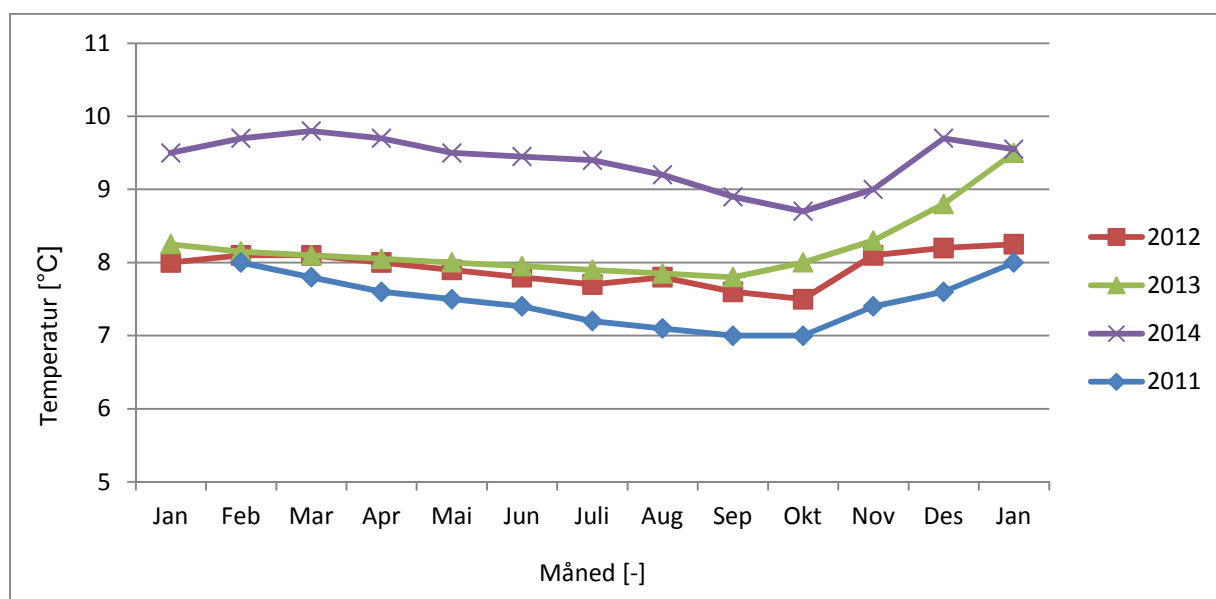
## 7 Kjøling

Prosesskjøling vil i hovedsak dekkes som lavtemperatur kilde til varmepumpe, som vist i kapittel 3. For komfortkjøling er det ulike alternativer for kjøle-leveranse. Disse er frikjøling via ved hjelp av sjøvann fra DF eller bygging av egen konvensjonell kjølesentral hvor varmen fjernes til sjø eller luft.

### 7.1 Frikjøling fra Drammen Fjernvarme

Drammen Fjernvarme leverer i utgangspunktet ikke frikjøling, men kan imidlertid levere frikjøling via sjøvann fra sentralen på Brakerøya. De har en sjøvannsvexler som pumper 750 l/s fra 35 m dyp,

som nå fungerer som energikilde for varmepumper. Dette kan benyttes som frikjøling for å dekke komfortkjølingsbehovet for sykehuset. På figur 6 vises en logg for sjøvannstemperaturen på 35 meters dyp, der Drammen Fjernvarme henter opp vann. Ettersom den kun er fra de siste fire år kan den ikke brukes som statistikk, men den antyder et temperaturnivå. Den viser at temperaturen i fjorden sommerstid ligger på et sted mellom 7 °C og 9,5 °C. Det vil si at vi bør sette 10 °C som dimensjonerende sjøvannstemperatur for frikjøling. Ved å benytte et høytemperatur kjølesystem for ventilasjons- og romkjøling (f.eks  $\Delta T$  12 °C -17 °C) vil frikjøling kunne dekke behovet for klimakjøling.



Figur 8: Temperaturlogg for sjøvann fra Drammen Fjernvarme

DF har per nå utslippstillatelse for vann på 4 °C, altså kun som energikilde til varmepumpe. Det er ikke søkt om tillatelse for å bruke fjordvann som frikjøling, ettersom dette ikke har vært aktuelt tidligere. Dette må det søkes om av fylkesmannen før man kan benytte frikjøling fra fjorden.

Det er ingen konsesjon for kjøling, noe som medfører privatrettslig avtale for leveranse (effekt/energipris) fra DF.

## 7.2 Konvensjonell kjølesentral

I en konvensjonell kjølesentral med kjølemaskiner kan kondensatorvarmen fjernes til:

- Sjø: Dette krever en sjøvannssentral og nødvendige godkjenninger blant annet fra fylkesmannen for utslipp av varmere vann.
- Uteluft i form av tørrkjølere. Dette vil kreve et stort areale med tørrkjølere på tak for å dekke det angitte kjølebehovet.
- Uteluft med kjøletårn. Dette er i OTP angitt som en ikke aktuell løsning

Varmepumpeløsning som beskrevet i kapittel 4 vil dekke hele kjølebehovet. Det er dog behov for spisslast og reservedekning på kjøling. Løsninger for spisslast kjøling vil for øvrig bli behandlet i notat RIV-005 og 006.



## Elektrisk solenergi

NVVS vil ha et høyt elektrisitetsbehov. Mye av strømproduksjonen kan dekkes av solcellepaneler som kan plasseres på tak og solvente fasader. Avhengig av plassering og vinkel kan man forvente rundt 150 kWh/m<sup>2</sup> for solceller. Med de store tak-arealer som det vil bli på NVVS kan det produseres betydelig mengde strøm via solceller. NVVS vil ha et såpass høyt elektrisitetsbehov internt i bygget slik at det vil ikke bli problemer med å måtte selge solenergien ut på nettet.

Solceller bør også være en del av energiløsningen for NVVS. Det foregår en utvikling i retning av fallende priser, og det er grunn til å tro at i løpet av de neste årene vil det komme løsninger som er mer kostnadseffektive enn i dag.

## 8 Teknisk rom - arealbehov

Uansett hvilke alternativer som velges for varme og kjøle-leveranse kreves det at det settes av et areal for formålet. Minimum behov for energisentralen er i størrelsesorden 800 m<sup>2</sup> avhengig av hvilken løsning som velges. I tillegg kommer eventuell nedgravd lagringstank for gass.

## 9 Oppsummering og konklusjon

Bygget har et jevnt behov for teknisk kjøling. Dette bør gjenvinnes via en varmepumpe for å dekke behov for tappevann. Videre er vår vurdering at fjernvarme og sjøvannsbaserte varmepumper vil være de beste alternativene for å dekke resterende termisk energibehov. I tillegg bør solceller installeres for bidra til å dekke behov for elektrisk energi.

Ettersom det er ønske om energimerke A i dette prosjektet bør en egen energisentral med sjøvannsvarmepumpe vurderes da denne vil gi lavest behov for levert energi. I forhold til investeringskostnader bør det imidlertid vurderes nytten av å bygge en egen energisentral med sjøvannsvarmepumpe rett ved siden av en fjernvarmesentral som også er basert på sjøvannsvarmepumpe.

Vi vil først anbefale at NVVS gjennomfører forhandlinger med Drammen Fjernvarme om en langsiktig energiavtale, og hvor alternative løsninger til fjernvarme danner grunnlaget for forhandlinger om energikostnad. Deretter kan de vurdere en egen energisentral som eventuelt kan driftes av Drammen Fjernvarme.

Dette notatet vil bli etterfulgt av teknisk notater RIV-005 og RIV-006 som tar for seg de prinsipielle løsninger for systemoppbygning inkludert back-up/reserve for disse løsningene. Her vil også størrelse og omfang av energisentral bli drøftet.