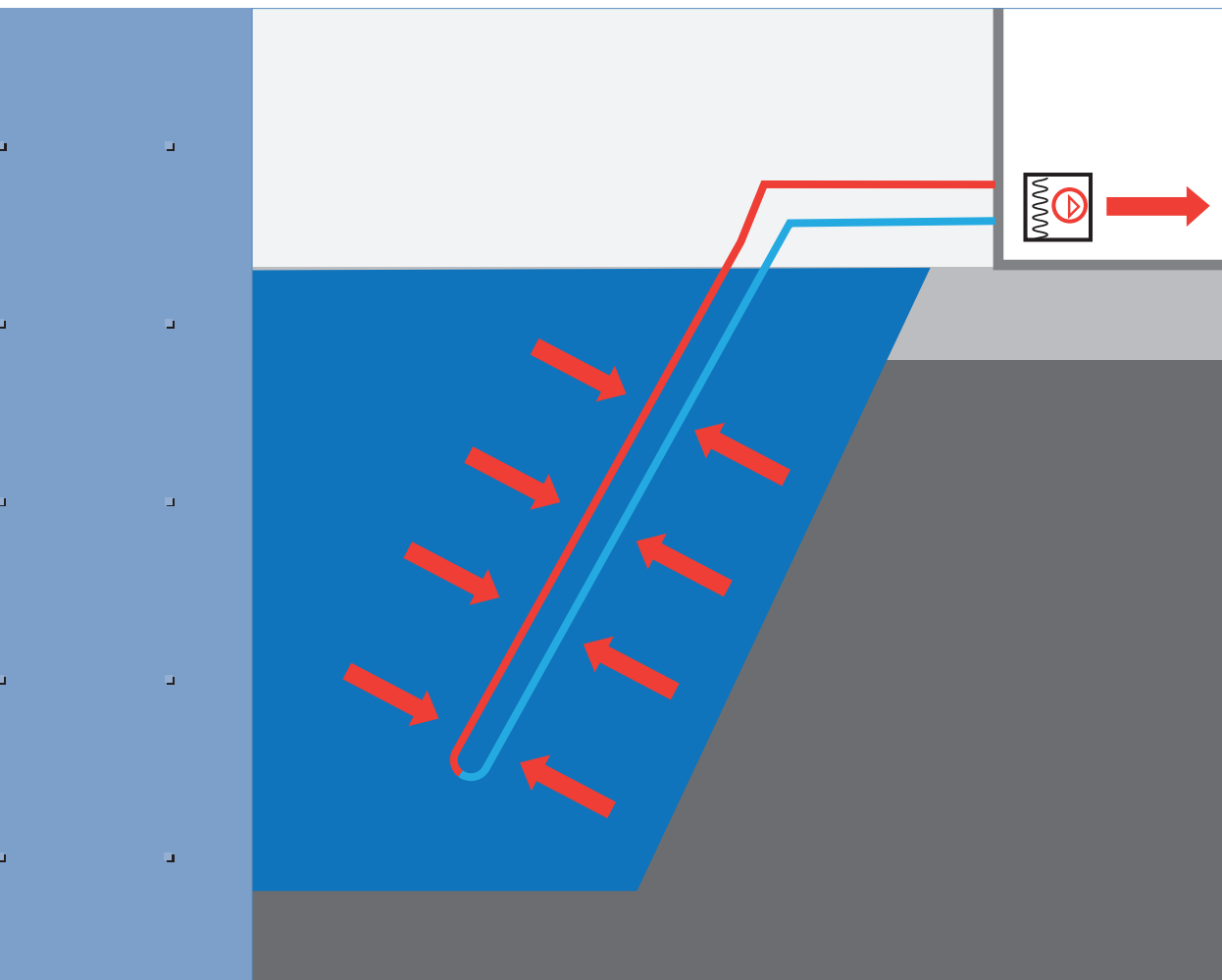


# Energi fra overflatevann i Norge – kartlegging av økonomisk potensial

*Helge Smebye, Kirsti Midttømme, Jørn Stene; NGI*

9  
2011



OPPDRAGSRAPPORT A



# Energi fra overflatevann i Norge – kartlegging av økonomisk potensial

Norges vassdrags- og energidirektorat

2011

## **Oppdragsrapport nr 9/2011**

# **Energi fra overflatevann i Norge - kartlegging av økonomisk potensial**

**Oppdragsgiver:** NVE

**Redaktør:**

**Forfatter:** Helge Smebye (prosjektleder), Kirsti Midttømme, Jørn Stene;  
NGI

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Opplag:** 30

**Forsidefoto:**

**ISSN:** 1503-0318

**Sammendrag:**

**Emneord:**

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 0 95 75  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

September 2011

# Forord

På oppdrag for NVE har NGI i samarbeid med COWI AS gjennomført en kartlegging av potensialet for å utnytte overflatevann til oppvarmingsformål ved hjelp av varmpumper. Helge Smebye har vært prosjektleder for NGI. Øvrige prosjektdeltakere har vært Kirsti Midttømme og Jørn Stene.

NVEs kontaktperson for oppdraget har vært Knut Hofstad. Arbeidet ble utført i perioden januar – juni 2011.

Bakgrunnen for oppdraget er NVEs arbeid med å kartlegge landets fornybare energiresurser. Regjeringen har fastsatt et samlet mål om 30 TWh økt fornybar energiproduksjon og energieffektivisering i 2016 i forhold til 2001. Ved siden av vannkraft, vindkraft og bioenergi kan økt bruk av varmpumper bidra til å nå dette målet. NVE har tidligere fått gjennomført en undersøkelse av potensialet for uttak av grunnvarme til oppvarmingsformål i Norge. Resultatet er presentert i NVEs Oppdragsrapport nr. 5/2011. Rapportene vil sammen gi et godt grunnlag til å bedømme hvilken rolle varmpumper kan spille i fremtidens energiforsyning.

Undersøkelsen viser at potensialet for å bruke overflatevann (sjøvann, innsjøvann og elvevann) til oppvarmingsformål er betydelig. Av rapporten fremgår det imidlertid at dette energipotensialet i stor grad overlapper grunnvarmepotensialet. Tilleggs-potensialet som energi fra overflatevann utgjør er følgelig forholdsvis beskjedent. Hvorvidt det blir aktuelt å etablere en energiforsyning basert på grunnvarme eller energi fra overflatevann blir dermed et spørsmål om hensiktsmessighet og økonomi.

I praksis vil mulighetene for å bruke varmpumpe begrenses av allerede etablerte oppvarmingsløsninger som ikke uten videre kan erstattes av andre energiformer. Kostnadmessige forhold spiller også en viktig rolle. Rapporten gir ikke svar på hvor stor del av energien fra overflatevann som vi i fremtiden kan forvente å ta ut.

Det er viktig at nye bygg utformes slik at de kan nyttiggjøre seg fremtidens energiformer. Her spiller kostnadmessige forhold og tilgang på energiresurser en viktig rolle. Strategiske valg må gjøres nå og innenfor bygningssektoren kan dette få konsekvenser for oppvarmingsløsninger i 50 - 100 år framover. Det er derfor viktig at strategiske valg i størst mulig grad er basert på kunnskap om tilgjengelige energiresurser og vi håper foreliggende rapport er et viktig bidrag til dette kunnskapsgrunnlaget.

**Oslo, oktober 2011**



Marit Lundteigen Fossdal  
avdelingsdirektør



Håvard Hamnberg  
fung. seksjonssjef

## Sammendrag

NVE har ansvaret for å kartlegge det fornybare energipotensialet i Norge. NGI i samarbeid med COWI AS har på oppdrag for NVE beregnet energipotensialet for overflatevann (sjøvann, innsjøvann, ellevann) ved utnyttelse av varmepumper. Kartleggingen er basert på GIS-analyser med Matrikkelen som grunnlag.

Det totale potensialet for overflatevann er beregnet til 15,6 TWh. Det er 29 % av landets antatte årlige energibehov til oppvarming og kjøling. Potensialet for energiuttak fra sjøvann er 13,2 TWh/år (85 %), mens energiuttaket fra innsjøer er beregnet til 2,9 TWh/år (15 %). Potensialet for bruk av overflatevann til oppvarming er 14,0 TWh/år (90 %) og til kjøling 1,6 TWh/år (10 %).

Bruk av varmepumper ved utnyttelse av overflatevann er best egnet for større bygninger dvs. næringsbygg (51 %) og industribygg (44 %). For eneboliger og mindre bygninger er potensialet for utnyttelse av overflatevann langt mindre (8 %).

Ved å etablere fjernvarmesystemer tilknyttet sjøvannsbaserte varmepumpeanlegg vil det totale potensialet øke til 20,8 TWh. Varmepumper som utnytter overflatevann kan da dekke 39 % av landets oppvarmings- og kjølebehov.

## **Innhold**

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Utnyttelse av overflatevann med varmepumper</b>	<b>6</b>
2.1	Innledning	6
2.2	Termisk energi fra overflatevann	6
2.3	Klassifisering av varmeopptakssystemer for varmepumper	10
2.4	Status for Norge	16
2.5	Eksempler på status i andre land	24
<b>3</b>	<b>Metodikk og forutsetninger</b>	<b>25</b>
3.1	Forutsetninger og forenklinger	26
3.2	Varmekilder	27
3.3	Oppvarmings- og kjølebehov	28
3.4	Kostnader	31
3.5	GIS-analyse	40
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>41</b>
4.1	Totalt termisk energibehov	41
4.2	Potensialet for utnyttelse av overflatevann	43
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>51</b>
5.1	Potensialet for overflatevann	51
5.2	Begrensninger og usikkerheter ved metoden	52
<b>6</b>	<b>Suksesskriterier for bruk av varmepumper med utnyttelse av overflatevann</b>	<b>58</b>
6.1	Innledning	58
6.2	Kunnskap, informasjon og veiledning	58
6.3	Kvalitetssikring – total kvalitet	60
<b>7</b>	<b>Konklusjon og anbefalinger</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>Referanser og litteratur</b>	<b>64</b>
<b>Vedlegg</b>		
Vedlegg 1	Spesifisering av byggtypen – kjølebehov	68
Vedlegg 2	Eksempelkart	73
Vedlegg 3	Informasjon om varmepumper	86
Vedlegg 4	Potensialdata for kommunene	96

## 1 Innledning

NVE har ansvaret for å kartlegge det fornybare energipotensialet i Norge. Tidligere er de nyttbare energiressursene med utgangspunkt i vannkraft, vindkraft og bioenergi kartlagt. Asplan Viak AS har på oppdrag fra NVE nylig avsluttet arbeidet med å kartlegge potensialet for bruk av geotermisk energi (grunnvarme) som varmekilde til oppvarmingsformål ved hjelp av varmepumper. For å kompletttere bildet ønsker NVE å kartlegge potensialet for bruk av overflatevann (sjøvann, innsjøvann, elver) ved bruk av varmepumper. Det har vært samarbeidet og utvekslet erfaringer med Asplan Viak slik at dette potensialstudiet er sammenlignbart med det for grunnvarme.

Potensialstudiet har blitt utført av NGI i samarbeid med COWI AS. Studiet er basert på GIS-analyser<sup>1</sup> med utgangspunkt i Matrikkelen<sup>2</sup>. Analysene bygger på eksisterende data og informasjon om energibruk og kostnader samt erfaring fra etablerte prosjekter med utnyttelse av overflatevann med varmepumper til oppvarming og kjøling av bygninger.

## 2 Utnyttelse av overflatevann med varmepumper

### 2.1 Innledning

Termisk energi magasinert i innsjøer, elver, fjorder og hav kan utnyttes ved bruk av varmepumper til oppvarming og kjøling av bygninger. Vann har gode egenskaper som varmekilde pga. høy varmekapasitet samt at temperaturnivået normalt er høyere enn lufttemperaturen i fyringssesongen.

En stor andel av den norske byggemassen ligger i nærheten til sjø, innsjø eller elv med tilnærmet ubegrenset tilgang til vann. Hvis forholdene ligger til rette kan bruk av varmepumper ved utnyttelse av overflatevann være et hensiktsmessig og lønnsomt alternativ for varme- og kjøleleveranse i bygninger, nærvarmenett og fjernvarme-/fjernkjølenett. Prisen per kWh levert varme og kjøling for et varmepumpesystem basert på overflatevann er avhengig av mange faktorer, først og fremst geografiske, hydrologiske, geologiske, bygningstekniske og energimessige.

### 2.2 Termisk energi fra overflatevann

#### 2.2.1 Sjøvann – temperaturforhold

Norges kystlinje inkl. alle fjorder og vik er ca. 55.000 km lang. Norges 15 største byer samt mange tettsteder og annen bebyggelse ligger langs kysten med mulighet for å utnytte sjøvannet som varmekilde i varmepumper installert i boliger, større bygninger og fjernvarmenett. Sjøvann kan også i mange tilfeller utnyttes til direkte kjøling (frikjøling) i bl.a. større bygninger og fjernkjølenett. Golfstrømmen sørger for at sjøvannstemperaturen langs Norskekysten er relativt høy hele året. Sjøvannets temperatur langs kysten varierer med geografisk beligge-

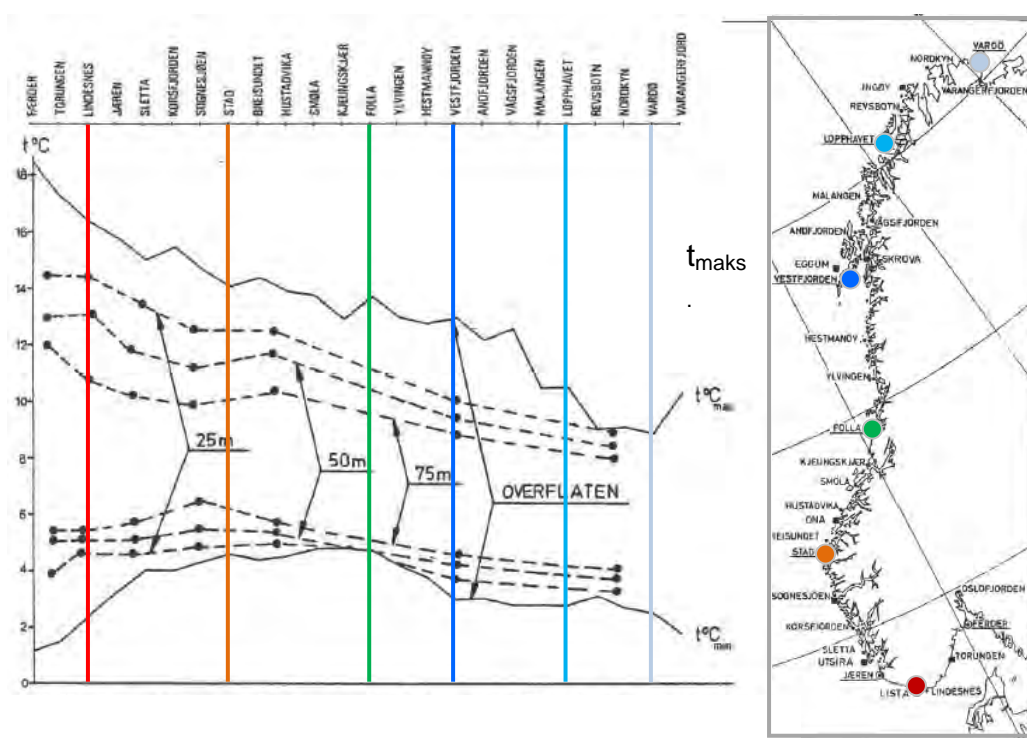
---

<sup>1</sup> GIS-analyse – analyser der ett geografisk objekts plassering er brukt for å finne sammenhengen til andre geografiske objekter, f.eks. matrikkelpunkt.

<sup>2</sup> Matrikkelen – Norges offisielle eiendomsregister, [www.statkart.no/nor/Matrikkel/](http://www.statkart.no/nor/Matrikkel/)



enhet, årstid og dybde. Når dybden øker utjevnes årssvingningene, minimumstemperaturen øker og tidsforsinkelsen mellom luftens og vannets temperatur øker. Figur 1 viser gjennomsnittlig maksimum og minimum sjøvannstemperatur i overflaten og ved 25, 50 og 75 meters dyp for noen steder langs norskekysten (Steen et al., 1981). På 25 meters dyp langs norskekysten varierer minimums- og maksimumstemperaturen mellom henholdsvis 3–5 °C og 9–15 °C. Tidsforsinkelsen mellom uteluftens og sjøvannets temperatur varierer fra 1 til 2 måneder. Saltinnholdet i sjøvann er forøvrig 30-35 ‰, med tilhørende frysepunkt på ca. -2 °C.



Figur 1 Gjennomsnittlig maksimum og minimum sjøvannstemperatur i overflaten og på 25, 50 og 75 m dyp for noen steder langs norskekysten (Steen et al., 1981).

I fjorder vil det kunne være betydelige avvik fra temperaturforholdene i kystfarvannene. Generelt sett vil temperaturen nær overflaten være høyere, mens temperaturen på større dyp vil avhenge av en rekke forhold bl.a. avstand fra kysten, tilstedeværelse av trange sund eller terskler, breddegrad, tidevannsforskjeller samt omfang av ferskvannstilrenning som påvirker lagdelingen i fjorden. Hver fjord må derfor betraktes særskilt. Et felles trekk for norske fjorder er at de er relativt dype, og mange fjorder er såkalte terskelfjorder. I terskelfjorder er temperaturen på dypvannet innenfor terskelen relativt konstant over året.

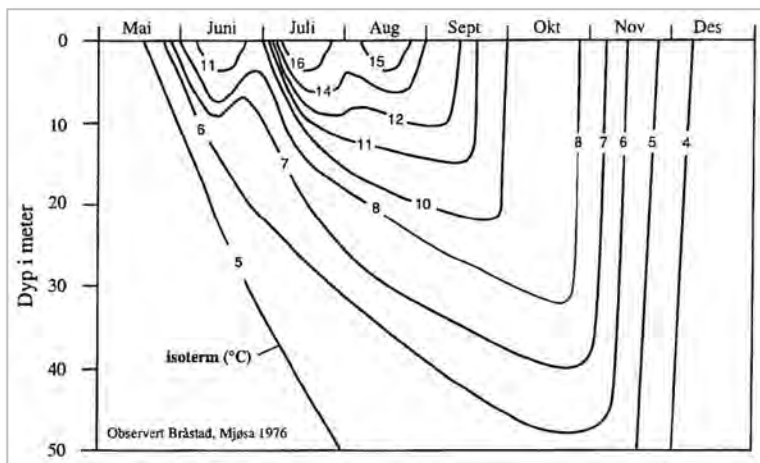
Ettersom det av ulike årsaker er betydelige lokale variasjoner i sjøvannstemperaturen i åpne kystfarvann og i fjorder, bør det alltid gjennomføres *temperaturmålinger* på aktuelle dyp over ett år eller mer ved planlegging av større sjøvannsbaserte varmpumpeanlegg for oppvarming og eventuelt kjøling.

De mest gunstige temperaturforholdene for sjøvannsbaserte varmepumper for kombinert oppvarming og kjøling er når sjøvannet holder en relativt høy temperatur vinterstid når det er dominerende varmebehov, samt at temperaturnivået er lavt nok til at direkte varmeveksling mot sjøvann (frikjøling, fornybar kjøling) kan dekke store deler av kjølebehovet i bygningen/fjernkjølenettet om våren, sommeren og høsten. Andelen frikjøling som kan leveres fra et slikt anlegg er også i stor grad knyttet til temperaturkravet i kjølesystemet eller fjernkjølenettet. Jo høyere temperaturnivå, desto større andel av årlig kjølebehov kan dekket med frikjøling.

## 2.2.2 Innsjøer – temperaturforhold

Norge har 250 innsjøer med mer enn 7 kvadratkilometer areal, og midlere dybde varierer fra noen titalls meter opp til mer enn 500 meter (NVE, 2011). Vann i innsjøer er en aktuell varmekilde for varmepumper, og kan også i en del tilfeller benyttes til frikjøling. Sammenlignet med sjøvann er frysepunktet ca. 2 °C høyere og temperaturen vinterstid kan bli betydelig lavere slik mulig varmeuttak før frysing av samme oppumpede vannmengde er vesentlig mindre. Videre kan vanntemperaturen sommerstid i innsjøer bli så høy at vannet ikke kan benyttes til frikjøling.

Ettersom ferskvann er tyngst ved 4 °C foregår det en omfattende blanding av overflatevann og bunnvann i innsjøer om våren og høsten. Figur 2 viser, som et eksempel, vanntemperaturer ved Bråstad, Mjøsa for 1976. Figuren illustrerer typiske trekk ved temperaturutviklingen for ulike dyp i en innsjø. Vinterstid er vanntemperaturen nærmest konstant ned til 40-50 m (Steen og Rye, 1985).



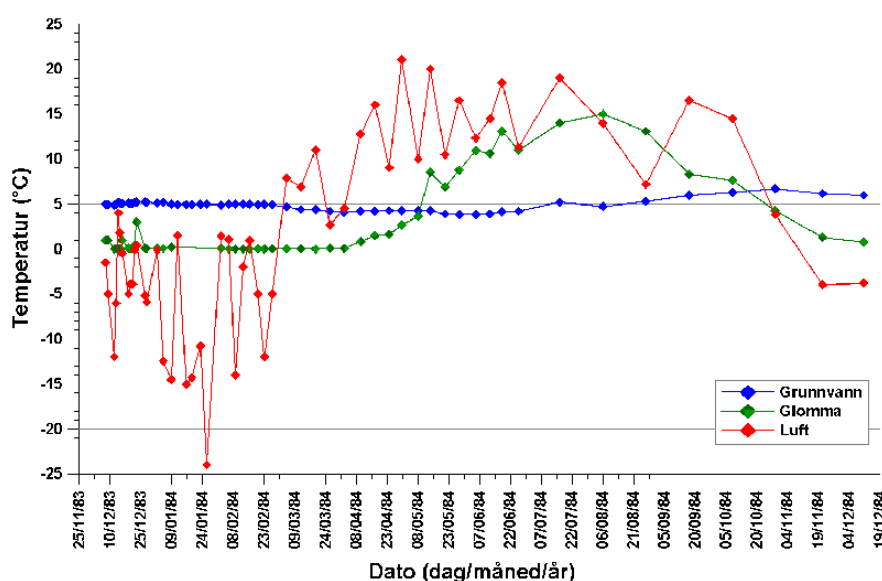
Figur 2 Observerte vanntemperaturer ved Bråstad, Mjøsa (Steen og Rye, 1985)

I vinterhalvåret vil vanntemperaturen være sterkt påvirket av om innsjøen er islagt eller ikke ettersom isen virker isolerende og bidrar til å holde vanntemperaturen omkring 3-4 °C vinteren igjennom. Det finnes imidlertid en del innsjøer hvor det foregår en betydelig avkjøling av vannmassene før isleggingen finner sted, og temperaturen vil da være relativt konstant ned til store dyp, typisk 50-100 meter. I en del tilfeller vil minimumstemperaturen vinterstid komme helt ned mot 1-2 °C.

Som for sjøvann vil temperaturforholdene i innsjøer variere mye med de lokale forhold, slik at det alltid bør gjennomføres *temperaturmålinger* før en vurderer installasjon av større varmepumpeanlegg.

### 2.2.3 Elver – temperaturforhold

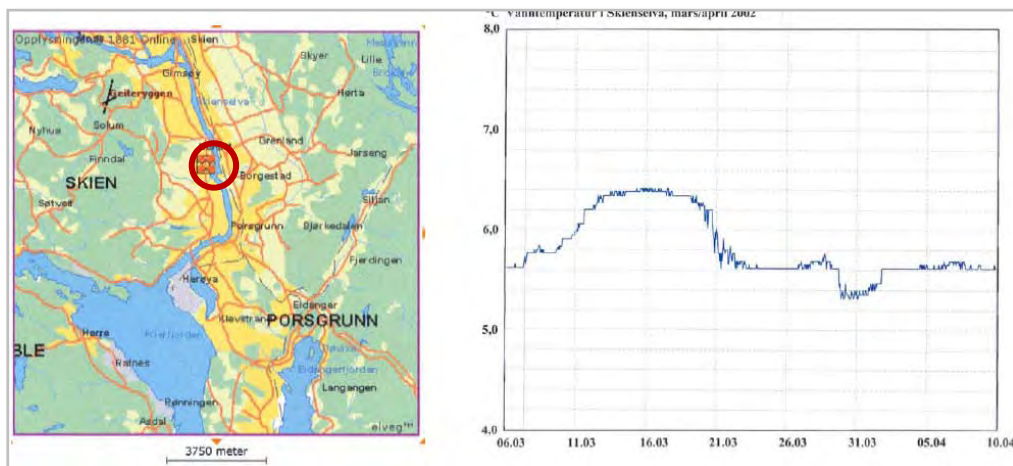
Temperaturen i grunne elver vil vinterstid være nær frysepunktet, og mulig varmeuttak før frysing er meget beskjedent. Figur 3 viser et eksempel på temperaturvariasjoner for bl.a. ellevann (Glomma) ved Elverum vannverk (Kalskin og Hilmo, 1999).



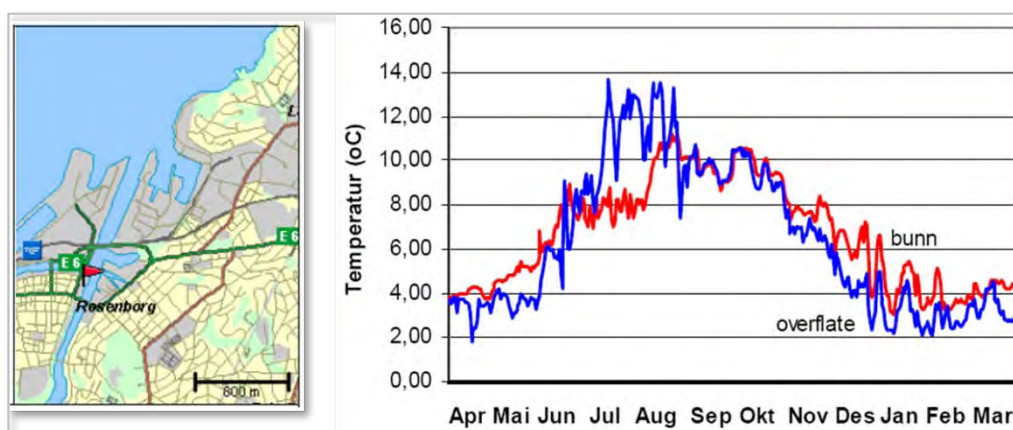
Figur 3 Temperaturvariasjoner for uteluft, grunnvann og ellevann (Glomma) ved Elverum vannverk 1983-84 (Kalskin og Hilmo, 1999).

I dypere elver kan temperaturnivået være godt over frysepunktet. Figur 4 viser et eksempel på målinger på bunnen av Skienselva i mars/april 2002 hvor vann-temperaturen varierer mellom 5,5-6,5 °C (COWI, 2011).

Ved utløp til fjord eller hav fra dypere elver vil ellevann/brakkvann kunne være en gunstig varmekilde for varmepumper på grunn av relativt høyt temperaturnivå. Figur 5 viser temperaturmålinger i utløpet av Nidelva i Trondheim gjennom et år. Nær bunnen (sjøvann) er målt minimumstemperatur om vinteren er ca. 3 °C, mens maksimumstemperaturen sommerstid er ca. 11 °C (COWI, 2011).



Figur 4 Temperaturvariasjoner i Skienselva mars/april 2002 (COWI, 2011)



Figur 5 Eksempel på temperaturvariasjoner ved utløpet av Nidelva på 0,5 m dybde (overflate) og 6 m dybde (COWI, 2011)

Elver er ikke inkludert i denne potensialstudien da de i de fleste tilfeller er uegnet som varmekilde på grunn av for lav temperatur i fyringssesongen, samt at det er stor risiko for mekanisk skade på varmeopptakssystemet (kollektorslanger osv.) pga. tidvis sterk strøm, ismasser, erosjon osv. Framtidig utnyttelsespotensial for ellevann er vurdert som marginalt i forhold til sjøvann og innsjøvann.

## 2.3 Klassifisering av varmeopptakssystemer for varmepumper

### 2.3.1 Innledning

Varmepumper kan utnytte overflatevann, dvs. sjøvann, innsjøvann og ellevann, til oppvarming og kjøling av bygninger samt i fjernvarme-/fjernkjølenett. I Vedlegg 3 er det gitt en generell innføring i varmepumpens prinsipp, oppbygging og virkemåte. Det er også gitt en beskrivelse av ulike systemløsninger for varmepumpesystemets varmeopptakssystem.

Utforming og dermed investerings-/installasjonskostnader for varmeopptakssystemer for sjøvann er først og fremst avhengig av:

- Type bygning/anvendelse med oppvarmings-/kjølebehov (effekt/energi)
- Vanntemperatur ved oppvarmingsbehov (høst/vinter/vår) og ved kjølebehov (vår/sommer/høst) med minimums- og maksimumsnivå
- Avstand og høydeforskjell mellom varmesentral og midlere vann-nivå
- Bunnens topografi samt avstand ut til ønsket dybde for vanninntak for varmepumper som utnytter oppumpet vann

Ved prosjektering og drift av varmepumpesystemer som utnytter sjøvann eller innsjøvann som varmekilde og til frikjøling, er det svært viktig at alle deler av varmeopptakssystemet som er i kontakt med vann beskyttes mot begroing, frostfare, korrosjon og mekanisk overbelastning for å forhindre driftsproblemer samt opprettholde ytelse og effektfaktor for varmepumpen i hele anleggets levetid.

### **2.3.2 Oppumpet vann – direkte løsning**

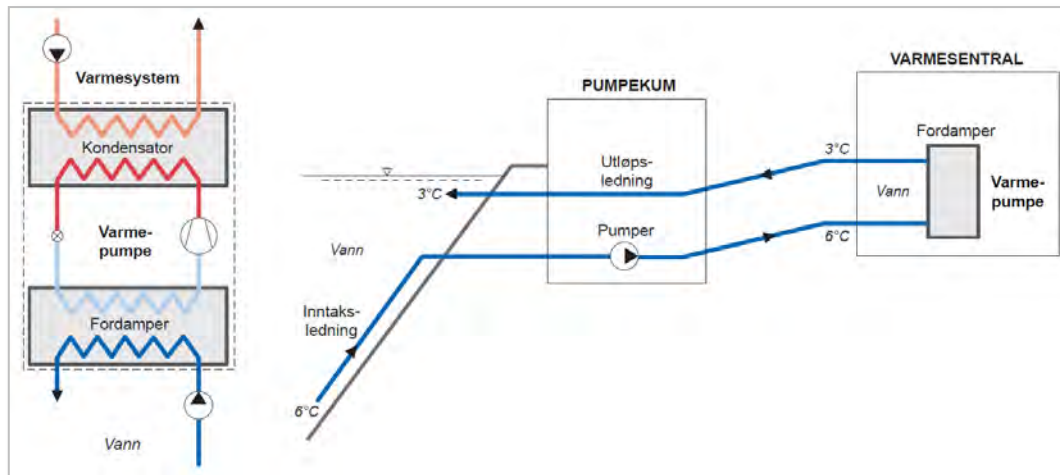
I et varmeopptakssystem for oppumpet vann fra innsjøer og hav med *direkte* løsning pumpes vann opp fra 20-60 meters dyp via en inntaks-/sugeledning til en tørroppstilt pumpe i en pumpekum eller i teknisk rom og videre til varmepumpens fordamp(er) i teknisk rom. Ved dimensjonerende forhold avkjøles sjøvannet typisk 2-4 °C i fordamp(er), og vannet returneres til sjøen via en utløpsledning. Figur 6 viser en prinsipiell skisse av et varmeopptakssystem for oppumpet sjøvann eller innsjøvann med direkte systemløsning.

#### Grunnleggende egenskaper – anvendelsesområder

- Vanntemperaturen bør normalt ikke være lavere enn 2-3 °C for sjøvann og 4-5 °C for innsjøvann. Typisk 2-4 °C avkjøling av vannet i varmepumpens fordamp(er).
- Egner seg ikke i grunne farvann med lang avstand til ønsket dyp. Normal inntaksdyp er 20-60 meter for å minimalisere begroing i inntaksledning, varmevekslere osv. og for å oppnå ønsket temperatur
- Benyttes normalt i mellomstore og store varmepumpeanlegg inkl. anlegg for varme- og kjøleleveranse til større bygninger og fjernvarme/fjernkjølenett
- Fordrer relativt liten høydeforskjell mellom varmesentral og vannflaten for å holde pumpearbeidet på et moderat nivå
- Det benyttes skreddersydde varmepumpeaggregater hvor fordamp(er)en utformes for å unngå beleggdannelse, gjentetting, utfrysing og korrosjon. Fordamp(er)en utføres i titan (sjøvann) eller høylegert stål, og er av type platevarmeveksler, rørkjelvarmeveksler eller overrislingsvarmeveksler.



- Systemløsningen medvirker til høyere årsvarmefaktor (energisparing) for varmepumpesystemet og mulighet for å dekke en større andel av eventuelle kjølebehov med frikjøling enn ved bruk av indirekte varmeopptakssystemer



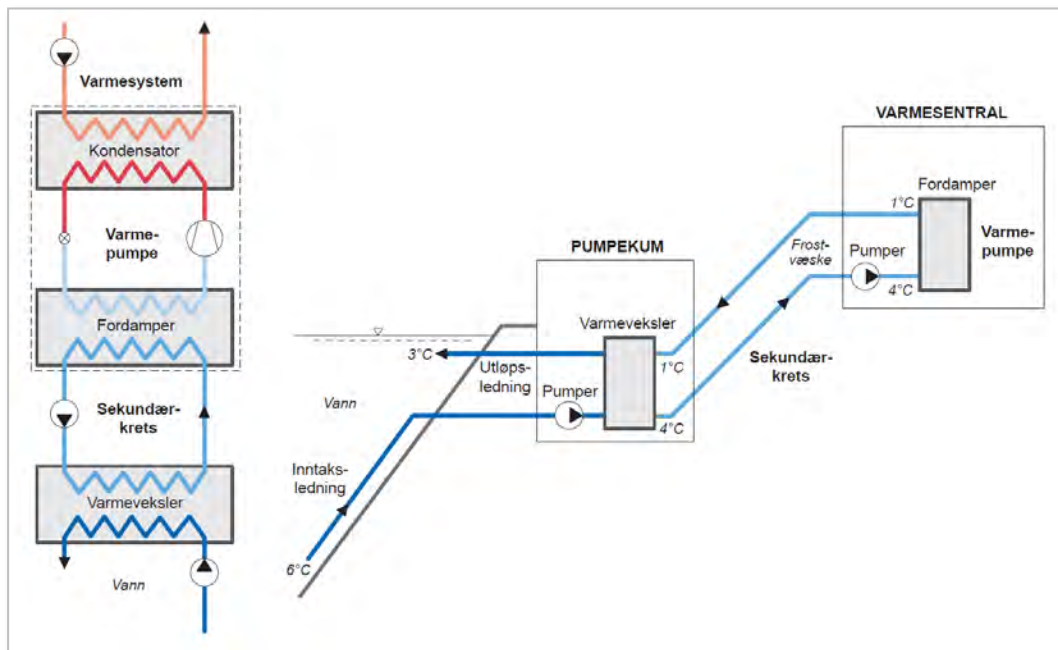
Figur 6 Prinsipiell skisse av varmeopptakssystem med oppumpet sjøvann eller innsjøvann med direkte kobling mot varmepumpens fordamer(e).

## Investerings- og installasjonskostnader

- Vannledning i plast/PE bestående av inntaks-/sugeledning (rørledning med betonglodd/forankring og inntakssil/grovsil), avløpsledning ned i sjø, avstengningsventiler m.m.
- Pumpestasjon i egen pumpekum eller i teknisk rom med hovedsirkulasjons-pumper, drens-pumper, avstengningsventiler, selvrensende finfilter osv.
- Vannledning (tur-/returledning) videre fra pumpekum til varmepumpens fordamer(e) hvis pumpekum og teknisk rom ikke er på samme sted
- Evt. platevarmeveksler i titan/høylegert stål (dumpevarmeveksler) for avgivelse av overskuddsvarme fra varmepumpen i overordnet kjøledrift
- Grøfter for ledningsnett på land

### 2.3.3 Oppumpet vann – indirekte løsning

I et varmeopptakssystem for oppumpet vann med *indirekte* løsning pumpes vann opp fra 20-60 meters dyp via en inntaks-/sugeledning til en varmeveksler plassert i en pumpekum eller i teknisk rom. I varmeveksleren mot varmekilden overføres varme til en frostvæske som sirkulerer i et lukket rørsystem (sekundærkrets) mellom varmeveksleren og varmepumpens fordamer(e). Ved dimensjonerende forhold avkjøles vannet typisk 2-4 °C, og vannet returneres til sjøen via en utløpsledning. Figur 7 viser en prinsipiell skisse av et varmeopptakssystem for oppumpet sjøvann eller innsjøvann med indirekte systemløsning.



Figur 7 Prinsipiell skisse av varmeopptakssystem for oppumpet sjøvann eller innsjøvann med indirekte kobling mot varmepumpens fordamp(er) via en sekundærkrets

## Grunnleggende egenskaper – anvendelsesområder

- Vanntemperaturen bør ikke være lavere enn 2-3 °C for sjøvann og 4-5 °C for innsjøvann. Typisk 2-4 K avkjøling av vannet i varmeveksleren.
- Egner seg ikke i grunne farvann med lang avstand til ønsket dyp. Normal inntaksdybde er 20-60 meter for å minimalisere begroing i inntaksledning, varmevekslere osv. og for å oppnå ønsket temperatur
- Benyttes i mellomstore og store varmepumpeanlegg inkl. anlegg for varme- og kjøleleveranse til større bygninger og fjernvarme/fjernkjølenett
- Benyttes isteden for direkte løsning når det er relativt stor høydeforskjell mellom varmesentralen og havflaten, ettersom dette gir mindre pumpearbeid pga. lukket rørsystem (sekundærkrets) og gjenvinning av trykkenergi
- Det kan benyttes både standard varmepumpeaggregater uten særskilt utforming av fordamp(er)en samt skreddersydde varmepumpeaggregater
- Systemløsningen gir noe lavere årsvarmefaktor (energisparing) enn varmepumper med direkte varmeopptakssystem

## Investerings- og installasjonskostnader

- Vannledninger – som for "Oppumpet vann – direkte løsning"
- Pumpestasjon (pumpekum) – som for "Oppumpet vann – direkte løsning"

- Platevarmeveksler(e) eller overrislingsvarmevekslere i titan eller høylegert stål for overføring av termisk energi (varme) mellom vann og frostvæske i sekundærkretsen
- Ledningsnett (sekundærnett) med pumpe(r), ekspansjonssystem, avstengningsventiler osv. mellom vannvarmeveksler(e) og varmpumpeanleggets fordamp(er) i tekniske rom
- Evt. platevarmeveksler i titan/høylegert stål (dumpevarmeveksler) for avgivelse av overskuddsvarme fra varmpumpen i overordnet kjøledrift
- Grøfter for ledningsnett på land

### **2.3.4 Indirekte varmeopptakssystem – kollektorsystem**

I et indirekte varmeopptakssystem for sjøvann, innsjøvann eller elvevann med kollektorer med sirkulerende frostvæske, benyttes plastslanger nedgravd i sjøbunnen/elvebunnen eller en eller flere trommelkollektorer (plastslanger i kveil på nedsenket betongfundament) som varmeveksler mot vannet. På større anlegg med flere kurser/kollektorer kobles disse sammen med fordelings-/samlestokker i en samlekum og videre til en hovedrørledning (sekundærkrets) til varmpumpens fordamp(er) i varmesentralen. Ved dimensjonerende forhold avkjøles frostvæsken ca. 2-4 °C før den returneres til kollektorsystemet, hvor varme overføres fra vannet som holder en høyere temperatur. Figur 8 viser en prinsipiell skisse av et indirekte varmeopptakssystem for sjøvann eller ferskvann bestående av horisontale kollektorslanger eller trommelkollektorer.

#### Grunnleggende egenskaper – anvendelsesområder

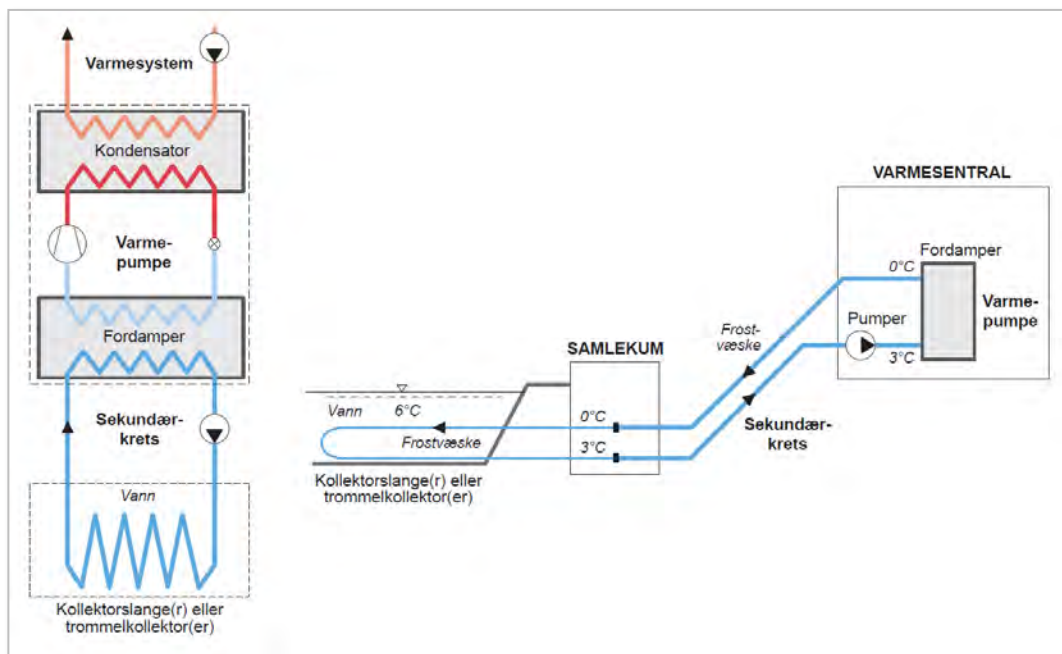
- Driftssikker systemløsning selv ved lave vanntemperaturer
- Benyttes i grunne farvann der én eller flere kurser med kollektorslanger kan graves ned/forankres på sjøbunnen eller hvor én eller flere trommelkollektorer kan senkes ned på moderat dyp i sjøkanten
- Kollektorslanger på sjøbunnen benyttes for boliganlegg samt mellomstore og store varmpumpeanlegg, mens trommelkollektorer (rørkveiler) benyttes i mellomstore anlegg
- Gir større driftssikkerhet og mindre vedlikehold enn direkte/indirekte varmeopptakssystemer med oppumpet vann

#### Investerings- og installasjonskostnader

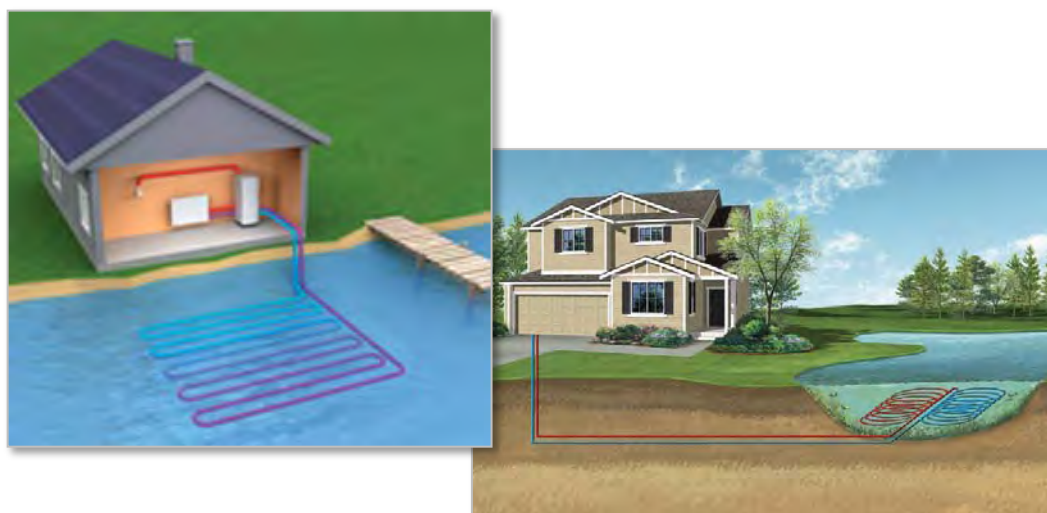
- Komplette kollektorsystem med én eller flere kurser lagt på eller gravd ned i sjøbunnen, alternativt én eller flere trommelkollektorer nedsenket i sjøen og montert på betongfundament
- Eventuell samlestokk/fordelingsstokk med kum mellom kollektorsystem og sekundærnett til teknisk rom
- Ledningsnett (sekundærnett) med pumpe, ekspansjonssystem osv. mellom kollektorsystem og varmpumpeanleggets fordamp(er) i teknisk rom



- Grøfter for ledningsnett på land



Figur 8 Prinsipiell skisse av indirekte varmeopptakssystem for sjøvann, innsjøvann eller ellevann med kollektorslanger eller trommelkollektor(er) samt sekundærkrets med sirkulerende frostvæske



Figur 9 Eksempler på boligvarmepumper med indirekte varmeopptak fra innsjøvann via kollektorsystem (plastslinger m/sirkulerende frostvæske)

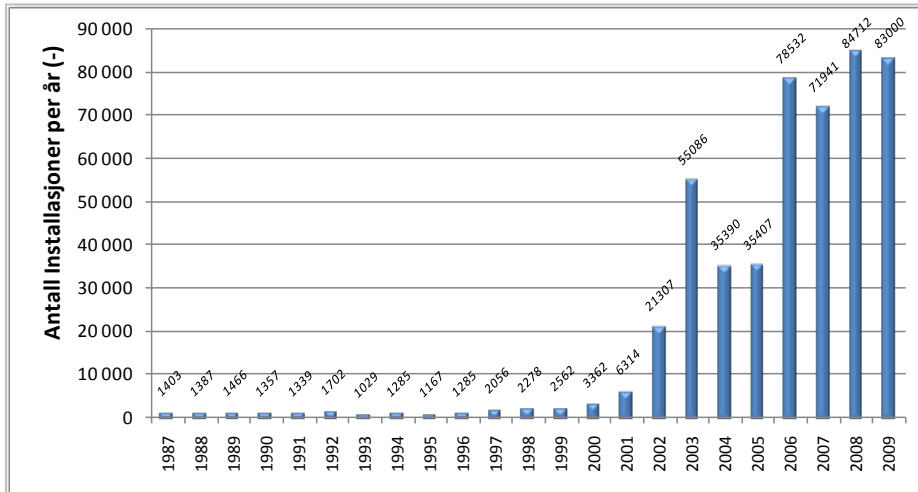


Figur 10 Eksempel på trommelkollektor (plastrør i kveil) for varmeopptak fra f.eks. sjøvann eller innsjøvann.

## 2.4 Status for Norge

### 2.4.1 Varmepumpemarkedet

Varmepumpemarkedet i Norge har vært i sterk vekst de senere årene på grunn av økende energipriser, relativt lavt rentenivå, offentlige støtteordninger (Enova SF) og stadig sterkere fokus på energieffektivisering og bruk av fornybar energi i bygninger og industri. Figur 11 viser antall installerte varmepumpeanlegg per år i Norge i perioden 1987-2009 (NOVAP, 2011).



Figur 11 Antall installerte varmepumpeanlegg per år i Norge i perioden 1987-2009 (NOVAP, 2011)

Per i dag er det anslagsvis 500.000 varmepumper i drift i Norge. Selv om luft/luft-varmepumper med 4-8 kW varmeeffekt har stått for ca. 90 % av antall installasjoner de siste 8 årene, er det også et betydelig marked for andre typer varmepumper som leverer varme og eventuelt kjøling til boligbygg, større bygninger, fjernvarme- og fjernkjølesystemer samt industrielle anvendelser. I 2010 var årlig varmeproduksjon og årlig energisparing for varmepumper estimert til hhv. 8-9 TWh/år og 5-6 TWh/år, og varmepumper er nå Norges 3. største fornybare energikilde etter vannkraft og bioenergi.

Det er installert mange varmepumpeanlegg som utnytter sjøvann som varmekilde, alt fra små anlegg med enkle kollektorer for eneboliger til store anlegg med oppumpet sjøvann som leverer varme og kjøling til bygninger eller fjernvarme- og fjernkjølenett. Det er også installert er mindre antall varmepumpeanlegg som utnytter innsjøvann eller ellevann som varmekilde. Det finnes dessverre ingen norsk statistikk over antall anlegg, installert effekt og samlet varmeleveranse fra varmepumper som utnytter overflatevann. Tabell 1 viser eksempler på store sjøvannsbaserte varmepumpesystemer tilknyttet fjernvarme-/fjernkjøleanlegg.

Tabell 1 Sjøvannsbaserte varmepumper i fjernvarme-/fjernkjølesystemer

Anlegg – plassering	Oppstart	Varme (MW)	Kjøling (MW)
Ålesund sentrum	1989	6,0	
Bodø hovedflyplass	1995	0,9	
Universitetet i Bergen – mellomtemperatursystem <sup>3</sup>	1996	4,0	2,0
Fosenkraft, Bjugn	2004	1,0	0,7
Lysaker – Mølla	2004	4,5	5,5
Lysaker – Strandkanten	2004	1,4	3,6
Eid kommune – kaldfordelingssystem <sup>4</sup>	2005	2,4	1,8
Fornebu	2008	13,7	14,6
Fosenkraft, Brekstad	2009	1,0	

## 2.4.2 Anleggseksempler – driftserfaringer

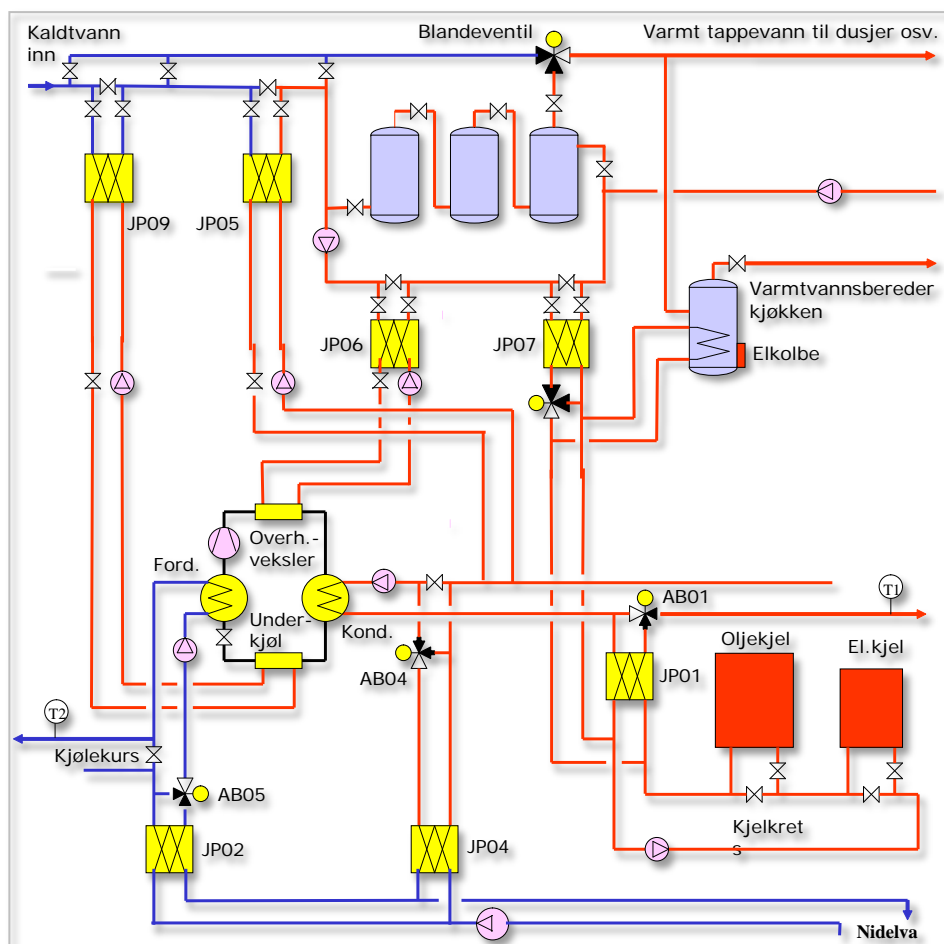
### Sjøvannsvarmepumpe – Radisson Blu Royal Garden Hotell, Trondheim

Radisson Blu Royal Garden Hotell i Trondheim ble tatt i bruk i 1984. Hotellet ligger ved bredden av Nidelva, og har installert et 700 kW varmepumpeanlegg for oppvarming og kjøling. Hotellet er lokalisert ca. 1,5 km fra Nidelvas utløp i sjøen. Om vinteren kan ellevannet være helt ned mot 0 °C, men ved hotellet strømmer det inn en saltvannskile fra fjorden. Dette medfører at temperaturen på bunnen av Nidelva aldri blir lavere enn ca. 3 °C om vinteren når varmepumpen bruker elva som varmekilde. Om sommeren er temperaturen på vannet på bunnen lavere enn overflatevannet, og egner seg derfor til direkte kjøling (frikjøling). Varmepumpeanlegget ved Radisson Blu Royal Garden Hotell dekker både varme- og kjølebehov, og det er spesielt utformet for energieffektiv oppvarming av varmt forbruksvann med varme fra underkjølingsvarmeveksler, kondensator og overhettingsvarmeveksler, Figur 12. For akkumulering av tappevannet er det satt inn tre tanker

<sup>3</sup> Mellomtemperatursystem – en sentral sjøvarmepumpe varmer vann i et lukket rørrnett til ca. 25 °C, som brukes som varmekilde for varmepumper i enkeltbygg. Ved overordnet kjølebehov kjøler sjøvannet vannet i nettet slik at det kan brukes til frikjøling, mens varmepumpene driftes som kjølemaskiner ved behov.

<sup>4</sup> Kaldfordelingssystem – distribusjon av kaldt vann i et lukket rørrnett som brukes som varmekilde for lokale varmepumper i enkeltbygg og til frikjøling. Vannet i nettet varmes/kjøles av sjøvann via en varmeveksler.

på til sammen 14.000 liter. Varmedistribusjonsanlegget forøvrig består av en radiatorkrets, en ventilasjonskrets og en gulvvarmekrets.



Figur 12 Prinsipielt rørskjema av varmpumpeanlegget ved Radisson Blu Royal Garden Hotell, Trondheim

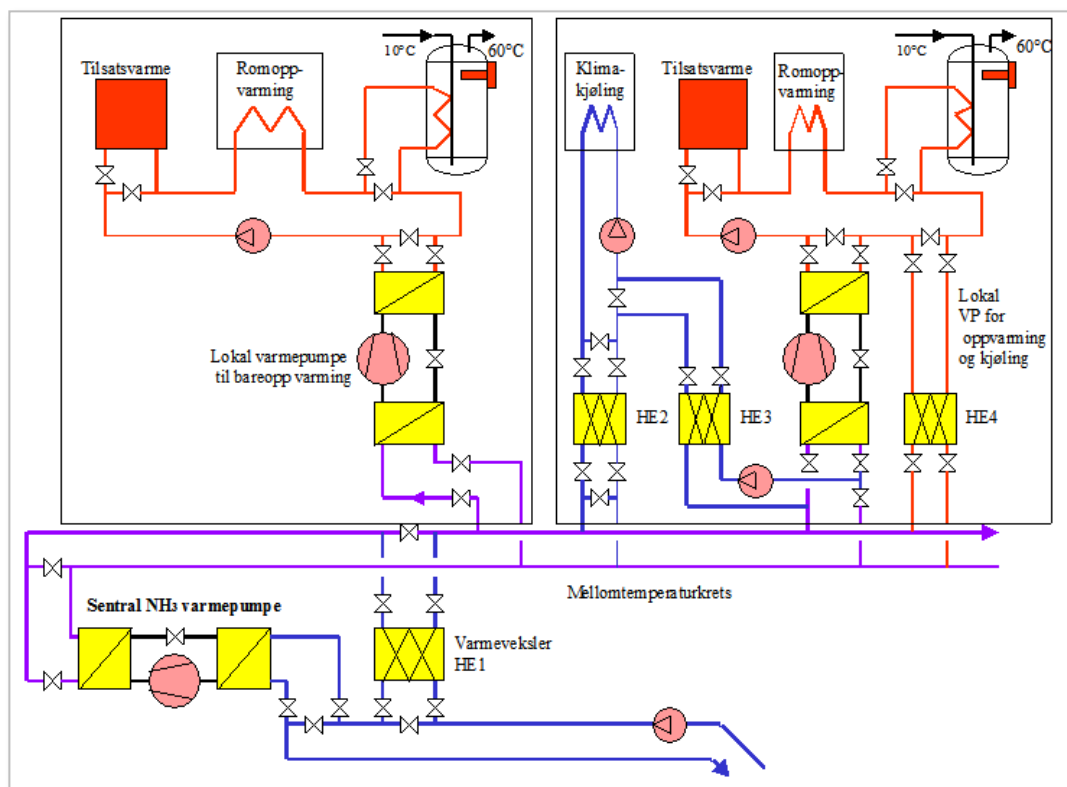
Et lukket rørsnett med sirkulerende frostvæske overfører varme mellom sjø-/ ellevannet og varmpumpens fordampere. Dette rørsettet fungerer også som kjølebærer til klimakjølesystemet, og som kjølevann for kondensatorene for fryse- og kjøleromsmaskinene i hotellet.

Mesteparten av klimakjølebehovet dekkes ved frikjøling, enten direkte fra Nidelva eller fra varmpumpens lavtemperaturside når den går i overordnet varmedrift. På ettersommeren stiger imidlertid elvetemperaturen så mye at varmpumpen må driftes som kjølemaskin for å dekke kjølebehovet. I overordnet kjøledrift blir overskuddsvarmen fra anlegget dumpet via varmekursen til Nidelva. Driftserfaringene med varmpumpeanlegget ved Radisson Blu Royal Garden Hotell har vært gode. I startfasen var det problemer med begroing i varmeopptakssystemet, men etter ett års drift hadde man lært seg å håndtere disse problemene. Det vil

alltid være stor begroing i slike brakkvannsystemer, og på dette anlegget rengjøres sjøvannsvarmeveksleren og inntaksledningen én gang per år.

## Sjøvannsvarmepumpe – Universitetet i Bergen

1993 besluttet Universitetet i Bergen (UiB) å bygge et spesielt sjøvannsbasert varmepumpeanlegg til sin bygningsmasse på Nygårdshøyden. I forbindelse med nytt bygg for Juridisk Fakultet ble det satt av plass for et felles varmepumpeanlegg for varmeleveranse til flere bygninger. Denne primærvarmepumpen utnytter oppumpet sjøvann som varmekilde, og varmer vann til 15-25 °C, som sirkuleres i en uisolert plastledning (mellomtemperaturkrets), som er tilknyttet en rekke bygninger på Nygårdshøyden. Det forvarmede vannet brukes deretter som varmekilde for lokale varmepumper (sekundærvarmepumper) i bygningene, Figur 13. Varmepumpeanlegget består i dag av to primærvarmepumper og 14 sekundærvarmepumper med en samlet varmeytelse på ca. 4 MW.



Figur 13 Prinsipiell skisse av varmepumpeanlegget ved Universitetet i Bergen

Om sommeren dekker varmepumpesystemet klimakjølebehovet i bygningene. Da slås primærvarmepumpene av, og sjøvannet brukes til kjøling av mellomtemperaturkretsen. Kretsen brukes til frikjøling og transporterer dessuten overskuddsvarmen til sjøvannsvarmeveksleren når varmepumpene driftes som kjølemaskiner. Erfaringene med varmepumpeanlegget er stort sett gode. I startfasen var det en del driftsproblemer knyttet til sjøvannssystemet og til styring og regulering av varmepumpene, men systemet fungerer helt tilfredsstillende i dag.

### Sjøvannsvarmepumpe – Norsk Hydro, Vækerø

Norsk Hydros hovedkontor ligger på Vækerø i Oslo. Det eldste kontorbygget på ca. 51.000 m<sup>2</sup> ble rehabilitert i 2003/2004 med bl.a. ombygging av varme- og ventilasjonsanleggene. Sammen med bygningsmassen på Vækerø Hovedgård og Hydros to nye kontorbygg er totalt oppvarmet og kjølt kontorareal ca. 81.000 m<sup>2</sup>.

Tidligere ble bygningsmassen varmet opp med olje- og elektrokjeler, og en rekke klimakjøleaggregater dekket bygningenes økende kjølebehov. Ved ombyggingen ble det bestemt at bygningenes varme- og kjølebehov i framtiden skulle dekkes med et nytt sjøvannsbasert varmpumpesystem, og de eksisterende olje- og elektrokjelene skulle benyttes som spisslast (tilleggsvarme).

Varmepumpesystemet er dimensjonert for å dekke et maksimalt varmeeffektbehov på ca. 2 MW og et kjøleeffektbehov på ca. 4,2 MW (inkl. direkte sjøvannskjøling). Anlegget benytter et direkte sjøvannssystem hvor sjøvann fra 32 meters dyp pumpes til platevarmevekslere mot isvannskretser for dataroms- og klimakjøling og deretter til varmpumpens fordampere før det returneres til sjøen. De turtallsregulerte pumpene er tørroppstilt i en pumpehus ved sjøkanten, og både pumpehus og løpehjul er utført i spesialplast, Figur 14.



*Figur 14 Sjøvannspumpe i spesialplast ved Norsk Hydro, Vækerø*

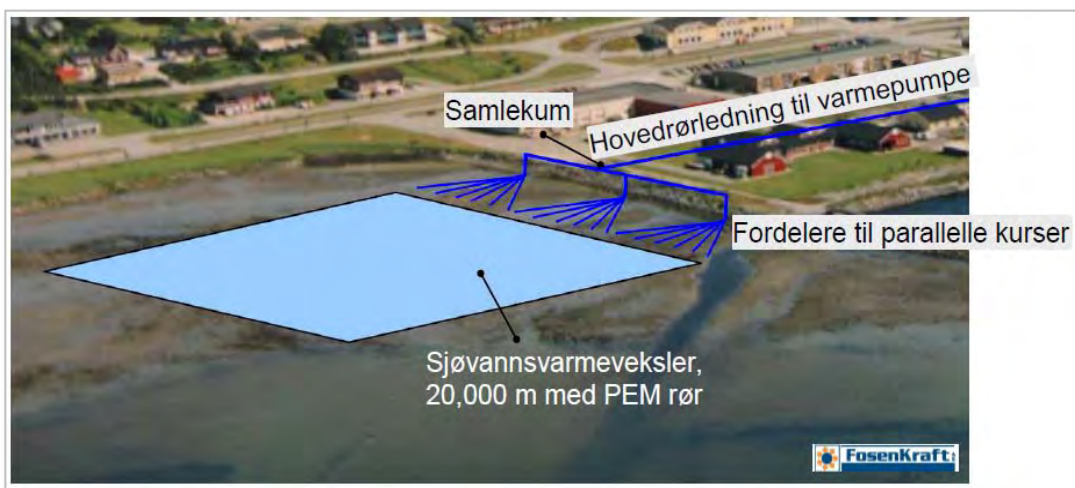
Varmepumpen er et plassbygd to-trinns ammoniakkanlegg av meget høy kvalitet, og benytter parsveiste platevarmevekslere i titan som fordampere og rørkjelvarmevekslere som kondensatorer. Anlegget er dimensjonert for en maksimal inngående sjøvannstemperatur (sommer) på ca. 7 °C. I årene etter installasjonen har denne gradvis steget til opp mot 9 °C. På grunn av relativt store varmevekslerflater i kjølebatteriene kan likevel hele kjølebehovet dekkes med frikjøling (fornybar kjøling), dvs. overskuddsvarmen i bygget avgis direkte til sjøvannet. Varmepumpesystemet er utformet slik at det kan levere reserve-/nødkjøling om nødvendig. Ved nødkjøling vil varmpumpens kondensator avgi overskuddsvarmen til sjøvann, og det er også installert tørrkjølere på tak for varmeavgivelse til uteluft, som benyttes hvis det skulle oppstå driftsstans på sjøvannspumpene.



Varmepumpesystemet oppnår totalt sett meget høy energisparing og utnyttelse av fornybar varme og kjøling i forhold til konvensjonelle, separate systemer for oppvarming og kjøling, da varmen produseres med høy effektivitet og det meste av kjølebehovet dekkes med frikjøling mot sjøvann. All utbygging ble fullført i 2009, og årlig energibesparelse for hele bygningsmassen er på ca. 6,2 GWh/år.

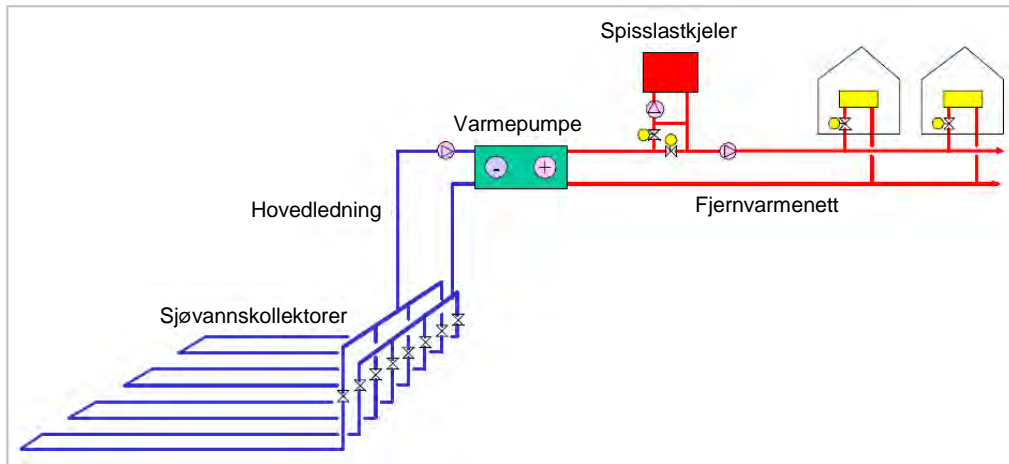
### Sjøvannsvarmepumpe – fjernvarmeanlegg i Botngård

I Botngård er det bygd et mindre fjernvarmenett som leverer varme til de fleste offentlige bygg i Botngård sentrum samt en del private enheter. Varmen leveres fra et sjøvannsbasert varmepumpeanlegg med ca. 1 MW dimensjonerende ytelse. Ettersom det er svært grunt farvann utenfor Botngård var det ikke mulig å bygge et varmeopptakssystem basert på oppumpet sjøvann. Isteden ble det prosjektert et indirekte anlegg med nedgravde plastrør (kollektorer) i fjæra, hvor det sirkuleres en frostvæske (kalsiumklorid) som transporterer termisk energi mellom sjøvannet og varmepumpesentralen. Det er totalt lagt ca. 20 km rør i mange parallelle kurs-er, og kursene er koblet sammen med fordelere, Figur 15. Det er ca. 550 meter mellom samlekummen for kollektorene og varmepumpesentralen.



*Figur 15 Eksempel på indirekte varmeopptakssystem for sjøvann med bruk av nedgravd plastrørnett (kollektorsystem) på sjøbunnen for 1 MW varmepumpeanlegg i Botngård, Sør-Trøndelag.*

I perioden september-april, benyttes fordampersiden av varmepumpen til å legge is i en ishall (Fosenhallen), og kuldeproduksjon er et biprodukt av varmeproduksjonen. Når det er stabile vinterforhold og det er behov for oppvarming, vil isproduksjonen i Fosenhallen (ishall) være forbundet med marginale kostnader. Varmepumpen dekker også undervarme samt varmtvannsberedning i ishallen.



Figur 16 Prinsipiell skisse av varmepumpesystemet i Botngård tilkoblet sjøvannskollektorer og fjernvarmenett



Figur 17 Legging av kollektorer i fjæra og samlelum for kollektorer

Et indirekte varmeopptakssystem med nedgravde kollektorer har stor driftssikkerhet ettersom det ikke er blitt utsatt for mekanisk overbelastning, begroing eller korrosjon. Løsningen krever imidlertid at en har egnede bunnforhold.

## Prototyp- og demonstrasjonsanlegg

I perioden 1983-1994 gjennomførte SINTEF Kuldeteknikk (nå SINTEF Energi AS) i samarbeid med byggherrer, konsulenter og leverandører et prototyp- og demonstrasjonsprogram for varmepumper hvor 60 varmepumpesystemer i bygninger og industri ble fulgt opp med detaljerte målinger gjennom flere år. Hensikten med prosjektet var bl.a. å teste ut komponenter og systemløsninger for varmeopptakssystemer tilknyttet ulike varmekilder. Programmet ble finansiert av Olje- og energidepartementet (OED).

19 av prototyp- og demonstrasjonsanleggene benyttet sjøvann som varmekilde med ulike systemløsninger, Tabell 2 (Eggen og Slettahjell, 2005).



## Energi fra overflatevann

Tabell 2 Oversikt over sjøvannsbaserte varmepumper i større bygninger og fjernvarmenett under SINTEF Kuldeteknikks Prototyp- og demonstrasjonsprogram (Eggen og Sletthjell, 2005). VP = varmepumpe

Anlegg	Byggeår	VP effekt (kW)	Årsvarmefaktor		VP i drift?	
			VP	Varme-anlegg	JA	NEI (år ut)
Marintek Sandefjord	1981	90	2,5	2,4		X (1986)
Favusgården Harstad	1982	120	3,5	3,0		X (1991)
Ålesund Tinghus	1982	310	3,4	2,9	X	
Ljones Gartneri	1983	750	3,0	2,5	X	
Royal Garden Hotell	1983	800	4,0	3,3	X	
Hadsel Folkehøgskole	1984	200	2,9	2,5		X (1988)
Gamvik kommune	1984	300	3,0	2,5		X (1988)
Polplast Tromsø	1985	70	2,1	2,1	X	
Maritim Hotell Hauges.	1985	310	2,9	2,9	X	
Fylkesbåtane i Sogn & F	1986	45	3,2	3,2	X	
Pronova Haugesund	1986	6 800	4,0	4,0	X	
Stokmarknes sykehus	1987	400	2,7	2,0	X	
Widerøes Bodø	1988	530	3,3	2,8	X	
Ålesund Fjernvarme	1988	6 000	2,7	2,4	X	
Vallersund gård	1992	35	3,3		X	
Bodø hovedflystasjon	1992	2 000	3,1	2,7	X	
Sjøkrigsskolen Bergen	1993	500	2,8	2,3	X	
Statoil Rotvoll	1993	800	3,2	2,1	X	
Universitetet i Bergen	1995	1 500	2,5		X	
Midlere årsvarmefaktor			3,1			

Kun 4 av de 19 sjøvannsbaserte varmepumpeanleggene er i dag tatt ut av drift, og det må betraktes som et svært godt resultat (Eggen og Sletthjell, 2005):

- Varmepumpen ved Marintek i Sandefjord ble satt ut av drift på grunn av organisasjonsmessige problemer. Det var ingen overordnet ansvarlig leverandør for varmepumpeanlegget, og da det oppsto problemer var ingen av entreprenørene som hadde med varmepumpeanlegget å gjøre interessert i å rydde opp. Reklamasjonstiden på varmepumpen var ett år, men på grunn av at rørarbeidene tok lenger tid enn ett år etter at varmepumpen var installert, fikk ikke byggherren dekket utgiftene da det viste seg være fabrikkasjonsfeil på en kompressor.
- Varmepumpen i Favusgården gikk fint i 9 år, men havarerte på grunn av manglende vedlikehold. Det viser hvor viktig det er med regelmessig vedlikehold av sjøvannsbaserte varmepumpeanlegg.

- Hadsel Folkehøgskole ble lagt ned i 1988, og varmepumpen ble demontert og satt inn i et annet bygg i regionen.
- Varmepumpen i det kommunale nærvarmeanlegget i Gamvik fikk kompressorhavarier som krevde store reparasjonsomkostninger. På grunn av manglende energimålere kunne ikke energisparing med varmepumpen dokumenteres, og det medførte at kommunen ikke ville bevilge penger til reparasjon. Dette viser viktigheten av tilstrekkelig instrumentering av varmepumper.
- Ved Royal Garden Hotell i Trondheim, ble varmepumpen erstattet av nye aggregater etter 20 års drift. Hotellet var svært godt fornøyd med varmepumpen, men ønsket å installere et moderne varmepumpeanlegg med miljøvennlig arbeidsmedium (R134a).

## Prosjektering, komponent-/systemvalg og drift – oppsummering

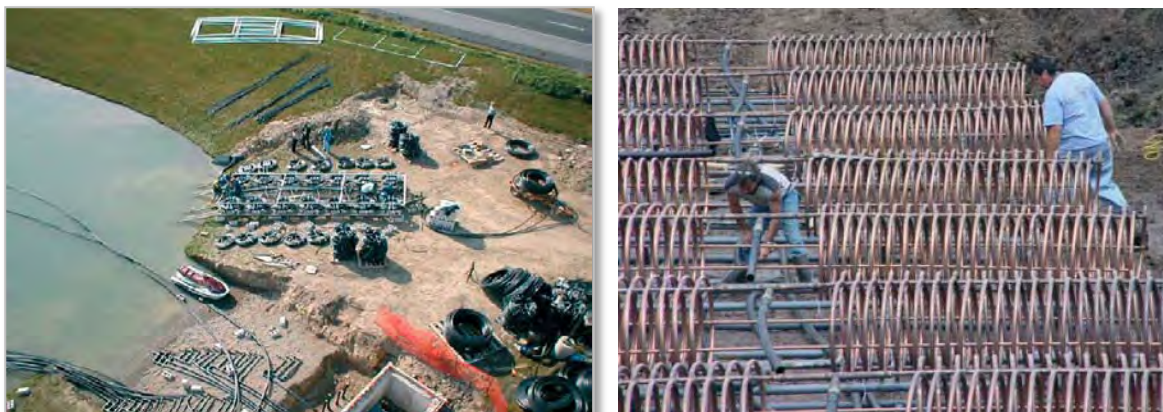
For varmepumpesystemer som utnytter sjøvann, innsjøvann eller elvevann som varmekilde og til frikjøling, er det svært viktig at varmeopptakssystemet gjennom korrekt system- og materialvalg samt hensiktsmessig drifting beskyttes mot begroing, frostfare, korrosjon, og mekanisk overbelastning for å forhindre driftsproblemer samt opprettholde ytelse og effektfaktor (COP) for varmepumpen i hele anleggets levetid. Disse forholdene er nærmere beskrevet i Stene (2001-1).

## **2.5 Eksempler på status i andre land**

Sverige er det store foregangslandet i Europa på bruk av varmepumper, med nærmere én million anlegg med en årlig varmeproduksjon på ca. 23 TWh/år (Energi21, 2011-2). Ca. 15 TWh/år leveres fra bergvarmepumper. Det finnes ingen oversikt over hvor mange varmepumpeanlegg som benytter overflatevann som varmekilde, men det antas å være kun noen prosent av bergvarmepumpene. De fleste anleggene er indirekte systemer med kollektorslanger lagt på sjøbunnen ([www.svepinfo.se](http://www.svepinfo.se)), men det finnes også store sjøvannsbaserte anlegg. På Värtan Ropsten står verdens største sjøvannsvarmepumpe tilknyttet fjernvarmenettet i Stockholm. Overflatevann benyttes som varmekilde om sommeren, mens 3 °C vann på 15 meters dyp benyttes om vinteren. Varmepumpesystemet består av 6 turbokompressor-aggregater, hver med 30 MW dimensjonerende ytelse, totalt 180 MW ([www.friotherm.com](http://www.friotherm.com)). Aggregatene benytter såkalte overrislingsfordampere, hvor sjøvannet strømmer på utsiden av varmeveksleren. Dette er en frostsikker konstruksjon som egner seg godt for sjøvann med relativt lave temperaturer.

I Storbritannia finnes det ingen oversikt over antall varmepumper som utnytter overflatevann, men det er bygget flere store anlegg. En 5,4 MW varmepumpe kjøler og varmer opp Kings Mill Hospital i Nottinghamshire. Energikilden er en 65.000 m<sup>2</sup> innsjø (Skanska, 2008). Environment Agency har etablert en database for vanntemperaturer i innsjøer og brakkevann med mer en 42 millioner temperaturregistreringer (Orr et al., 2010).

I USA og Canada er det installert flere større varmepumpeanlegg som utnytter innsjøvann til oppvarming og kjøling. Anleggene refereres ofte til som "Geothermal Heat Pumps" selv om de utnytter overflatevann og ikke grunnvann.



Figur 18 Eksempel på utforming av kollektorsystemer i USA for varmepumper som utnytter innsjøer til oppvarming og kjøling (Bose, 2005).

I USA, Canada og flere europeiske land finnes regelverk som skal hindre uønskede effekter ved utnyttelse av overflatevann med varmepumper. Uønskede effekter inkluderer vesentlige endringer av strømningsforhold, lekkasje av frostvæske fra kollektorsystemet, vesentlige temperaturendringer sommer og vinter og fysisk hinder pga. store kollektorsystemer.

Mer informasjon om varmepumpesystemer med bl.a. overflatevann som varmekilde finnes på følgende hjemmesider:

- European Heat Pump Association [www.ehpa.org](http://www.ehpa.org)
- IEA Heat Pump Centre [www.heatpumpcentre.org](http://www.heatpumpcentre.org)

### 3 Metodikk og forutsetninger

I dette kapitlet er forutsetningene for analysen beskrevet. Kapitlet beskriver også metodikken for beregning av energipotensial og kostnader. En forutsetning har vært at kartleggingen skal baseres på GIS-analyser<sup>5</sup>. Det har vært nødvendig med forenklinger for å kunne gjennomføre en landsomfattende potensialstudie. Forutsetninger og forenklinger er diskutert videre i kapitlet.

<sup>5</sup> GIS-analyser – analyser der ett geografisk objekts plassering er brukt for å finne sammenhengen til andre geografiske objekter. Med geografiske objekter menes objekter som har en geografisk plassering slik som for eksempel matrikkelpunkt.

## 3.1 Forutsetninger og forenklinger

En oversikt over de viktigste forutsetninger og forenklinger som ligger til grunn for analysene er vist i tekstboksen under. Flere av punktene er diskutert i detalj senere i kapittelet.

- 1. Oppvarmings- og kjølebehov**
  - Summen av alle landets bygninger som oppvarming/kjølebehov som ligger på det norske fastland og er registrert i Matrikkelen
  - Bygninger i matrikkelen uten oppgitt areal er gitt et areal tilsvarende middelverdien for den bygningstypen som er registrert i Matrikkelen for dette fylket.
  - Industriell bruk av lavtemperatur prosesskjøling og -oppvarming ikke inkludert
  - Bygningens oppvarmingsbehov er beregnet ut fra byggeareal og et antatt spesifikt energinormtall
  - Byggets energinormtall er bestemt ut fra bygningstype, byggets bruk og alder
  - Bygningenes oppvarmingsbehov er korrigert for klimatiske forhold
  - Noen bygningstyper har antatt kjølebehov.
  - Kjølebehov for alle bygninger med antatt kjøling er satt til 25 kWh/m<sup>2</sup> pr bygningsareal
  - Det totale oppvarming og kjølebehov i 2030 er antatt lik dagens behov.
- 2. Termiske energikilder – overflatevann**
  - Alt kartlagt som hav er inkludert.
  - Innsjøer over 0,004 km<sup>2</sup> er inkludert.
  - Vanddybden i små og mellomstore innsjøer er antatt til 15 m
  - Maksimum senking av temperaturen i innsjøer er satt til 0,5 °C
  - Elver som potensiell energikilde er ikke inkludert.
  - Potensialet fra elvemunninger (tidevannssonen) er ikke inkludert
  - Det er ikke benyttet data for vanntemperatur i sjøvann og innsjøer i analysene
  - Det er ikke benyttet batymetridata eller dybde data fra innsjøer og fjorder
  - Det er ikke korrigert for naturvernområder, drikkevannskilder eller andre områder med restriksjoner
- 3. Tekniske installasjoner**
  - Det er anslått kostnader for et standard varmeopptakssystem uavhengig om det er mulig med direkte eller indirekte løsning.
  - Bare avstand og ikke høydeforskjell mellom bygning og sjø eller innsjø er inkludert
  - Korteste avstand mellom bygning og sjø eller innsjø er benyttet. Det er ikke tatt hensyn til eventuell konflikt med andre bygninger eller infrastruktur eller geologiske forhold (fjell eller løsmasser)
  - Prisen på rørtraséer er bare avhengig av kapasiteten på anlegget
  - Investeringskostnad for varmeveksler og varmepumpe er kun avhengig av kapasiteten på anlegget
  - Kostnader for etterinstallasjon av vannbårent varmedistribusjonssystem i bygningene er ikke inkludert
  - Det er ikke tatt hensyn til eksisterende eller planlagte fjernvarmeanlegg
- 4. Kostnader**
  - Kostnadsanalysene er basert på data for faste variable fra NVE
  - Potensialet for overflatevann er antatt alt energiuttak fra overflatevann ved en energipris under 1,00 kr/kWh
  - Investeringskostnader for varmepumper i ulike effektklasser er beregnet med utgangspunkt i typiske systemløsninger
- 5. Analysene**
  - Potensialberegninger er gjennomført for innsjø og sjøvann for varmepumpeanlegg for enkeltbygninger samt for bruk av sjøvann for mulige fjernvarmenett og enkeltanlegg
  - Det er benyttet samme gjennomsnittlige effektfaktor (COP) og dimensjoneringskriterier for alle varmepumpeanleggene uavhengig av type varmekilde (sjøvann, innsjøvann), størrelse på installasjon og geografisk beliggenhet. Dvs. at varmepumpeanleggene har samme effekt- og energidekningsgrad samt samme årlige energisparing.

## 3.2 Varmekilder

### 3.2.1 Type varmekilder – sjøvann og innsjøvann

I potensialstudien er det valgt å se på termisk energi fra hav og innsjøer. Elver er ikke inkludert da de i de fleste tilfeller er uegnet som varmekilde på grunn av for lav og ustabil temperatur i fyringssesongen samt risiko for mekanisk skade på varmeopptakssystem (kollektorslanger osv.) pga. sterk strøm, ismasser, erosjon osv. Det finnes et lite antall mindre varmepumpeanlegg som benytter ellevann som varmekilde, men det antas at framtidig utnyttelsespotensial i Norge er marginalt i forhold til utnyttelsen av sjøvann og innsjøvann.

I tidevannssonen, dvs. overgangen mellom sjø og elv, er det et potensial som ikke er inkludert i dette studiet. Et eksempel på utnyttelse av vann fra tidevannssonen er Radisson Blu Royal Garden Hotell i Trondheim hvor varmepumpen utnytter brakkvann med stabil og relativ høy temperatur fra Nidelvas tidevannssone.

### 3.2.2 Datagrunnlag for sjø og innsjøer

Datagrunnlaget som er brukt for innsjøer er NVEs innsjødatabase basert på N50 kartdata. For sjøvann er statens kartverks N50 datasett brukt direkte.

### 3.2.3 Vanntemperatur og totalt energiuttak i innsjøer

Innsjøer har en begrenset kapasitet som varmekilde pga. høyere frysepunkt enn sjøvann (0 °C kontra ca. -2 °C), fare for lave temperaturer vinterstid selv på større dyp samt avgrenset vannvolum. En innsjøes varmekapasitet beregnes med bakgrunn i totalt vannvolum og hvor mye vanntemperaturen maksimalt kan senkes for ikke å påvirke biotopen i innsjøen. NVE har definert maksimum temperatursenkning i innsjøer til 0,5 °C. Det har forøvrig blitt antatt at en innsjø minimum må kunne dekke 35.000 kWh/år, som tilsvarer varmeuttaket for 2-3 standard boliger.

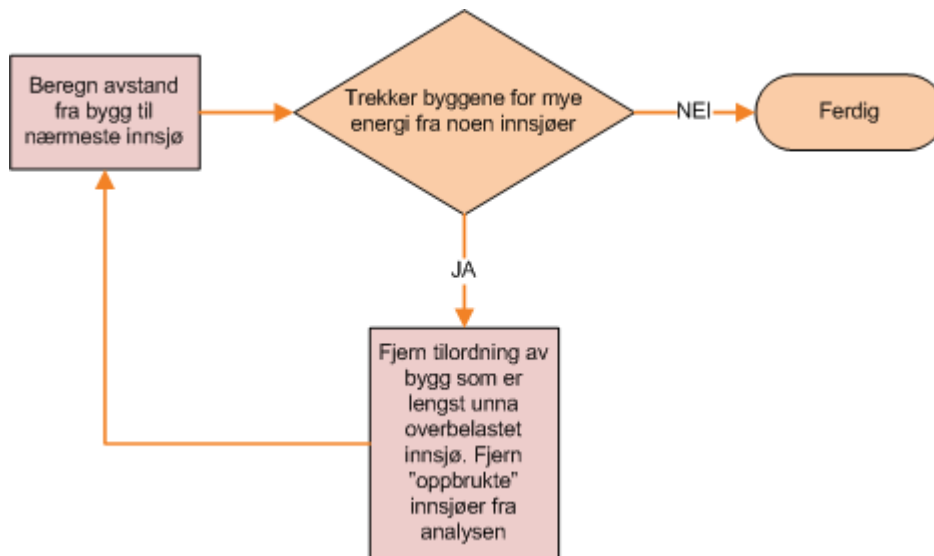
De aller fleste norske innsjøer mangler dybde data. NVE har gjort noe kartlegging men dette er i all hovedsak i forbindelse med kraftutbygging. Disse innsjøene ligger som regel i områder med lite bebyggelse og er dermed uinteressante for potensialberegning. Etter anbefaling fra NVE har det derfor blitt brukt et middel-tall for dybde på 15 meter for innsjøer av liten og moderat størrelse. Med kravet om at de inkluderte innsjøene skal kunne dekke et energiuttak på 35.000 kWh er minstestørrelsen på innsjøer i analysen 0,004 km<sup>2</sup>. Varmekapasiteten  $IV_k$  [kWh/år] for en innsjø ved en gitt temperatursenkning er beregnet som følger:

*Likning 3.1*

hvor  $V_v$  er innsjøens volum [m<sup>3</sup>],  $D_t$  er maksimal tillatt temperatursenkning [K], 4,2 er spesifikk varmekapasitet for rent vann [kJ/(kg·K)], 1000 er vannets tetthet [kg/m<sup>3</sup>] og 3600 er antall sekunder i én time (omregningsfaktor fra kJ til kWh). Det er ikke tatt hensyn til at innsjøen i noen tilfeller tilføres varme når varmepumpeanlegget benytter kilden til kjøling av bygninger eller fjernkjølenett.



For å sikre seg mot "overforbruk" av innsjøenes varmekapasitet har koblingen mellom bygningene og innsjøene blitt beregnet i flere iterasjoner, Figur 19. "Oppbrukte" innsjøer har blitt fjernet for hver iterasjon, og for hver iterasjon har også de overtallige bygningenes kobling mot de "oppbrukte" innsjøene blitt fjernet og koblet mot eventuelt andre tilgjengelige innsjøer. I analysen ble hvert enkelt innsjøes varmekapasitet beregnet ved hjelp av *Likning 3.1*.



Figur 19 Metodikk for beregning av potensial for varmeuttak fra innsjøer.

### 3.3 Oppvarmings- og kjølebehov

I analysen har det vært antatt et oppvarmings- og kjølebehov for landets bygninger. Dette inkluderer romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning samt komfortkjøling. Varmebehovet er beregnet ut fra normtall for bygningers varmebehov hentet fra Statens Bygningstekniske Etat, data fra Teknisk Forskrift, TEK10 (Tabell 3) (Tek10,2010) og byggets bruksareal (BRA).

#### 3.3.1 Bygningsdata

I analysen er Matrikkelen brukt for å beregne bygningsmassens varmebehov og potensial for bruk av varmepumper. Matrikkelen har bl.a. registrert bygningens areal, bygningstype og byggeår i tillegg til bygningens posisjon. Matrikkelen sier ikke om bygget er rehabilitert siden det ble bygget. Det har derfor ikke blitt korrigert for dette, noe som betyr at varmebehovet og dermed potensialet har blitt noe overestimert. Det er imidlertid generelt store mangler i Matrikkelen, spesielt på registrering av arealet for nærings- og industribygg. Matrikkeldata uten registrert areal har fått et gjennomsnittsberegnet ut fra tilsvarende bygningstype i samme fylke.

### 3.3.2 Byggtyper som er med i analysen

Analysen omfatter alle bygninger i Norge som antas å ha et oppvarmingsbehov. Alle bygningene er i Matrikkelen klassifisert i bygningstype etter Sosi-standard<sup>6</sup>. I Sosi-standarden er det ikke skilt på hytter/fritidsboliger med innlagt elektrisitet og de uten. I samråd med NVE er det valgt å inkludere alle hytter og fritidsboliger i studiet. Landbruksbygninger for dyr, gras, korn og redskap er utelatt da det antas at de har marginalt oppvarmings- og kjølebehov pr bygningsareal. Vedlegg 1 viser klassifisering av bygningstyper i henhold til Sosi-Standarden.

### 3.3.3 Normtall for bygningers oppvarmingsbehov

Hvert bygg har antatt et oppvarmingsbehov. Det er bestemt ut fra byggets areal og et antatt normtall for spesifikk oppvarmingsbehov for denne bygningstypen. Det er inndelt i 15 byggtipeklasser og 4 aldersklasser ut fra byggeår (Tabell 3). Vedlegg 1 viser Normtall for alle bygningstypers klassifisering etter Sosi-standard.

Tabell 3 Normtall for spesifikk total energibruk og spesifikt oppvarmingsbehov for ulike bygningstyper [ $kWh/m^2/år$ ] (TEK10, 2010)

		Før 1987			1987-1997			1997-2000			Etter 2009		
		Energi bruk Totalt	Oppvarming Totalt	Oppvarming fra vann	Energi bruk Totalt	Oppvarming Totalt	Oppvarming fra vann	Energi bruk Totalt	Oppvarming Totalt	Oppvarming fra vann	Energi bruk Totalt	Oppvarming Totalt	Oppvarming fra vann
1	Kontorbygg	198	147	105	174	121	86	135	87	62	150	102	73
2	Sykehjem	284	190	136	278	175	125	219	133	95	235	149	106
3	Lager 16 °C	192	160	114	154	119	85	114	83	59	114	83	59
4	Barnehage	205	174	124	171	135	96	122	93	66	140	111	79
5	Barne og ungdomsskole	175	121	86	154	95	68	134	85	61	120	71	51
6	Universitet og høyskole	185	92	66	196	90	64	150	60	43	160	70	50
7	Enebolig	211	158	113	175	120	86	119	73	52	125	79	56
8	Rekkehus	201	145	104	173	115	82	118	71	51	125	78	56
9	Boligblokk	185	127	91	172	112	80	123	72	51	115	64	46
10	Sykehus	384	257	104	352	222	158	320	194	139	320	203	145
11	Hotell	315	210	150	282	178	127	211	128	92	220	139	100
12	Iddrettsbygg	243	180	129	218	152	108	163	105	75	170	116	83
13	Forretningsbygg	300	223	159	269	187	134	202	130	93	210	143	102
14	Kulturbygg	236	175	125	212	147	105	159	102	73	165	112	80
15	Lett industri	250	186	133	224	156	111	168	108	77	175	119	85

<sup>6</sup> SOSI – <http://www.statkart.no/nor/SOSI>

## 3.3.4 Klimasoner

Landet har blitt inndelt i 7 klimasoner, Figur 20 (Tokle og Tønnesen, 1999), og bygningenes årlige varmebehov er korrigert mht. relative graddagtimer ut fra hvilken klimasone de ligger i, Tabell 4 (Tokle og Tønnesen, 1999). "Sør-Norge, Innland" er satt som referanse (1,0).

Tabell 4 Korreksjonsfaktor for klimasoner relatert til sone 1 (Tokle og Tønnesen, 1999)

Klimasone	DUT	Årsmiddeltemperatur	Fyrings-sesong	Graddøgn	Graddøgn relatert til klimasone 1
1. Sør-Norge, Innland	-21,4	5,1	250	4 051	1,00
2. Sør-Norge, kyst	-14,2	7,1	237	3 179	0,78
3. Sør-Norge, høyt fjell	-28,3	2,3	277	5 101	1,26
4. 4. Midt-Norge, kyst	-15,6	5,4	265	3 763	0,93
5. Midt-Norge, innland	-23,9	3,0	274	4 772	1,18
6. Nord-Norge, kyst	-13,9	3,8	286	4 329	1,07
7. Finnmark og innland Troms	-24,5	0,7	319	5 766	1,42



DUT: Dimensjonerende utetemperatur °C

Fyringssesong: Antall dager med oppvarmingsbehov

Figur 20 7 klimasoner benyttet for graddagkorrigering av årlig varmebehov i analysen (Tokle og Tønnesen, 1999).

Graddagskorrigeringen betyr eksempelvis at for identiske bygninger i Oslo og Finnmark har bygningen i Finnmark 1,42 ganger høyere årlig varmebehov enn bygningen i Oslo.



### 3.3.5 Varmebehov

Maksimalt varmeeffektbehov [kW] ved  $DUT^7$  og årlig varmebehov for en bygning bestemmer dimensjonering og nødvendig ytelse for varmepumpe med varmeopptakssystem samt system for spisslast (tilleggsvarme).

Hvert enkelt bygnings årlige varmebehov,  $E_v$  [kWh/år], er beregnet som:

*Likning 3.2*

hvor  $A$  er byggets bruksareal,  $BRA$  [ $m^2$ ],  $E_{kv}$  er byggets spesifikke varmebehov [kWh/( $m^2$ år)] mens  $K$  er korreksjonsfaktoren for klimasonen. Tabell 3 viser hver enkelt bygningstypes energibehov mens *Vedlegg 1* viser hvilke bygningstyper inkl. bygningskategori som er med i analysen.

### 3.3.6 Kjølebehov

For kontorbygg, sykehus, sykehjem, hoteller og forretningsbygg er det også antatt et kjølebehov tilsvarende 25 kWh pr  $m^2$  bruksareal. Dette behovet er ikke klimakorrigert da mer solinnstråling i de nordlige delene av landet til en viss grad vil kompensere for lavere lufttemperatur sammenlignet med sørligere deler av landet.

Hver enkelt bygnings årlig kjølebehov,  $E_k$  [kWh/år], er beregnet som:

*Likning 3.3*

hvor  $A$  er byggets bruksareal,  $BRA$  [ $m^2$ ] og  $E_{kk}$  er et spesifikt kjølebehov på 25 kWh/ $m^2$ år, som er satt som et gjennomsnittlig behov for alle de aktuelle bygningstypene.

### 3.3.7 Framskrivning av oppvarming og kjølebehovet fram til 2030

Det er store usikkerheter knyttet til framtidig oppvarmings- og kjølebehov (NVE, 2010; Havskjold et al., 2011). Det antas at strengere krav til energibruk i bygninger og fokus på energieffektivisering vil oppveie for det forventede økningen i total byggemasse. Det er derfor valgt å anta like stort energibehov i 2030 som i dag.

## 3.4 Kostnader

Investeringskostnadene for energianlegget som er inkludert i kostnadsanalysene er varmeopptakssystemet, framføring til teknisk rom, varmepumpeaggregater og varmevekslere m.m., prosjekteringskostnader samt installasjons- og bygnings-tekniske arbeider. Vannbårent system for varmedistribusjon (gulvvarme, radiatorer og viftekonvektorer) er i samråd med NVE ikke tatt med (Ramstad et al., 2011). Alle kostnader er eks. merverdiavgift.

Vedlikeholdskostnadene gitt som rammebetingelser fra NVE (Tabell 5) er opprinnelig tilpasset grunnvarmeanlegg, og harmonerer ikke helt med erfaringstall for

---

<sup>7</sup>  $DUT$  – dimensjonerende utetemperatur [ $^{\circ}C$ ]

overflatevannanlegg. Erfaringstall (COWI 2011) tilsier at vedlikeholdskostnadene i snitt er ca. 2,5 % for varmpumpe og varmeopptakssystem. Anlegg med direkte systemløsninger (*kapittel 2.3.2*) ligger noe høyere, mens indirekte systemløsninger ligger noe lavere enn dette. I dette studiet er derfor valgt å bruke en gjennomsnittlig vedlikeholdskostnad på 2,5 % av investeringskostnaden for de tekniske installasjonene, mens det er brukt 1,5 % i vedlikeholdskostnader for rørtraséene.

Tabell 5 Forutsetninger for beregning av kostnader.

Faste variable	
Kalkulasjonsrente (%)	5,5 %
Teknisk levetid varmpumpe (år)	15
Teknisk levetid utendørs rørsystem (år)	25
Gjennomsnittlig effektfaktor (COP), varmpumpe	3,5
Terminpris Nord-pool (øre/kWh)	37
El.avgift (øre/kWh)	11
Nettavgift (øre/kWh)	14,4
Sum el.pris (øre/kWh)	62,4
Antatt brukstid oppvarming (timer)	4 000
Antatt brukstid kjøling (timer)	800
Vedlikeholdskostnader anlegg (% av investering)	2,5 %
Vedlikeholdskostnader rørsystemet (% av investering)	1,5 %

NVE har satt en maksimalpris på 1 kr per kWh levert termisk energi fra varmpumpesystemer som benytter overflatevann som varmekilde/-sluk for å kalle det et potensial. Her er det verdt å merke seg at dette ikke inkluderer kostnadene for varmedistribusjon internt i bygget, *dvs. kostnadene for eventuell etterinstallasjon av vannbårent varmedistribusjonssystem ikke er inkludert i potensialstudien.*

I dette studiet er beregningen av kostnader gjort på to forskjellige måter. *Metode I* ser på enkeltbygg og beregner potensialet basert på at hvert enkelt bygg har sitt eget komplette varme- og evt. kjølesystem med varmpumpe, mens *Metode II* grupperer nærliggende bygg sammen og beregner kostnader samlet for gruppen (varmpumpe tilknyttet nærvarme- eller fjernvarmeanlegg).

### 3.4.1 System for enkeltbygg – metode I

I Metode I med vurdering av enkeltbygg må byggherre/byggeier for hver enkelt bygning dekke den totale kostnaden for komplett varmpumpeinstallasjon med varmeopptakssystem samt drift og vedlikehold. Varmeopptakssystemet består av rørtrasé ned til varmekilden samt varmeveksler (direkte eller indirekte systemløsning, *Kapittel 2.3*). Metodikken for beregning av kostnader for varmpumpe og drift av denne er identisk for enkeltbygg og fjern-/nærvarmeanlegg (metode II), og er beskrevet i *Kapittel 3.4.3*.

Beregning av anleggets trasékostnad til varmekilden er beskrevet i *Kapittel 3.4.4*.

Tabell 6 viser differensiert rørtrasépris brukt i metode I i henhold til varmepumpens effektbehov (COWI 2011).

*Tabell 6 Anleggskapasitet og rørtrasépris (COWI, 2011)*

Kapasitet [kW]	Rørtrasépris [kr/m]
< 100	1.000
100 til 500	1.300
Over 500	2.000

Prisen for ferdig rørtrasé er avhengig av varmepumpens kapasitet/varmeeffekt,  $K_{VP}$  [kW], og er med utgangspunkt i årlig klimaavhengig oppvarmingsbehov beregnet som:

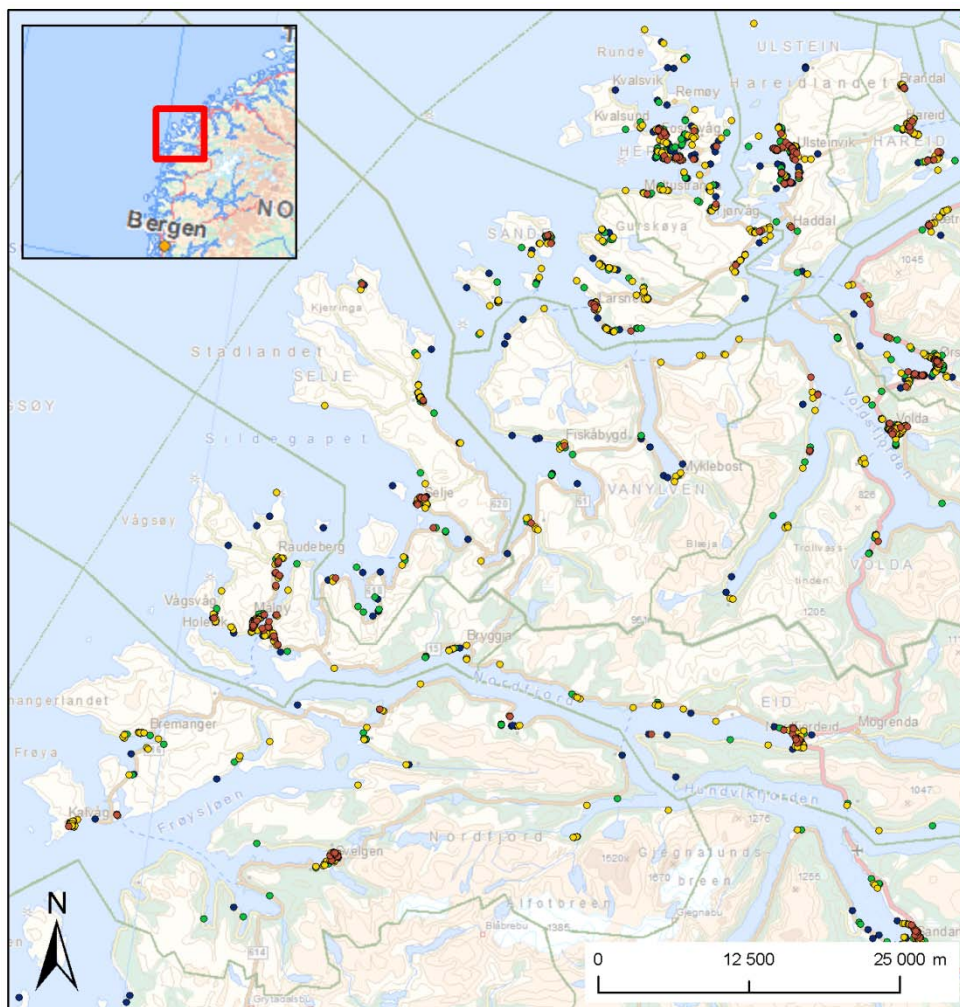
$$\text{Likning 3.4}$$

hvor  $E_V$  er byggets årlige oppvarmingsbehov [kWh/år], 4000 er typisk antall driftstimer for anlegget i året [h] (Tabell 5), 2 er omregningsfaktor for antatt maksimal kapasitetsbehov ut over gjennomsnittet [-] og  $S_f$  er spisslastfaktor<sup>8</sup> som er satt til 2 [-].

Ved denne beregningsmetoden fås et relativt smalt belte langs energikildene der prisen pr kWh er under kravet for å regne det som et potensial. Figur 21 på neste side viser et eksempel på dette.

---

<sup>8</sup> Spisslastfaktor = 2 tilsier at varmepumpen dekker 50 % av varmeeffektbehovet ved DUT. Varmepumper med overflatevann som varmekilde vil da dekke typisk 90 % av årlig varmebehov.



Figur 21 Eksempel – analyseresultat for bygninger med kWh-pris mindre en 1 kr ved bruk av varmepumper med sjøvann som varmekilde.

### 3.4.2 System for fjernvarme-/nærvarmenett – metode II

Bruk av fjernvarme-/nærvarmenett er vurdert i Metode II. I denne metoden er bygninger gruppert, og det er antatt at hele gruppen får termisk energi fra en felles varmesentral via et fjernvarme- eller nærvarmenett. Varmesentralen og utnyttelse av overflatevann for varmepumpen har blitt beregnet på samme måte som for enkeltbyggene (Metode I) og er beskrevet i *Kapittel 3.4.3*. I tillegg har fellesanlegget fått en ekstra nettkostnad for distribusjon av varmt vann fra varmesentralen til hvert enkelt bygg. Her er det brukt en pris på 6000,- kr pr meter ferdig lagt isolert rørtrasé. Dette er en vesentlig kostnad, og det er da åpenbart mest gunstig å tilknytte større bygninger som ligger relativt tett. I dette studiet er det dannet grupper av bygg der matrikkelpunktet ligger 20 meter fra hverandre eller mindre. Metode II er kun brukt mot sjøvann som varmekilde.

Siden det innenfor rammene av denne studien ikke har vært mulig å detaljplanlegge rørtraséen for distribusjon av varmt vann i hver enkelt gruppe, har det blitt

gjort noen antagelser ved beregning av lengden for rørtraséen internt i hver gruppe. Ved hjelp av regresjon har det blitt etablert en generell sammenheng mellom arealet hver gruppe danner, antall bygninger i gruppen og meter trasé etablert.

Den totale lengden på gruppens distribusjonsnett (trasélengden) er beregnet som:

### *Likning 3.5*

Hvor  $A_G$  er totalt areal for området gruppen dekker [ $m^2$ ] og  $N$  er antall matrikkel-punkter i gruppen [-].

Investeringskostnaden for rørtrasé for intern distribusjon blir da  $L_{vd} * 6000$ .

Gruppemetoden er basert på en trinnvis framgangsmåte. Først ble alle grupper der kWh-prisen var mer enn 1 krone fjernet (kun varmepumpe og internt rørsystem medregnet). Deretter ble alle grupper som hadde et potensial ved å knytte seg direkte til varmekilden funnet. Disse gruppene er kalt *Nivå0-grupper*. Det ble her brukt en trasékostnad til varmekilden på 2000,- kr pr meter ferdig lagt rør. Dette er uisolerte rør som transporterer overflatevann (direkte system) eller frostvæske (indirekte system) til gruppens varmepumpesentral. Når Nivå0-gruppene var etablert ble det beregnet avstand fra resten av gruppene til nærmeste Nivå0-gruppe. kWh-prisen for disse gruppene (heretter kalt *Nivå1-grupper*) ble så beregnet. Nivå1-gruppene som fikk en kWh-pris på 1 krone eller mindre ble beholdt i Nivå1-gruppen, resten ble forkastet. Deretter ble det gjort tilsvarende øvelse for resten av gruppene mot Nivå1-gruppene. Det ble i alt kjørt 15 iterasjoner slik at det ble etablert 16 nivåer fra nivå0 til nivå15. I nivå15 var det kun totalt 18 grupper på landsbasis med 915 938 kWh i samlet potensial.

Totalt kostnadene for Nivå0-gruppen,  $T_{k0}$  [kr] er beregnet som:

### *Likning 3.6*

hvor  $I_k$  er internkostnaden for varmepumpe, internt rørsystem (nær-/fjernvarmenett) og drifts-/vedlikeholdskostnader [kr], mens  $TV_k$  er kostnaden for rørtraséen til varmekilden [kr]. Denne rørtraséen transporterer overflatevann eller frostvæske fra kollektorsystemet, og trenger ikke være isolert og har en pris på 2000 kr/m.

Totalt kostnaden for Nivå1-15,  $T_{kn}$  [kr] er beregnet som:

### *Likning 3.7*

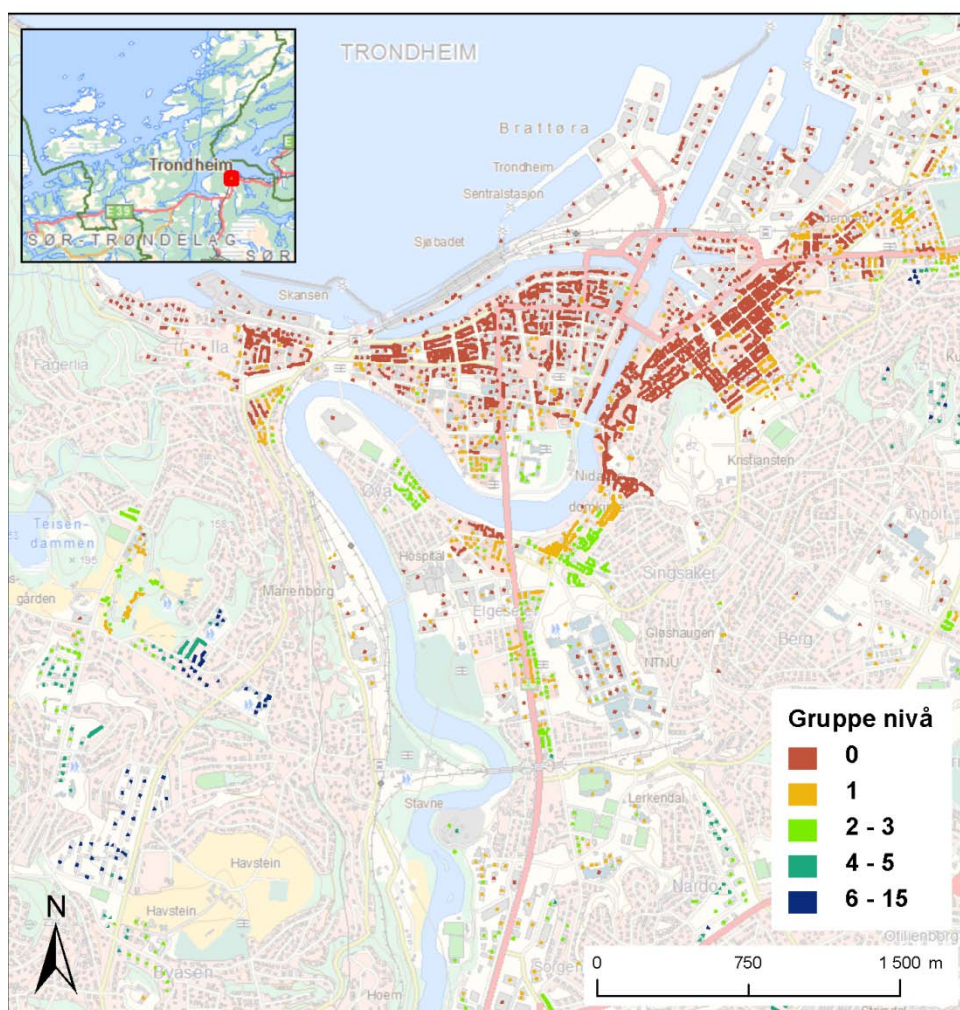
hvor  $I_k$  er internkostnaden for varmepumpe, internt rørsystem (nær-/fjernvarmenett) og drifts-/vedlikeholdskostnader [kr], mens  $TV_{kn-1}$  er kostnaden for rørtraséen til gruppenivået under gjeldende gruppe. Denne rørtraséen distribuerer varmt vann og koster 6000 kr/m ferdig lagt.



Grupper på Nivå0 som ikke fikk tilknyttet andre grupper i iterasjonsprosessen fikk rekalkulert trasékostnadene til varmekilden med differensierte trasépriser avhengig av anleggseffekt. De samme differensierte trasépriser som for metode I ble brukt.

Beregningen av trasékostnaden er beskrevet ytterligere i *Kapittel 3.4.4*.

Beregningsmetodikken for bygg-gruppenes kostnader er en forenkling i forhold til hvordan tilsvarende planlegging hadde blitt gjort i en konkret prosjektering av et anlegg. Det var imidlertid ikke mulig innenfor rammene av prosjektet å gjøre en mer detaljert studie mht. gruppering av bygninger. Metodikken for gruppering av bygninger kan i et eventuelt oppfølgingsstudie videreutvikles slik at resultatet blir mer likt det som hadde blitt produsert i et konkret prosjekteringsprosjekt. Figur 22 viser eksempel på gruppering og nivåene som blir generert. Nivå0 er naturlig nok konsentrert langs kysten.



Figur 22 Eksempel – analyseresultat for nærvarme-/fjernvarmesystem med kWh-pris lavere en 1 kr.

### 3.4.3 Beregning av årskostnad for varmepumpesystemet

Årskostnaden [kr/år] for et varmepumpesystem, som leverer varme og eventuelt kjøling til en bygning eller grupper av bygninger, består av årlig:

- kapitalkostnad
- vedlikeholdskostnad
- energikostnad (driftskostnad)

Årskostnaden  $VP_{tk}$  [kr/år] er beregnet som:

*Likning 3.8*

hvor  $VP_{kk}$  er varmepumpesystemets totale kapitalkostnad [kr/år],  $VP_{vh}$  er årlig vedlikeholdskostnad [kr/år] og  $EK_v$  er årlig kostnad for drift av anlegget (energi-kostnad, elektrisitet) [kr/år].

Årlig kapitalkostnad,  $VP_{kk}$  [kr/år], er beregnet som:

*Likning 3.9*

hvor  $VP_i$  er varmepumpesystemets totale investeringskostnad [kr] og  $a$  er annuitetsfaktoren. I beregningene er det benyttet 5,5 % rente og 15 års avskrivningstid, hvilket gir  $a = 0,0996$  1/år.

I varmepumpesystemets totale investeringskostnad inngår kostnadene for selve varmepumpeanlegget med bl.a. varmepumpeaggregater og varmeopptakssystem. I tillegg kommer en rørtrasékostnad for transport av vann eller frostvæske mellom varmepumpesentralen og varmeopptakssystemet (varmekilden), samt eventuell rørtrasékostnad for nærvarme- eller fjernvarmenett.

Årskostnadsberegningen gir grunnlaget for beregning av energiprisen fra varmepumper som utnytter overflatevann for varme- og eventuelt kjøleleveranse til enkeltbygg eller grupper av bygg.

Investeringskostnaden,  $VP_i$  [kr], er beregnet som:

*Likning 3.10*

hvor  $VP_{me}$  er varmepumpens dimensjonerende varmeeffekt/ytelse [kW]. Investeringskostnadene er basert på erfaringstall fra et stort antall varmepumpeanlegg av ulike kapasiteter som utnytter overflatevann som varmekilde (COWI, 2011). Tabell 7 viser kostnadstallene som ligger til grunn for Likning 3.10. Det har vært antatt en minsteeffekt for et varmepumpeanlegg på 7 kW, og bygninger med mindre varmeeffektbehov enn dette har fått tilordnet kostnadene for et 7 kW-anlegg.

## Energi fra overflatevann

Tabell 7 Investeringstkostnader for varmepumpeanlegg 7-1000 kW som utnytter overflatevann som varmekilde (COWI, 2011).

Kostnader [kr]	7 kW	100 kW	500 kW	1000 kW
Type varmepumpesystem	1-trinns	1-trinns	1-trinns	2-trinns
Komplett varmepumpeaggregat	50.000	250.000	1.000.000	4.000.000
Rør- og el.montasje	50.000	150.000	400.000	1.000.000
Varmeopptak – indirekte, kollektor	40.000	250.000		
Varmeopptak – indirekte, varmeveksler			600.000	1.000.000
Total investeringskostnad [kr]	140.000	650.000	2.000.000	6.000.000
Spesifikk investeringskostnad [kr/kW]	20.000	6.500	4.000	6.000

I kostnadstabellen er det brukt indirekte varmeopptakssystem med kollektor-slanger for de minste anleggene, og indirekte varmeopptakssystem med plate-varmeveksler for de største anleggene. Varmeopptakssystemer er nærmere beskrevet i Vedlegg 3. For de største anleggene, som benyttes i fjernvarmeanlegg, er det antatt to-trinns anleggsutforming for varmepumpeanlegget for å kunne levere høytemperatur vann (70-90 °C) til nettet.

Årlig vedlikeholdskostnad,  $VP_{vk}$  [kr/år], er beregnet som:

### Likning 3.11

Med basis i erfaringstall fra Norge og Sverige er det benyttet en gjennomsnittlig årlig vedlikeholdskostnad på 2,5 % av varmepumpens investeringskostnad.

Varmepumpens årlige driftskostnad, dvs. årlige energikostnad (el.kostnader) for drift av kompressor og pumper, er direkte avhengig av varmepumpens gjennomsnittlige effektfaktor (COP) samt varmepumpens og spisslastenhetens energidekningsgrad. I analysen er det antatt at varmepumpene har en gjennomsnittlig COP på 3,5. Dette er basert på erfaringstall fra prototyp- og demonstrasjonsanlegg i Norge (Eggen og Slettahjell, 2005) samt feltnåledata fra ulike anlegg i Europa.

Det er en forenkling å benytte samme gjennomsnittlige COP for store og små varmepumpeanlegg, men eventuell feilestimering har kun liten innvirkning på analysen. Prosentvis energisparing for et varmepumpeanlegg med f.eks. 2,5, 3,0 og 3,5 i COP er henholdsvis 60, 66 % og 71 %, dvs. en total differanse for beste og dårligste anlegg på kun 11 % -poeng. Små anlegg har lavere effektivitet på varmepumpemaskineriet, men ettersom de leverer varme ved lavere temperatur enn store anlegg vil dette i stor grad jevne seg ut mht. årlig energisparing.

Videre er det ut i fra erfaringsverdier antatt at varmepumpen har en energidekningsgrad på 90 %, og dermed dekker 90 % av årlig varmebehov (COWI, 2011). De resterende 10 % dekkes med tilsatsvarme (spisslast). For boliger vil dette vanligvis være elektriske varmekolber mens det i yrkesbygg brukes olje-, elektro- og/eller gasskjeler til spisslastdekning.



Gjennomsnittlig COP for både varmepumpe og spisslastsystem er beregnet som:

\_\_\_\_\_ *Likning 3.12*

Ved de nevnte forutsetningene, dvs. 90 % og 10 % energidekningsgrad for hhv. varmepumpe og spisslastenhet, 3,5 i midlere COP for varmepumpen og en kjelvirkningsgrad på 1,0 (el.kjel, el.kolbe), får varmepumpesystemet en gjennomsnittlig COP på ca. 2,8.

Gjennomsnittlig prosentvis energisparing,  $\Delta E$  [%], i forhold til alternative oppvarmingsystemer er beregnet som:

- - - *Likning 3.13*

En gjennomsnittlig COP på 2,8 representerer en energisparing på ca. 65 % i forhold til direkte elektrisk oppvarming (65 % fornybar varme – omgivelsesvarme). Det betyr at tilført elektrisk energi for drift av anlegget er ca. 35 % i forhold til et elektrisk oppvarmingssystem.

Årlig drifts-/energikostnad ved varmeleveranse,  $SK_v$  [kr/år], er beregnet som:

*Likning 3.14*

hvor  $E_v$  er årlig varmebehov [kWh/år] for bygningen(e). NVE har satt en antatt strømpris på 0,624 kr/kWh eks. mva. og inkludert nettleie.

For bygninger med kjølebehov er det antatt at varmepumpesystemet har en gjennomsnittlig COP på 5 ved kjøleleveranse under forutsetning at en viss andel av kjølebehovet dekkes med direkte varmeveksling mot overflatevann, såkalt frikjøling/fornybar kjøling (COWI, 2011). Årlig energibehov til kjøling vil dermed utgjøre 20 % av årlig kjølebehov.

Årlig drifts-/energikostnad ved kjøleleveranse,  $SK_k$  [kr/år], er beregnet som:

*Likning 3.15*

hvor  $E_k$  er årlig kjølebehov [kWh/år] bygningen(e). NVE har satt en antatt strømpris på 0,624 kr/kWh eks. mva. og inkludert nettleie.

### 3.4.4 Beregning av trasékostnader

Rørtrasékostnaden kommer som en tilleggs-kostnad til selve varmepumpesentralen og varmeopptakssystemet, og er en funksjon av antall meter rør/kulvert og pris pr meter. Rørtraséer for transport av vann i nærvarme- og fjernvarmenett er satt til gjennomsnittlig 6000,- kr pr meter (Enova, 2011), mens prisen for uisolerte rør for transport av vann eller frostvæske mellom varmepumpesentralen og varmeopp-

takssystemet (varmekilden) varierer mellom 1300 til 2000 kr pr meter (COWI, 2011). Rørtrasékostnaden  $T_i$  [kr/år] er beregnet som:

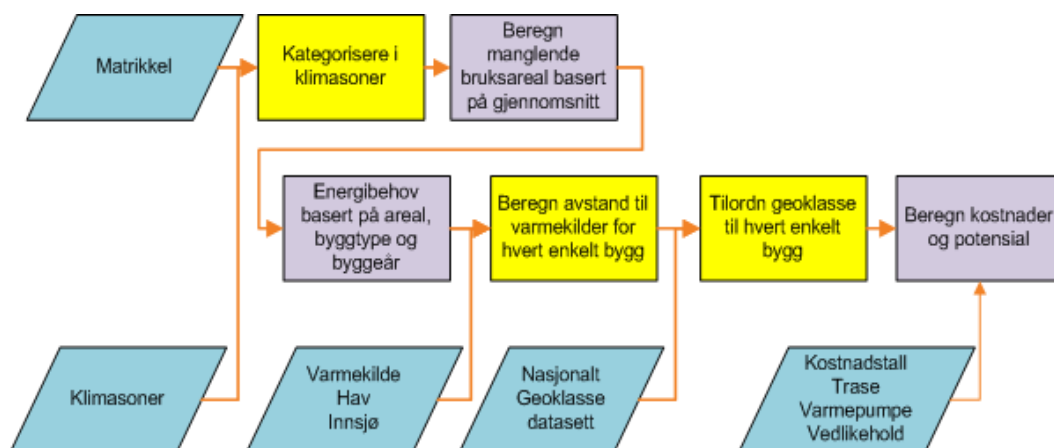
*Likning 3.16*

hvor  $T_{kk}$  er årlig kapitalkostnad [kr/år] beregnet med samme metodikk som vist i *Likning 3.9*, og  $T_{vk}$  er årlig vedlikeholdskostnad [kr/år] beregnet med samme metodikk som vist i *Likning 3.11* men med 1,5 % vedlikeholdskostnad.

## 3.5 GIS-analyse

Analysen i studiet er gjort med en kombinasjon av GIS-analyser og tabellkalkulasjoner. GIS-analysen er gjort i ArcGIS<sup>9</sup>, mens tabellkalkulasjonene er gjort i Oracle<sup>10</sup>. Alle kartene er produsert i ArcGIS.

For analysen som ser kun på system for enkeltbygg (metode I) (*Kapittel 3.4.1*) ble prosessen i Figur 23 fulgt i studiet. Gule bokser markerer de delene av analysen som ble gjort i GIS, lilla boksener marker de delene av analysen som ble gjort i Oracle mens de blå er datakildene som ble brukt i analysen.

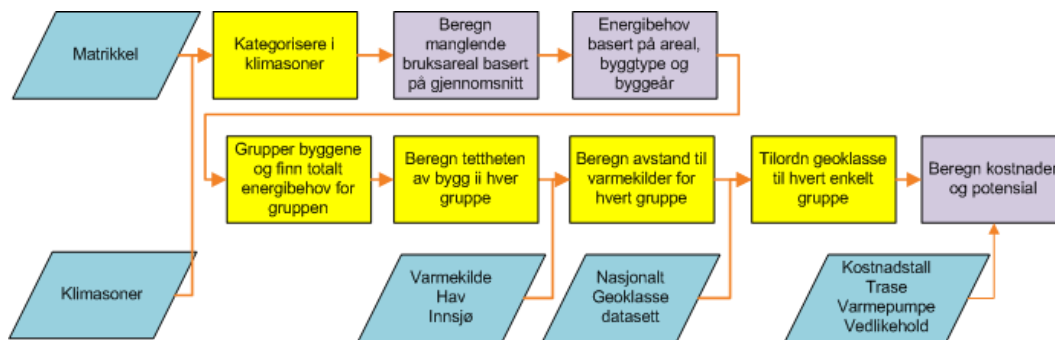


Figur 23 Arbeidsprosess for potensialanalyse av enkeltbygg (metode I).

For analysen som ser på fjernvarme-/nærvarmeanlegg (metode II) (*Kapittel 3.4.2*) ble prosessen i Figur 24 fulgt i studiet. Gule bokser markerer de delene av analysen som ble gjort i GIS, lilla boksener marker de delene av analysen som ble gjort i Oracle mens de blå er datakildene som ble brukt i analysen. Hvert enkelt ledd i prosessen er forklart nærmere i dette kapitlet.

<sup>9</sup> ArcGIS – utbredt GIS-system, spesielt sterkt på analyser. <http://www.esri.com>

<sup>10</sup> Oracle – databasesystem for lagring av tabelldata. <http://www.oracle.com>



Figur 24 Arbeidsprosess for potensialanalyse av nærvarme- og fjernvarmeanlegg (metode II).

For både enkeltbygg (metode I) og nærvarme/fjernvarmeanlegg (metode II) blir en svært forenklet likning for beregning av overflatevann potensialet,  $P$  [kWh]:

Likn. 3.17

Metodikken for beregning av Kostnader [kr] er beskrevet i *Kapittel 3.4*, mens metodikken for beregning av Oppvarmings- og kjølebehov [kWh] er beskrevet i *Kapittel 3.3*.

## 4 Resultater

### 4.1 Totalt termisk energibehov

I studien er det beregnet et totalt årlig oppvarmings- og kjølebehov på **53,4 TWh/år**. Dette samsvarer bra med NVEs analyser for dagens og framtidens energibehov (Tabell 8). I Tabell 8 på neste side er energibehovet inndelt fylkesvis i tre hovedkategorier; husholdning, næring og industri. Generelt er det bra samsvar mellom NVEs analyser og beregningen for totalt energibehov i denne studien. Det er verdt å merke seg et par store avvik. For Næringsbygg i Finnmark er varmebehovet i denne studien bare 13 % (377 GWh) av det NVE har anslått (3 153 GWh og 2 767 GWh), mens for industribygg i Oslo har NVE anslått et energibehov på 5 % (62 GWh og 59 GWh) av det som er beregnet i denne studien (1096 GWh).

## Energi fra overflatevann

Tabell 8 Fylkesvis inndeling av energibehov for de tre hovedkategoriene husholdning, næringsbygg og industri til oppvarming og kjøling både for 2008 og framskrevet til 2030 [GWh].

	Husholdning (inkl. landbruk)			Næringsbygg			Industri			Totalt		
	NVE 2008	NVE 2030	NGI 08+30	NVE 2008	NVE 2030	NGI 08+30	NVE 2008	NVE 2030	NGI 08+30	NVE2008	NVE 2030	NGI 08+30
Østfold	1 679	1 717	1689	1 019	894	747	287	271	493	2 985	2 882	2 929
Akershus	3 018	3 086	3081	1 354	1 189	1 787	42	40	698	4 415	4 314	5 566
Oslo	3 108	3 177	3644	2 182	1 915	2 828	62	59	1096	5 351	5 150	7 568
Hedmark	1 404	1 435	1757	593	521	784	49	46	354	2 046	2 002	2 895
Oppland	1 484	1 517	1766	595	522	816	46	43	341	2 124	2 082	2 923
Buskerud	1 807	1 848	1675	1064	934	793	225	213	340	3 096	2 994	2 808
Vestfold	1 497	1 531	1381	1 142	1 002	580	104	98	330	2 743	2 631	2 291
Telemark	1 224	1 251	1062	880	773	518	449	425	235	2 554	2 449	1 815
Aust-Agder	682	697	597	273	240	286	30	28	110	985	965	993
Vest-Agder	1 033	1 056	885	343	301	446	234	222	204	1 610	1 579	1 535
Rogaland	2 479	2 535	2271	1 789	1 570	1 260	724	684	475	4 992	4 789	4 006
Hordaland	2 853	2 917	2602	1 629	1 429	1 215	676	639	409	5 158	4 985	4 226
Sogn og Fjordane	736	753	631	264	231	326	301	285	159	1 301	1 269	1 116
Møre og Romsdal	1 578	1 613	1397	664	583	652	454	429	426	2 696	2 625	2 475
Sør-Trøndelag	1 829	1 870	1662	812	713	892	116	109	362	2 757	2 692	2 916
Nord-Trøndelag	952	973	870	377	331	409	141	133	155	1 470	1 437	1 434
Nordland	1 730	1 768	1595	698	612	775	382	361	360	2 809	2 742	2 730
Troms (Romsa)	1 140	1 166	1115	501	440	656	48	46	208	1 689	1 651	1 979
Finnmark (Finnmárku)	613	626	683	3 153	2 767	377	64	60	125	3 829	3 454	1 185
<b>Norge</b>	<b>30 847</b>	<b>31 536</b>	<b>30 363</b>	<b>19 330</b>	<b>16 963</b>	<b>16 147</b>	<b>4 434</b>	<b>4 192</b>	<b>6 880</b>	<b>54 611</b>	<b>52 691</b>	<b>53 390</b>

## 4.2 Potensialet for utnyttelse av overflatevann

Det totale potensialet for overflatevann er beregnet til **15,6 TWh/år**. Det er 29 % av landets antatte energibehov til oppvarming og kjøling. Potensialet for energiuttak fra sjøvann er 13,2 TWh/år (85 %) mens energiuttaket fra innsjøer er beregnet til 2,9 TWh/år (15 %) (Tabell 8). Noe av potensialet er overlappende for sjøvann og innsjøvann, i disse tilfellene er den gunstigste energikilden valgt. Potensialet for bruk av overflatevann til oppvarming er 14,0 TWh/år (90 %) og til kjøling er 1,6 TWh/år (10 %).

Figur 25 viser oversiktskart av totalpotensialet for sjøvann og innsjøer på kommunenivå, Figur 26 viser tilsvarende potensial for kun sjøvann og Figur 27 for kun innsjøvann.

Potensialet for bruk av overflatevann er inndelt i tre hovedkategorier av bygg; husholdning, næringsbygg og industribygg. Det største potensialet for overflatevann er for større bygg som næringsbygg (51 %) og industribygg (44 %). Gruppen ”Husholdning” er den største energibrukeren med 30,3 TWh/år, men her er potensialet for utnyttelse av overflatevann som energikilde mindre (8 %). Fylkesvis oversikt over potensialet for de tre hovedkategoriene husholdning, næringsbygg og industri er vist i Tabell 10, mens kommunevis oversikt er vist i vedlegg 4.

### 4.2.1 *Utnyttelse av overflatevann i fjernvarme-/nærvarmenett*

Det er sett på muligheten for å utnytte overflatevann til flere bygninger ved bruk av fjernvarme-/nærvarmenett (Metode II). Beregninger utført for sjøvann antyder at potensialet ved bruk av sjøvann både til enkeltbygninger og i fjernvarmenett vil øke potensialet med 34 % fra 15,6 TWh/år til 20,8 TWh/år. Sjøvann kan da dekke 39 % av landets totale årlige oppvarmings- og kjølebehov. Dett er ikke utført beregninger på bruk av termisk energi fra innsjøer til større fjernvarme/nærvarmesystemer. Fylkesvis oversikt over potensialet for overflatevann både for enkeltbygg og for større fjernvarmenett er vist i Tabell 9.

## Energi fra overflatevann

Tabell 9 Fylkesvis potensial for bruk av varmepumper som utnytter overflatevann i enkeltbygg og fjernvarme-/nærvarmenett

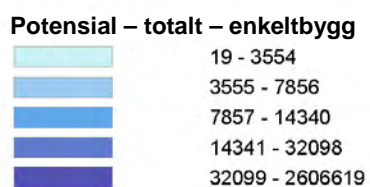
Fylke	Kun anlegg for enkeltbygg						Inkl nærvarme/fjernvarmenett			
	Total potensial for overflatevann GWh pr år	Potensial overflatevann av total energi %	Potensialet fra sjøvann GWh pr år	Potensialet fra innsjø GWh pr år	Total potensial oppvarming GWh pr år	Totalt potensial kjøling GWh pr år	Potensialet fra sjøvann GWh pr år	Potensial sjøvann av total energi %	Potensial oppvarming GWh pr år	Potensialet kjøling GWh pr år
Østfold	616	21	479	167	556	60	689	24	627	61
Akershus	1 102	20	917	199	989	114	1 391	25	1279	113
Oslo	2 668	35	2 591	78	2 417	252	6 973	92	6 521	452
Hedmark	436	15	0	436	403	33	0	0	0	0
Oppland	510	17	0	510	468	43	0	0	0	0
Buskerud	392	14	216	179	353	39	305	11	276	29
Vestfold	631	28	608	76	569	62	815	36	742	73
Telemark	350	19	197	156	316	34	232	13	210	23
Aust-Agder	269	27	196	91	236	33	227	23	196	31
Vest-Agder	470	31	373	117	410	59	505	33	441	64
Rogaland	1 520	38	1 385	209	1 324	196	1 826	46	1 613	213
Hordaland	1 705	40	1 574	239	1 525	180	2 126	50	1 933	192
Sogn og Fjordane	391	35	345	76	343	48	386	35	338	49
Møre og Romsdal	1 021	41	1 000	76	909	112	1 101	44	988	113
Sør-Trøndelag	761	26	706	90	669	92	1 178	40	1 058	120
Nord-Trøndelag	384	27	353	34	340	45	404	28	358	46
Nordland	1 020	37	986	93	924	96	1 190	44	1 092	98
Troms	822	42	803	39	753	69	894	45	825	69
Finnmark	512	43	479	54	480	32	593	50	561	32
Norge	15 582	29	13 207	2 920	13 982	1 600	20 835	39	19 058	1 777

## Energi fra overflatevann

Tabell 10 Fylkesvis inndeling av potensialet for bruk av overflatevann (kun enkeltbygg) for de tre hovedkategoriene husholdning, næringsbygg og industri til oppvarming og kjøling

	Husholdning (inkl. landbruk) (GWh/år)				Næringsbygg (GWh/år)				Industri (GWh/år)			
	Total energibehov	Totalt Overfl.vann	Innsjø	Sjø	Totalt energibehov	Totalt Overfl.vann	Innsjø	Sjø	Totalt energibehov	Totalt Overfl.vann	Innsjø	Sjø
Østfold	1689	80	13	68	747	296	78	213	493	180	54	126
Akershus	3081	171	21	153	1 787	656	77	553	698	162	78	75
Oslo	3644	751	24	726	2 828	1339	25	1299	1096	327	22	302
Hedmark	1757	65	65	0	784	265	255	0	354	73	72	0
Oppland	1766	77	77	0	816	298	289	0	341	92	92	0
Buskerud	1675	53	14	38	793	206	100	99	340	95	41	51
Vestfold	1381	114	7	112	580	323	32	293	330	132	19	112
Telemark	1062	34	13	20	518	190	89	89	235	92	33	57
Aust-Agder	597	25	5	20	286	159	43	112	110	53	29	27
Vest-Agder	885	74	17	57	446	232	50	174	204	105	34	73
Rogaland	2271	227	27	201	1 260	804	87	713	475	293	59	243
Hordaland	2602	408	53	368	1 215	850	113	755	409	267	39	240
Sogn og Fjordane	631	39	12	28	326	202	34	169	159	103	16	93
Møre og Romsdal	1397	128	5	124	652	467	32	438	426	314	23	301
Sør-Trøndelag	1662	88	5	83	892	422	43	379	362	159	28	135
Nord-Trøndelag	870	41	4	38	409	217	17	186	155	81	8	70
Nordland	1595	119	8	113	775	567	45	533	360	239	25	221
Troms	1115	148	3	145	656	456	22	435	208	149	8	144
Finnmark	683	99	9	90	377	290	28	268	125	91	11	84
<b>Norge</b>	<b>30 363</b>	<b>2 738</b>	<b>383</b>	<b>2 387</b>	<b>16 147</b>	<b>8 239</b>	<b>1 460</b>	<b>6 707</b>	<b>6 880</b>	<b>3 006</b>	<b>689</b>	<b>2 355</b>





Målestokk (A4): 1:8 067 599 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon UTM39

Kommuneoversikt potensial enkeltbygg		
Enkeltbyggpotensial totalt	Dokumentnr. 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Ufærd HCS	Dato 2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	

Figur 25 Potensialet for overflatevann (innsjø og sjøvann) på kommunenivå i MWh/år for enkeltbygg (metode I). Bygg med beregnet termisk energi-pris fra overflatevann opp til 1 kr/kWh er inkludert.



### Potensial – sjøvann – enkeltbygg

	122 - 5840
	5841 - 11179
	11180 - 19782
	19783 - 41703
	41704 - 2532292

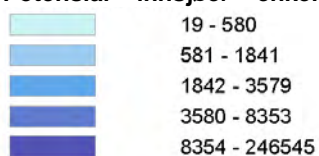
Målestokk (A4) 1:8 067 599 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon UTM33

Kommuneoversikt potensial enkeltbygg		
Enkeltbyggpotensial hav	Dokumentnr 20101079-00-2-R	Kart nr.
	Utørn HCS	Dato 2011-06-29
	Kontrollert	
	Godkjent	

Figur 26 Potensialet for sjøvann på kommunenivå i MWh/år for enkeltbygg (metode I) for. Bygg med beregnet termisk energipris fra sjøvann opp til 1 kr/kWh er inkludert.



### Potensial – innsjøer – enkeltbygg

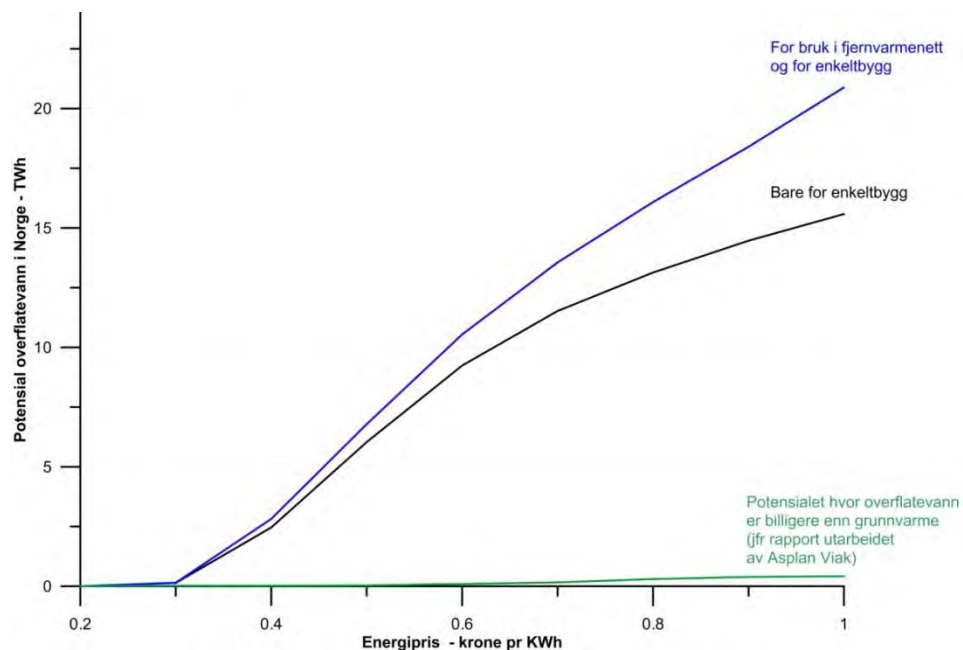


Målestokk (A4) 1:8 067 599 Datum: EUREF89, Kartprosjeksjon UTM33

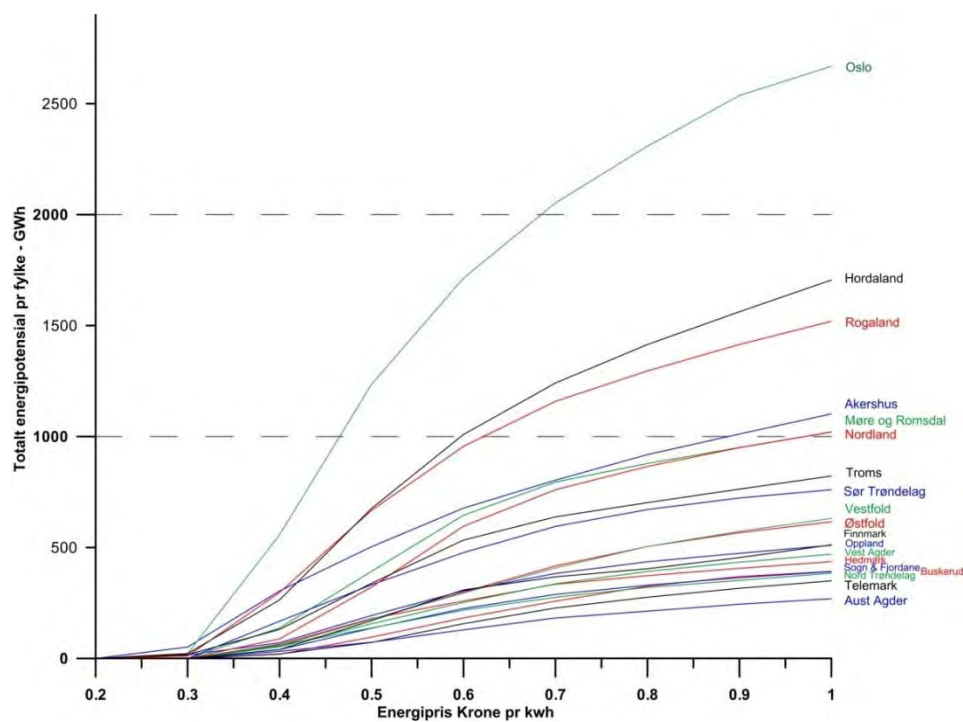
Kommuneoversikt potensial enkeltbygg		
Enkelbyggpotensial innsjø	Dokumentnr: 20101073-06-2-R	Kart nr.
	Utten: HCS	Dato: 2011-06-20
	Kontrollert:	
	Godkjent:	

Figur 27 Potensialet fra innsjøer på kommunenivå i MWh/år for enkeltbygg (metode I). Bygg med beregnet termisk energipris fra innsjø opp til 1 kr/kWh er inkludert.

# Energi fra overflatevann

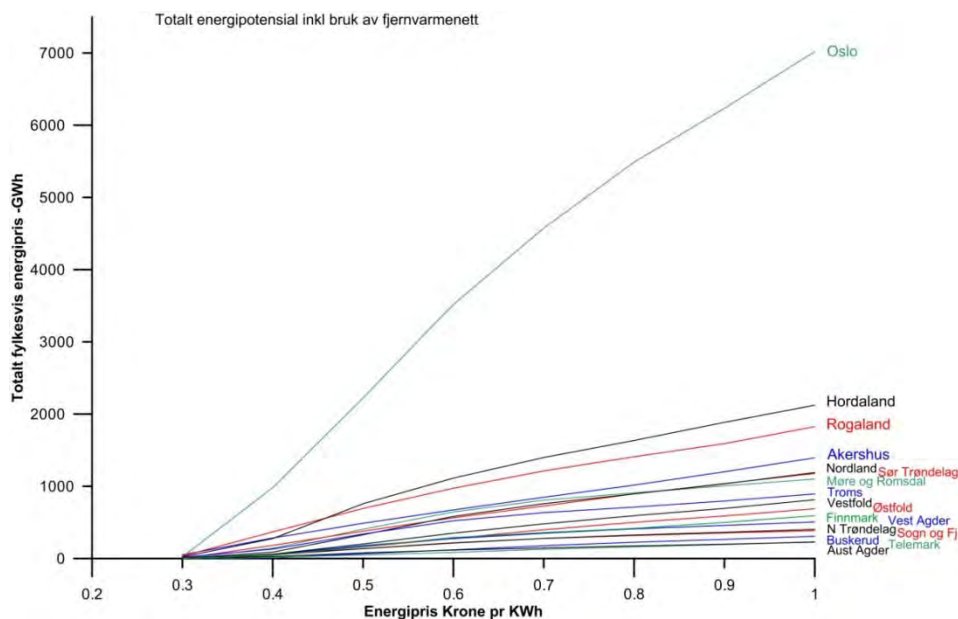


Figur 28 Beregnet totalt termisk energipotensial (TWh/år) kontra energipris (kr/kWh).



Figur 29 Beregnet fylkesvis potensial for termisk energi fra overflatevann (GWh/år) kontra energipris (kr/kWh) for kun enkeltbygg (metode I).





Figur 30 Beregnet fylkesvis potensial for termisk energi fra overflatevann (GWh/år) kontra energipris (kr/kWh) for mulige fjernvarmenett (metode II)

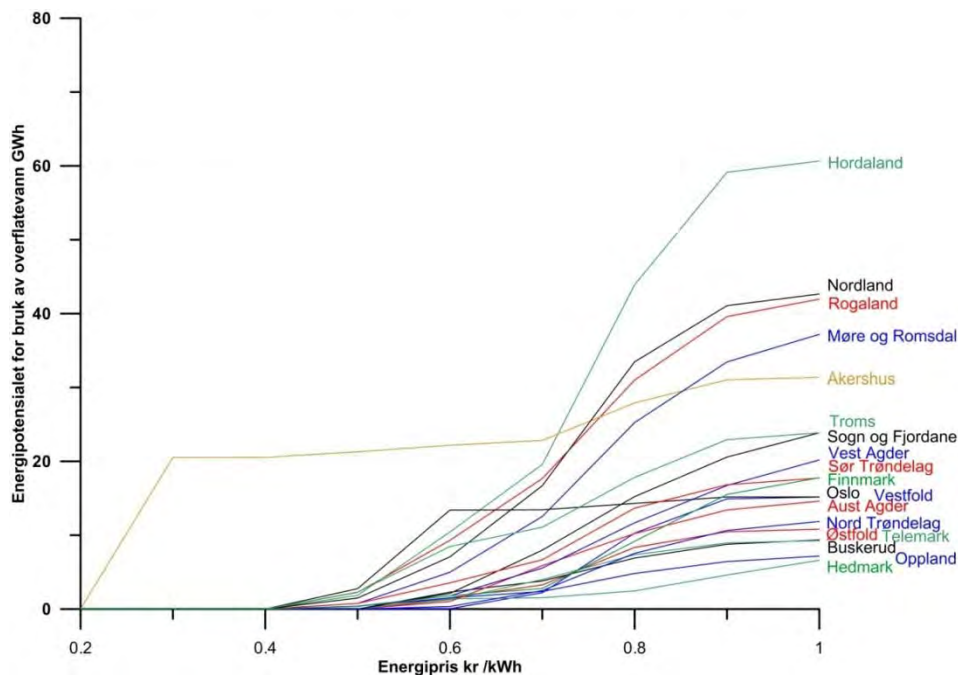
Potensialet er definert som energiuttak fra overflatevann med en spesifikk energipris under 1,0 kr/kWh. I Figur 28 til Figur 30 er det vist kostnadskurver for potensialet for bruk av overflatevann for energipriser fra 0,20 kr/kWh til 1,0 kr/kWh. Figur 28 viser totalt potensial, mens Figur 29 og Figur 30 viser potensialet for alle fylkene for henholdsvis anlegg i enkeltbygg og for anlegg for både enkeltbygg og fjernvarmenett.

Benyttes en energipris på 0,60 øre/kWh vil potensialet for bruk av overflatevann for varmpumpeanlegg for enkeltbygg være 9,5 TWh/år.

Av fylkene er det Oslo som skiller seg ut med et stort potensial. Hvis en ser på muligheten for å benytte sjøvann som energikilde i større fjernvarmenett har Oslo et potensial på 7,0 TWh/år.

#### 4.2.2 Grunnvarmekorrigert potensial for overflatevann

Potensialet for bruk av overflatevann som energikilde er sammenlignet med potensialet for grunnvarme. Analyser for potensialet for utnyttelse av grunnvarme med varmpumper er utført av Asplan Viak på oppdrag for NVE (Ramstad et al., 2011). Potensialet for overflatevann der overflatevann er billigere enn grunnvarme er beregnet til 417 GWh/år.



Figur 31 Beregnet potensial for overflatevann pr fylke (GWh/år) kontra energipris (kr/kWh) korrigert for grunnvarmepotensialet (potensial der overflatevann er billigere enn grunnvarme).

## 5 Diskusjon

### 5.1 Potensialet for overflatevann

#### 5.1.1 Grunnvarmekorrigerings av potensialet for overflatevann

Energi-potensialet for overflatevann er sammenstilt med potensialet for bruk av grunnvarme. Potensialet for grunnvarme er nylig kartlagt av Asplan Viak på oppdrag fra NVE, (Ramstad et al., 2011). Dataene fra dette studiet er benyttet i sammenligningen av potensialene. Forutsetningene for kostnadsanalysene og potensialberegningen er det samme i begge studiene, men Statistisk Sentralbyrås rutenettstatistikk for bygningsmasse i 2010 (250m x 250 m nett) og ikke Matrikkelen, er benyttet som grunnlag i grunnvarmestudiet. De er derfor ikke helt sammenlignbare.

Potensialet for grunnvarmebaserte varmepumpeløsninger utgjør alt varme- og kjølebehov i Norge i 2030. Den dyreste grunnvarmeløsningen, som er bergvarme for små anlegg med energibrønn i fjell i områder med tykk løsmasseoverdekning (Geoklasse 4), har en enhetspris på 83 øre/kWh (Ramstad et al., 2011).

Potensialet der bruk av overflatevann er antatt billigere enn grunnvarme er 417 GWh. Ut fra de to studiene er det grunnvarme som har det klart største potensialet. Spesielt for eneboliger og små anlegg er ikke bruk av overflatevann konkurransedyktig med grunnvarme. Mht. potensialet for hvert fylke pr enhetspris er Hordaland det gunstigste fylket med grunnvarmekorrigerte potensialdata. Det er ikke antatt at åpne grunnvarmeløsninger med direkte bruk av grunnvann er et



alternativ for enebolig og små anlegg. Det forklarer at man har en økning i overflatevannpotensialet selv med en enhetspris over 83 øre/kWh.

## 5.2 Begrensninger og usikkerheter ved metoden

### 5.2.1 Matrikkelen

Matrikkeldataenes kvalitet er en av de store usikkerhetene i dette studiet. Potensialstudiet for fornybar varme og kjøling 2020 og 2030, som er utarbeidet av Xrgia på oppdrag for Enova tar også utgangspunkt i Matrikkelen. Der konkluderes det med at kvaliteten på data fra Matrikkelen er den største usikkerheten i resultatene (Havskjold et al., 2011).

Av totalt 2049 621 matrikkelpunkt som ble brukt i analysen i overflatevann studiet, har 708 641 matrikkelpunkt ikke registrert areal. Det tilsvarer ca 35 %. Data for bygningens areal er spesielt mangelfull for nærings- og industribygg. Dette er bygningstyper som har stor variasjon i bygningsarealet og gjerne høyt energiforbruk. Bygninger som ikke har registrert areal har fått et gjennomsnittsareal beregnet ut fra tilsvarende bygningstype i samme fylke.

I en eventuelt videre studie bør det vurderes å supplere med arealdata fra bygg-polygonene i FKB<sup>11</sup>. Antall etasjer har en høyere registreringsprosent enn areal, slik at antall etasjer kombinert med byggets grunnareal fra FKB vil gi et bedre grunnlag for beregning av byggets varmebehov.

### 5.2.2 Framskrivning av varme og kjøling

Det er store usikkerheter knyttet til framtidens oppvarming og kjølebehov. I dette studiet er det antatt at varme og kjølebehovet i 2030 er det samme som dagens behov. Det er nylig utført flere studier på framtidens varme- og kjølebehov (Havskjold et al., 2011), (NVE, 2010).

Analyser av framskrivningen av energibruk utført av NVE viser at oppvarmingsbehovet reduseres med 3,5 % fra 2008 til 2030, til tross for at arealet øker med 11,5 % i samme periode. Oppvarmingsbehovet i 2030 er anslått til i underkant av 53 TWh/år, noe som er rundt 15 TWh mer enn Xrgias fremskrivning (Havskjold et al., 2011), og skyldes hovedsakelig ulikt syn på fremtidig bygningsareal. Nylig publisert energistatistikk fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) viser at vi aldri har brukt så mye energi til oppvarming og kjøling som i 2010. Økt fokus på energieffektivisering har ikke hatt forventet effekt på nordmenns energibruk. SSB peker på at faktorer som kalde vintre og økende levestandard har stor betydning for det økte energibruken.

Det foreligger lite dokumentasjon for bruk av energi til kjøling. Ca 90 % av nye kontorbygg utstyres i dag med kjøling, og det kan dokumenteres at etterspørselen etter kjøling er økende noe som isolert sett bidrar til økt energietterspørsel (Grorud og Rasmusen, 2007).

---

<sup>11</sup> FKG – felles kartdatabase, [www.statkart.no/Norge\\_digitalt/Norsk/Basisdata/Geovekst\\_-\\_FKB/](http://www.statkart.no/Norge_digitalt/Norsk/Basisdata/Geovekst_-_FKB/)

Termisk energi fra overflatevann og andre energikilder, definert som omgivelsesvarme (bergvarme, grunnvann, luft, spillvarme) er ikke inkludert i dagens energiregnskap. Bruk av varmepumpebaserte løsninger med bruk av omgivelsesvarme er klassifisert som energieffektiviserende virkemiddel noe som kommer som fratrekk i energioversikter. IEA benytter forøvrig begrepet Negawatt (Energy not used) om disse energieffektiviserende alternativene. Det forventes en betydelig økning i utnyttelse av omgivelsesvarme ved bruk av varmepumpe (Eggen og Slettahjell, 1995, Havskjold et al., 2011), og det totale oppvarmings- og kjølebehovet i 2030 vil derfor være høyere hvis varmepumpebidraget inkluderes. Potensialet for bruk av overflatevann er derfor underestimert i dette studiet.

### **5.2.3 Framtidig utbygging**

Potensialstudiet tar utgangspunkt i dagens bebyggelse og avstanden mellom eksisterende bygninger og nærmeste sjø og innsjø. Det er antatt at framtidens bygninger i snitt har samme avstand til overflatevann som dagens bygg.

I 1985 kom Plan- og Bygningsloven §17-2 (tidligere Strandloven ) med følgende lov :”Bygning, konstruksjon, anlegg eller innhegning kan ikke oppføres nærmere sjøen enn 100 meter fra strandlinjen målt i horisontalplanet ved alminnelig høyvann og kan heller ikke endres vesentlig. Forbudet gjelder også deling, herunder salg eller bortleie av ubebygde del (parsell eller tomt) av eiendom". Det kan også argumenteres med at sjøkanten i byene, som er det mest attraktive området, allerede er utbygd, slik at framtidens bygninger vil bli etablert lengre unna sjøen. Det gjøres imidlertid mange unntak for Plan & Bygningsloven §17-2, og blant annet både i Trondheim og Oslo har det vært storstilt utbygging langs sjøkanten og i havneområdet de siste årene

### **5.2.4 Hytter og fritidsboliger**

Alle hytter og fritidshus har antatt et energibehov med samme spesifikke energibruk som for en enebolig. En stor andel av de ”ekte” hyttene har ikke innlagt elektrisitet og antall bruksdøgn på hytter og fritidsboliger i oppvarmingsssonen er som regel langt lavere enn for en enebolig. Det antas derfor at energibehovet for denne bygningstypen er overestimert. I og med at de fleste hytter er registrert i Matrikkelen med et lite bygningsareal har de fått et beregnet et lite energibehov, noe som medfører en høy energipris for investering i varmepumpebasert overflatevannsløsning. Det er derfor få hytter og fritidsboliger som er inkludert i det totale potensialet for overflatevann.

### **5.2.5 Varmedistribusjon internt i bygget**

Kostnader til varmedistribusjon internt i bygget er holdt utenfor analysen ettersom kvalitetssikrede data ikke var tilgjengelig på analysetidspunktet. Det er heller ikke registrert i Matrikkelen hvilke bygg som har vannbåren varme. Dette betyr at varmeløsninger basert på vannbåren varme vil ha en ytterligere utfordring kostnadmessig enn hva som er synliggjort i dette studiets analyser.

Andelen vannbåren varme i norske bygninger er i tallmateriale fra NVEs byggoperatør O.G. Søgne (1998) inkl. oppdatering anslått til ca. 20 % i boliger og 70 % i næringsbygg. Ca. 35-40 % av nye boliger får i dag installert vannbåren varme.

Prisen for å ettermontere distribusjon av vannbåren varme er vesentlig, Tabell 11 (Haarberg et al., 2010).

Tabell 11 *Kostnader for ettermontering av vannbåren varme i NOK pr m<sup>2</sup> hvor ROT er eksisterende bygningsmasse (Haarberg et al., 2010)*

	Varmeavgiver			Kombinasjonsanlegg		
	Gulvvarme	Radiator	Viftekonvektor	Gulvvarme & radiator	Gulvvarme & viftekonvektor	Radiator & viftekonvektor
<b>Nye boliger</b>	601	528	521	568	565	525
<b>ROT boliger</b>	698	619	592	662	650	607
<b>Nye yrkesbygg</b>	570	620	621	593	593	621
<b>ROT yrkesbygg</b>	787	739	828	766	806	779

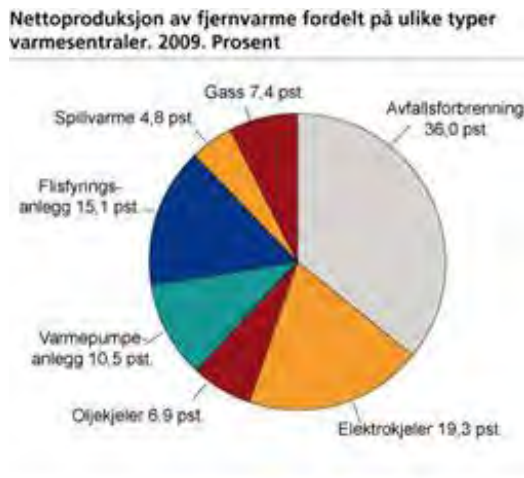
Hvis en ser på potensialet beregnet for husholdning i enkeltbygg (metode I) vil snittprisen pr kWh øke fra 0,85 kr til ca. 1,2 kr hvis en inkluderer kostnadene for gulvvarme (nedskrivning på 25 år for installert gulvvarmeanlegg). Potensialet for husholdninger vil reduseres fra 2.738 GWh til 1.095 GWh også for husholdninger med de samme forutsetningene for å regnes inn i potensialet (maksimalpris 1 kr/kWh). For nye bygg vil ekstrakostnadene være vesentlig lavere siden man kan slippe å investere i annen oppvarming i tillegg.

### 5.2.6 Etablerte fjernvarmenett

I analysen er alle bygg sett på som en del av et mulig potensial. Det er ikke tatt hensyn til eksisterende fjernvarmeanlegg. I Norge var det i 2009 installert fjernvarmeanlegg som totalt leverer ca. 3,3 TWh/år, Figur 32 (SSB, 2009). Disse anleggene henter energien fra flere forskjellige varmekilder og dekker områder uavhengig av nærhet til for eksempel hav, Figur 33 (SSB, 2009).



Figur 32 *Forbruk av fjernvarme i ulike grupper (SSB, 2009)*



Figur 33 Fordeling av energikilder for fjernvarmeanlegg (SSB, 2009)

Det eksisterer i dag ingen gode datasett som kan brukes i en GIS-analyse til å fortelle om hvor stor del av overflatevannpotensialet som er dekket av eksisterende anlegg. Det vi vet er at fjern- og nærvarmeanleggene er lokalisert til områder der lønnsomheten for dette er størst slik som Oslo, Bergen, Trondheim og Tromsø. Disse områdene har også det største potensialet fra overflatevann på grunn av den tette bebyggelsen. Avhengig av typen beregningsmetode, kun enkeltbygg (metode I) eller med fjernvarme (metode II) en benytter, har hhv. Oslo 2668 (I), 6973 (II), Bergen 1054 (I), 1528 (II) Trondheim 486 (I), 937 (II) og Tromsø 362 (I), 414 (II) MWh/år i potensial. Dette tilsvarer hhv. ca. 30 % av totalt potensial i Norge (metode I) og ca. 47 % (metode II). Hvis bygg dekket av fjernvarme tas bort fra potensialet vil tilgjengelig potensial i Norge følgelig reduseres.

Det har de siste årene vært en kraftig vekst i bruken av fjernvarme. Om denne veksten vil holde seg er vanskelig å si, men man må anta at den etter hvert vil stoppe noe opp siden det ofte er de mest lønnsomme områdene som bygges ut først. Det ser i dag også ut til å være en trend for utnyttelse av sjøvann for kjøling. Flere store aktører etablerer seg med sjøvannsbaserte kjøleanlegg (f.eks. i Stavanger og Bergen) i tillegg til at store energiaktører som Hafslund bygger ut kjølekapasitet basert på sjøvann. Uansett må vi forvente en økt bruk av sjøvann i større anlegg for oppvarming og kjøling.

### 5.2.7 Differensierte trasekostnader

I studien ble det vurdert å bruke andre datakilder for å differensiere på for eksempel gravekostnader. Her kunne NGUs løsmassekart<sup>12</sup> vært brukt for å differensiere gravekostnadene. Dette ble imidlertid ikke inkludert i studiet siden lokale forhold og trasévalg antagelig spiller sterkere inn enn dataene klarer å fange opp, og det derfor er tvilsomt om det ville tilføre analysen noe.

<sup>12</sup> Løsmassekart, [www.ngu.no/kart/losmasse/](http://www.ngu.no/kart/losmasse/)

## 5.2.8 *Områder med restriksjoner*

Marine nasjonalparker ble vurdert brukt, men etter en diskusjon med Direktoratet for Naturforvaltning ble det konkludert med at de ikke skulle med i analysen. For innsjøer ble det vurdert å gjøre en begrensning for drikkevannskilder. Folkehelseinstituttet har data som beskriver hva som er drikkevannskilde. Restriksjonene rundt drikkevannskildene varierer og det er derfor ikke tatt høyde for eventuelle energiutnyttelse og mulig medfølgende forurensingsrisiko av drikkevannskildene. På grunn av usikkerhetene og det begrensede omfanget ble det ikke tatt hensyn til eventuelle restriksjoner i analysen.

## 5.2.9 *Innsjøer*

Data for temperatur finnes kun i et svært begrenset omfang for Norges innsjøer. Innsjøers temperatur er ikke utelukkende avhengig av hvilken region de ligger i, men også lokale forhold som vindforhold, innsjødybde og høyde over havet. Dette gjør det vanskelig å lage en generell modell for Norge som kan forutsi vanntemperaturen. I dette studiet er derfor samme temperatur og samme gjennomsnittlige effektfaktor (COP) for varmepumpene benyttet for alle innsjøer.

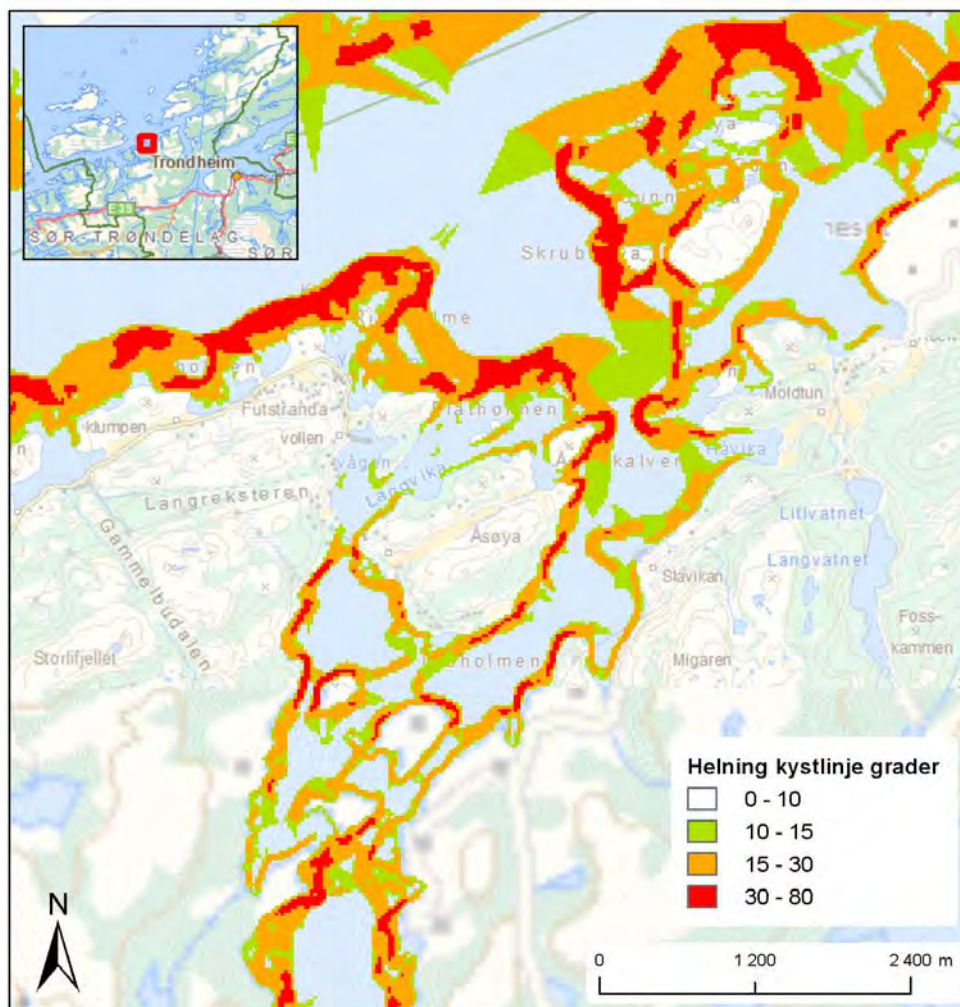
Vanddyppet er også mangelfullt kartlagt. Det har derfor blitt antatt en middeldybde for innsjøer etter anbefaling fra NVE. Dette middeldyppet har blitt brukt i dette studiet for å regne ut hvert enkel innsjøs potensial. Dette betyr at det kan være vesentlig forskjeller mellom modellert varmekapasitet og reell varmekapasitet i hvert enkelt vann. Dette kan imidlertid slå begge veier mht beregnet potensial.

De innsjøer som brukes til kjøling vil også få tilført termisk energi. Effekten av dette er svært usikker og utelatt fra studiet.

## 5.2.10 *Lokale forhold sjøvann*

Alt sjøvann er i studiet sett på som homogent. I realiteten er forholdene for å utnytte sjøvann til termisk energi svært varierende. Temperaturen varierer med flere grader avhengig av hvor langs kysten man er. I tillegg varierer topografien og strømningsforhold. I flere fjorder er det også terskeeffekter som gjør det mindre gunstig å utnytte den termiske energien. Slike lokale forhold er ikke tatt med da det ville komplisere analysen vesentlig og variasjonen i temperatur er en mindre feilkilde enn flere av de andre forenklingene det har vært nødvendig å gjøre i studiet. Dette kan imidlertid tas med i en videreføring av dette studiet. Det kan også topografien som kan være med å styre valg av anleggstype. Brådype områder er lite egnet for kollektorløsninger mens langgrunne områder er lite egnet for direkte opptak av sjøvann. Figur 34 viser et eksempel på helning i de kystnære områdene. Dataene brukt i figuren er relativt grove og er avledet fra sjøkartverkets nasjonale dybdedatasett. I eventuelle videre studier bør mer detaljerte data brukes.





Figur 34 Eksempel – helningskart for kystnære områder Sør-Trøndelag

### 5.2.11 Forenklinger i analysen

For å kunne gjøre studiet innenfor prosjektets rammer har det i tillegg til forenklinger i datasettene som er brukt også vært nødvendig å gjøre flere forenklinger i metodikken brukt i selve analysen. Her beskrives de forenklingene som er gjort.

- *Trasélinje* – Lengdene av traséene er beregnet som korteste avstand mellom matrikkelpunkt og varmekilde. Dette vil i de fleste tilfeller være vesentlig kortere enn en reell trasé. Dette fører til lavere energipris og kan i en viss grad kompensere for manglende gruppering.
- *Ingen gruppering* – I metode I som ser på enkeltbygg får hvert enkelt bygg sitt eget varmepumpeanlegg. Her blir varmepumpekostnaden noe overestimert og trasékostnadene vesentlig overestimert spesielt i tettbebygde områder. Dette fører til at enkelte bygg som skulle vært inkludert i potensialet faller utenfor.



- *Upresis gruppering* – I metode II er grupper av bygg knyttet til hverandre. I en iterativ prosess knyttes grupper som enda ikke er knyttet direkte eller indirekte til sjøvann til en annen gruppe som er det (*Kapittel 3.4.2*). Metoden ser kun på nærmeste gruppe og skiller ikke på om gruppen den finner ligger nærmere eller lengre fra varmekilden sjøvann. Dette kan føre til et urasjonelt nettverk med unødvendig lange rørtraséer og dermed en overestimering av enhetsprisen.
- *Utelatt innsjøer* – I metode II som ser på grupper er det ikke beregnet noe potensial mot innsjøer. Dette har ikke vært mulig innenfor prosjektets rammer på grunn av problemstillingens kompleksitet. Det kan imidlertid antas at på grunn av innsjøenes begrensede varmekapasitet er metode IIs potensial mot innsjøer ikke er vesentlig høyere en metode I som kun ser på enkeltbygg.

## **6 Suksesskriterier for bruk av varmepumper med utnyttelse av overflatevann**

### **6.1 Innledning**

Det er økende fokus på effektiv og miljøvennlig energibruk i bygninger i EU, og Fornybardirektivet (EU, 2006), Bygningsenergidirektivet (EU, 2009-1) og Øko-designdirektivet (EU, 2009-2) gir sterke føringer for norsk energi- og miljøpolitikk. Eksempel på dette er krav om at en gitt andel av årlig varmebehov skal dekkes med fornybar varme (TEK10), statlige/kommunale strategier for utskifting av oljefyringsanlegg samt introduksjon av ulike systemer for energi- og miljømerking av bygninger inkl. NVEs energimerking samt BREEAM og LEED. Varmepumpesystemer som utnytter overflatevann som varmekilde dekker typisk 50-70 % av årlig varmebehov med fornybar varme, og en betydelig andel av eventuelle kjølebehov vil kunne dekkes med direkte varmeveksling mot varmekilden (frikjøling, fornybar kjøling). Økt bruk av denne typen varmepumpeanlegg vil derfor bidra positivt til at Norge skal kunne nå sin langsiktige energi- og miljømåling.

### **6.2 Kunnskap, informasjon og veiledning**

Det er en del forhold som reduserer mulighetene for å realisere potensialet for varmepumper med overflatevann som varmekilde, bl.a.:

- Stor avstand til varmekilde (sjøvann, innsjøvann, elv), ugunstige lokale forhold mht. utnyttelse av varmekilde osv.
- Manglende kjennskap til varmepumper som en lønnsom og miljøvennlig teknologi for oppvarming og kjøling av bygninger
- Mangelfull bestillerkompetanse (boligeier, borettslag, byggherre, utbyggingsselskap, kommune/stat osv.)

- Mangelfull kompetanse ved prosjektering, bygging og drift av varmepumpesystemer som utnytter overflatevann – anlegg med driftsproblemer og lav energisparing er dårlig reklame
- Høye ekstrakostnader ved behov for etterinstallasjon av vannbårent varmeanlegg i eksisterende bygninger
- Høytemperatur varmeanlegg og fjernvarmeanlegg gir redusert energisparing og ugunstige driftsforhold for varmepumper

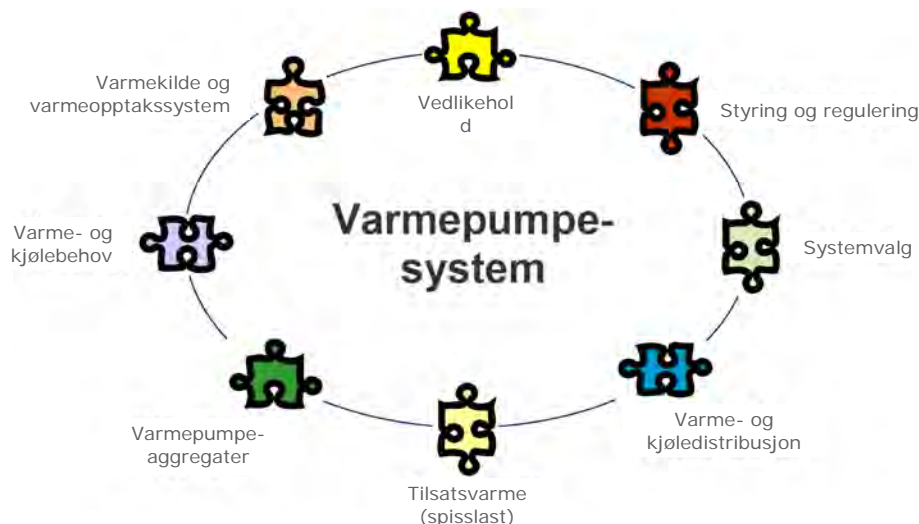
For å få etablert flest mulige vellykkede varmepumpesystemer som utnytter overflatevann bør det fokuseres på kompetanseutvikling, kunnskapsformidling/informasjon samt energieffektive og driftssikre standardløsninger for både varmepumpeanlegg og sekundærsystemer for varme- og kjøledistribusjon. Eksempler på strategier og tiltak vil være:

- Måltrettet satsing på kompetanseutvikling for alle aktører i varmepumpe- og VVS-bransjen gjennom økt utdannings- og kursvirksomhet (*Kap. 6.3*).
- Varmepumpeteknologi må i langt større grad inngå som kjennskapsfag hos bl.a. arkitekter, byggingeniører, entreprenører og driftspersonale
- Utvikle underlag for "Beste praksis" for varmepumpeanlegg som utnytter overflatevann gjennom erfaringsoverføring fra kompetente aktører i bransjen samt systematiske feltmålinger, jfr. satsingen på "Best Practice" innen EU, IEA og Den europeiske varmepumpeforeningen (EHPA).
- Skape forståelse i VVS-bransjen for at lavtemperatur varmesystemer i stor grad bidrar til økt energisparing og driftssikkerhet i varmepumpeanlegg
- Innføre krav til minimumsinstrumentering i varmepumpeanlegg for å øke mulighetene for optimal drift
- Arbeide aktivt for å utvikle mer kostnadseffektive løsninger for billigere lavtemperatur vannbårne varmeanlegg for nye og eksisterende bygninger uten at dette går ut over kvalitet og fleksibilitet, jfr. Enovas arbeide med billigere vannbåren varme.
- Systematisk informasjonsoverføring til stat, kommuner, boligeiere, byggherrer, utbyggere, borettslag osv. for å opplyse om de tekniske, miljømessige og økonomiske fordelene med varmepumper
- Innføring av regelverk som sikrer at varmepumper blir vurdert som et alternativ i alle faser i byggeprosjekter, dvs. i kommunale/statlige energi- og klimaplaner, reguleringsplaner, skisseprosjekter, forprosjekter og planer for rehabilitering av eksisterende bygningsmasse.
- Etablering av Norsk Standard for varmepumpeanlegg som utnytter overflatevann (sjøvann, innsjøvann, ellevann) som varmekilde.
- Etablering av offentlig tilgjengelige databaser for vanntemperaturer, dybde-data osv. samt krav til innrapportering av varmepumpeanlegg med overflatevann som varmekilde jfr. NGUs grunnvannsdatabase.

## 6.3 Kvalitetssikring – total kvalitet

Varmepumpesystemer for oppvarming og eventuelt kjøling av bygninger er relativt komplekse installasjoner. For å kunne oppnå høy energisparing og god driftssikkerhet er det viktig at de anleggene som installeres har *høy total kvalitet*, dvs. at varmepumpen fungerer mest mulig optimalt sammen med alle deler av varme- og kjølesystemet i hele anleggets levetid. Hvis varmepumper som utnytter overflatevann skal framstå som et godt alternativ for storskala utnyttelse i framtidens nye og eksisterende bygninger kreves det varmepumpekompetanse ved prosjektering, dimensjonering, installasjon, overlevering, drift og vedlikehold av anleggene.

Et varmepumpesystem er aldri bedre enn sitt ”svakeste ledd”, Figur 35.



*Figur 35 Høy kvalitet for varmepumpesystemer fordrer kvalitet i alle ledd ved prosjektering, dimensjonering, aggregat- og komponentvalg, overlevering, drift og vedlikehold.*

For prosjektering av varmepumper som utnytter overflatevann kreves det bl.a. spesialkompetanse på utforming, dimensjonering og materialvalg for varmeopptakssystemer tilpasset disse varmekildene. Alle deler av varmeopptakssystemet som er i kontakt med vann må beskyttes mot begroing, frostfare, korrosjon og evt. mekaniske belastninger for å forhindre driftsproblemer og sikre høy energisparing i hele anleggets levetid.

Nedenfor er det vist viktige forhold ved prosjektering, overlevering og drift av større varmepumpesystemer som utnytter overflatevann:

- **Entrepriseform – prosjektorganisering**
  - Bruk av formålstjenlig entrepriseform – én kompetent hovedansvarlig for utforming, dimensjonering, installasjon, overlevering osv.

- **Forprosjekt**

- Analyse av tekniske/økonomiske forutsetninger/muligheter for utnyttelse av varmepumpe med sjøvann, innsjøvann eller ellevann
- Overslagsmessig beregning av bygningens oppvarmings- og kjølebehov med maks. netto effektbehov, effektvariasjoner i forhold til bygningens driftstid samt årlig varme- og kjølebehov
- Overslagsmessig lønnsomhetsberegning med følsomhetsanalyse (nåverdi, spesifikk varme-/kjølepris osv.) for ulike varmepumpekonsepter og varmekilder – valg av varmekilde og varmepumpekonsept
- Forslag til foreløpig overordnet utforming og dimensjonering av varmepumpesystemet

- **Detaljprosjektering**

- Avklaring av kritiske faktorer (flaskehalser osv.) – tett samarbeid med de andre fagdisiplinene i hele detaljprosjekteringsfasen
- Detaljert beregning av bygningens varme- og kjølebehov inkl. utarbeidelse av effektvarighetskurver
- Detaljert utforming og dimensjonering av varmepumpeaggregater – dimensjonering i henhold til bygningens varme- og kjøleeffektbehov, samt temperaturer/massestrømmer for varme- og kjøledistribusjonssystemer, standardaggregat eller skreddersøm, sammenkopling av aggregater, sammenkobling med spisslastenhet osv. – fokus på driftssikkerhet, regulerbarhet og høy effektfaktor (COP) ved alle driftsforhold
- Detaljert utforming og dimensjonering av varmeopptakssystemet.
- Detaljert utforming av varme og kjølesystemene – vurdere muligheter for reduksjon av temperaturnivået i varmesystemet, samt muligheter for økning av temperaturnivået i kjølesystemet for maksimal utnyttelse av eventuell frikjøling mot varmekilden
- Instrumentering med følere med tilstrekkelig nøyaktighet slik at det er mulig å gjennomføre overleveringsprøve, prøvedrift, innregulering/finjustering samt detaljert overvåkning/oppfølging
- Optimalisering av reguleringsstrategi for varmepumpesystem ved fullast/dellast ved varme- og kjøledrift – koordinering med bygningens system for sentral driftskontroll (SD-anlegg)
- Utforming av komplett dokumentasjon for varmepumpesystemet mht. anleggsoppbygging, komponentdata, styring/regulering osv.

- **Overlevering – ferdigstillelse**
  - Funksjonskontroll
  - Overleveringsprøve – måling av varme-/kjøleeffekter samt effektfaktor ved spesifiserte driftstilstander – eventuelt bot-/bonusordning ved lavere/høyere ytelse/effektfaktor i forhold til garanterte verdier
  - Prøvedriftsperiode – innregulering og finjustering av varmepumpesystemet over 1-12 måned(er)
- **Driftsperiode**
  - Kontinuerlig overvåkning og optimalisert drifting med kvalifisert driftspersonale
  - Regelmessig ettersyn og vedlikehold av hele varmepumpesystemet inkl. varmeopptakssystem for overflatevann (rørledninger, varmevekslere, pumper, filtre, ventiler osv.)

## 7 Konklusjon og anbefalinger

Potensialet for bruk av overflatevann som energikilde er beregnet til **15,6 TWh/år**, hvor utnyttelse av sjøvann utgjør ca. 85 % av potensialet. Alle landets fylker utenom Hedmark og Oppland har et betydelig potensial for å utnytte den termiske energien i sjøvann til oppvarming og kjøling av bygninger ved hjelp av varmepumper.

### *Kjøling*

Et fortrinn ved bruk av varmepumpeløsning med overflatevann er at energisystemet kan benyttes både til oppvarming og kjøling. Oppvarmingsbehovet er i dag det dominerende. Det er beregnet et potensial for oppvarming på 14,0 TWh mens potensialet for kjøling er på 1,6 TWh. Det er spesielt store usikkerheter knyttet til framtidens kjølebehov. Ved etablering av billige og miljøvennlige alternativer for kjøling kan det bidra til økt etterspørsel og behov.

### *Fjernvarme basert på sjøvannsbaserte varmepumper*

Sjøvannsbaserte varmepumper kan levere varme til fjernvarmenett. Ved å inkludere mulighet for sjøvann som energialternativ i lavtemperatur fjernvarmenett vil potensialet øke med 34 % til 20,8 TWh.

### *Dagens teknologi for bruk av overflatevann*

De første sjøvannsbaserte varmepumpeanleggene i Norge ble etablert på 80-tallet, og teknologien må anses som moden og utprøvd. Det finnes dessverre en del "problemanlegg" som bl.a. sliter med begroing i sjøvannsledning og varmevekslere. Det finnes mye erfaring og kompetanse på prosjektering og drifting av varmepumpeanlegg som utnytter sjøvann og innsjøvann. Det ansees derfor som viktig at det etableres en veileder (Norsk Standard) for etablering av slike anlegg.

### *Matrikkelen som grunnlag i potensialstudier for bruk av omgivelsesvarme*

Matrikkelen er egnet som grunnlag for potensialstudier for bruk av omgivelsesvarme som eksempel overflatevann. I landsomfattende potensialstudier som dette vil det være nødvendig å gjøre en del forenklinger, i hvertfall innefor de rammer som er gitt for dette studiet.

Det anbefales at Matrikkelen benyttes også i kommunale klima- og energiplaner og reguleringsplaner for å kartlegge potensialet for bruk av overflatevann. Det vil da være mulig å øke detaljeringsgraden ved for eksempel:

- å vurdere direkte og indirekte varmeopptakssystem ved å inkludere bathymetridata og vanndybde data
- forbedre kostnadsanslag på rørtrasé ved å inkludere geologiske data (løs-massetykkelse) og data for infrastruktur (veg, bygninger osv.)

### *Inkludere kostnader for vannbåren varme*

Det er en svakhet i studiet at kostnader ved vannbåren varme ikke er inkludert. Det vil være mulig ut fra eksisterende data å gjøre et anslag på dagens og framtidens andel av vannbårne energisystem i eksisterende og nye bygninger og inkludere kostnadene i potensialstudiet.

### *Database for vanntemperaturdata*

Det finnes en del data på vanntemperaturer både i innsjøer og sjø, men disse er ikke tilgjengelig. Det anbefales at NVE tar ansvar for etablering av en landsomfattende database for vanntemperaturer som er offentlig tilgjengelig og hvor dataene kan sammenstilles og lastes ned

### *Oversikt over eksisterende varmepumpeanlegg som utnytter overflatevann*

Det er ikke innrapporteringsplikt for etablering av energianlegg basert på overflatevann, og det finnes ingen oversikt over hvor mange anlegg som finnes. Hvis man ønsker en økt utnyttelse og en bærekraftig utvikling av dette energialternativet bør det etableres en database eller register for eksisterende anlegg. En slik oversikt vil være en viktig del i markedsføring av energialternativet. Ved økende bruk av overflatevarme vil det på sikt være nødvendig med en slik oversikt slik at man unngår konflikt mellom anlegg ved legging av kollektorsløyfer eller etablering av større eller vanninntak



## 8 Referanser og litteratur

BE, 2004. *Nye krav til bygningers energibehov. Supplerende konsekvensvurderinger og alternative prinsipper for fastsettelse av rammekrav til energibehov.* Statens byggt tekniske etat (BE). Utarbeidet av Civitas, Gurigard og Emendo.

Berge, F.S., Steen, J.E., 1985. *Temperaturforhold langs kysten av Nord-Norge.* ISBN 82-595-3984-5. NHL-rapport STF60 A85049.

Bose, J., 2005. *Ground-Source Heat Pump Activity and Its Future.* IEA Heat Pump Centre Newsletter, Volume 23, 4/2005.

Eggen, G., Slettahjell, O., 2005. *Varmepumpens bidrag til redusert energibruk i Norge.* Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) 12/2005.

EU, 2006. *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings.* The European Commission.

EU, 2009-1. *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (RES Directive).* The European Commission.

EU, 2009-2. *Directive 2009/125/EC of the European Parliament and the Council of 21 October 2009 Establishing a Framework for the Setting of Eco-Design Requirements for Energy-Related Products.* The European Commission.

Energi21, 2011-1. *Energi21 – nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny teknologi – hovedrapport.* Juni 2011.

Energi21, 2011-2. *Energi21 – innsatsgruppe fornybar termisk energi – arbeidsgruppe varmepumpe- og kuldesystemer.* Juni 2011.

Enova, 2007. *Barrierer for økt utbygging av lokale varmesentraler og nærvarmeanlegg.* Studie utført for Enova SF utført av Norsk Bioenergiforening, Norsk varmepumpeforening og Norsk Petroleumsinstitutt.

Grorud, C., Rasmussen, I., Strøm, S., 2007. *Framskrivning av varmepumpens bidrag til det norske energisystemet.* Vista Analyse AS. Utarbeidet på oppdrag for Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE). Rapport 14 februar 2007.

Havskjold, M., Lislebø, O., Langseth, B., Ingeberg, K., 2011. *Potensial for fornybar varme og kjøling 2020 og 2030.* Studie for Enova utført av Xrgia AS.

Haarberg, K.J., Elnan, K., von Essen, J., Hovden, A., Ekvall, T., Melbäck, J., 2010. *Kostnader ved installasjon av vannbåren varme – sammenlikning av Norge og Sverige.* Studie for Enova SF utført av Prognosesenteret AS.

Jarstein, S., Palm, L.T., Haukland Næss, B., Nossun, Å., Johnsen, M., 2009. *Kompetanse innen vannbårne varmesystemer i bygg.* Studie for Enova SF utført av Multiconsult AS, Analyse & Strategi AS og Rembra AS.

Käck, K., 2003. *Utvinning av havs- og fjordvarme med varmepump ur et ressurs- og miljömässig perspektiv – förutsättningar i Norge*. Examensarbete Uppsala Teknische Högskola, oktober 2003.

Kalskin, R. Hilmo, B.O 1999 Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Elverum NGU Rapport 99.008.

Norsk teknologi, 2010. *Større varmepumpeanlegg i Norge*. Faktahefte nr. 12.

Novap, 2011. *Varmepumpestatistikk*. Norsk varmepumpeforening.

NVE, 2007. *Kostnader ved produksjon av kraft og varme*. Handbok 1-2007. Redaktør K. Hofstad. 56 sider

NVE 2010. *Tiltak og virkemidler for redusert utslipp av klimagasser fra norske bygninger – et innspill til Klimakur 2020*. Rapport nr 4/2010. Redaktør K.B Lindberg. 209 sider.

Orr, H.G., des Clers S., Simpson G.L., Hughes M., Battarbee, R.W., Cooper L., Dunbar, M.J. Evans R., Hannaford J., Hannah, D.M. Laize C., Richards, K.S Watts G., & Wilby R.L, 2010. *Changing water temperatures a surface water archive for England and Wales*. BHS Third International Symposium Managing Consequences of a Changing Global Environment, Newcastle 2010.

Ramstad, R.K., Pedersen, P.D., Hilmo, B.O., 2011. *Grunnvarme i Norge – kartlegging av økonomisk potensial*. Asplan Viak AS. Utarbeidet på oppdrag for Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE). Rapport 1/2011-03-31.

Skanska, 2008. *Kings Mill Hospital, UK. Case Study 40*. Faktaark, nov. 2008.

SSB, 2009. *Statistikk*. Statistisk sentralbyrå.

Steen, J.E., Rye, H., Thendrup, A., 1981. *Temperaturforhold i norske kystfarvann*. ISBN 82.595-2438-4. NHL-rapport 2-A81039.

Steen, J.E., Rye, H., 1982. *Temperaturforhold i noen fjorder langs Øst- og Sørlandet*. ISBN 82-595-2715-4. NHL-rapport STF60 A82010.

Steen, J.E., 1983. *Temperaturforhold i fjorder og farvann langs Vestlands- og Trøndelagskysten*. ISBN 82-595-3124-9. NHL-rapport STF60 A83054.

Steen, J.H., Rye, H., 1985. *Temperaturforhold i Mjøsa, Tyriffjorden og Randsfjorden*. ISBN 82-595-4079-7. NHL-rapport STF60 A85076.

Stene, J., 2001-1. *Varmepumper – grunnleggende varmepumpeteknikk*. ISBN 82-14-00397-0. Rapport STF84 A97302. SINTEF Energiforskning AS.

Stene, J., 2001-2. *Varmepumper – bygningsoppvarming*. ISBN 82-14-00398-9. Rapport STF84 A97303. SINTEF Energiforskning AS.

SVEP, 2011. *Fakta om vannvarme, faktaark*. Svenska Värmepumpföreningen

TEK 10, 2010. *Veiledning om teknisk krav til byggverk*, Kapittel 14. Energi. Statens byggtknisk etat (BE).

Tokle, T., Tønnesen, J., 1999. *Inndeling av Norge i klimasoner*. ISBN nr. 82-594-1431-7. SINTEF Energiforskning AS.

COWI, 2011. Temperaturmålinger i Nidelva og Skienselva. COWI AS

Søgnen, O.G., 1998. Energifleksibilitet i bygningsmassen. Status og strategi. NVEs byggoperatør dr.ing.Ole-Gunnar Søgnen, Publ. 1/98



## 1 VEDLEGG 1 – Spesifisering av byggtypen – kjølebehov

Bygningene i studien er klassifisert i 15 forskjellige bygningstyper. Normtall for energibehov til oppvarming for hver bygningstype er vist i *Tabell 1*.

*Tabell 1* viser hvordan bygningstyper i henhold til Sosi-standard<sup>1</sup> er klassifisert i dette studiet. Tabellen viser også hvilke bygningstyper som har antatt kjølebehov.

*Tabell 1 Klassifisering av bygningstyper i hht. Sosi-standard og anmerkning av hvilke bygninger som har kjølebehov (middel 25 kWh/m<sup>2</sup>år).*

SOSI-nr	Bygningstype I SOSI	Bygningstype ut fra energibehov	Antatt kjøling
111	Enebolig	7 Enebolig	Nei
112	Enebolig m/hybel/sokkelleilighet	7 Enebolig	Nei
113	Våningshus	7 Enebolig	Nei
121	Tomannsbolig, vertikaldelt	8 Rekkehus	Nei
122	Tomannsbolig, horisontaldelt	8 Rekkehus	Nei
123	Våningshus, tomannsbolig, vertikaldelt	8 Rekkehus	Nei
124	Våningshus, tomannsbolig, horisontaldelt	8 Rekkehus	Nei
131	Rekkehus	8 Rekkehus	Nei
133	Kjede/atriumhus	8 Rekkehus	Nei
135	Terrassehus	8 Rekkehus	Nei
136	Andre småhus med 3 boliger el.fl.	8 Rekkehus	Nei
141	Stort frittliggende bol.bygg på 2 etg.	9 Boligblokk	Nei
142	Stort frittliggende bol.bygg på 3 og 4 etg.	9 Boligblokk	Nei
143	Stort frittliggende bol.bygg på 5 etg. el. mer	9 Boligblokk	Nei
144	Store sammenbygde bol.bygg på 2 etg.	9 Boligblokk	Nei
145	Store sammenb. bol.bygg på 3 og 4 etg.	9 Boligblokk	Nei
146	Store sammenb. bol.bygg på 5 etg. el. mer.	9 Boligblokk	Nei
151	Bo- og servicesenter	2 Sykehjem	Nei
152	Studenthjem/studentboliger	9 Boligblokk	Nei

<sup>1</sup> SOSI – <http://www.statkart.no/nor/SOSI/>

# Energi fra overflatevann

159	Annen bygning for bofellesskap	9	Boligblokk	Nei
161	Hytter, sommerhus, fritidsbygg	7	Enebolig	Nei
162	Helårsbolig benyttet som fritidsbolig	7	Enebolig	Nei
163	Våninghus benyttet som fritidsbolig	7	Enebolig	Nei

Tabell 1 Klassifisering av bygningstyper i hht. Sosi-standard og anmerkning av hvilke bygninger som har kjølebehov (middel 25 kWh/m<sup>2</sup>år).

SOSI-nr	Bygningstype definert i SOSI		Bygningstype ut fra energibehov	Antatt kjøling
171	Seterhus, sel, rorbu o.l.		ikke inkludert	Nei
172	Skogs- og utmarkskoie, gamle		ikke inkludert	Nei
181	Garasje, uthus, anneks knyttet til bolig		ikke inkludert	Nei
182	Garasje, uthus, anneks knyttet til fritidsbolig		ikke inkludert	Nei
183	Naust, båthus, sjøbu		ikke inkludert	Nei
193	Boligbrakker	7	Enebolig	Nei
199	Annen boligbygning (Eks. sekundærbolig reindrift)	7	Enebolig	Nei
211	Fabrikkbygning	15	Lett industri	Ja
212	Verkstedbygning	15	Lett industri	Ja
214	Bygning for renseanlegg	15	Lett industri	Nei
216	Bygning for vannforsyning bl.a. pumpest.	15	Lett industri	Nei
219	Annen industribygning	15	Lett industri	Nei
221	Kraftstasjon	3	Lager 16 °C	Nei
223	Transformatorstasjon	3	Lager 16 °C	Nei
229	Annen energiforsyningsbygning	3	Lager 16 °C	Nei
231	Lagerhall	3	Lager 16 °C	Nei
232	Kjøle- og fryselager	3	Lager 16 °C	Nei
233	Silobygning		ikke inkludert	Nei
239	Annen lagerbygning	3	Lager 16 °C	Nei
241	Hus for dyr/landbr.lager/silo		ikke inkludert	Nei
243	Veksthus		ikke inkludert	Nei
244	Driftsb. fiske/fangst/oppdr.		ikke inkludert	Nei
245	Naust/redskapshus for fiske		ikke inkludert	Nei
248	Annen fiskeri- og fangstbygn.		ikke inkludert	Nei
249	Annen landbruksbygning		ikke inkludert	Nei
311	Kontor- og adm.bygning, rådhus	1	Kontorbygg	Ja
312	Bankbygning, posthus	1	Kontorbygg	Ja
313	Mediabygning	1	Kontorbygg	Ja
319	Annen kontorbygning	1	Kontorbygg	Ja
321	Kjøpesenter, varehus	13	Forretningsbygg	Ja
322	Butikk/forretningsbygning	13	Forretningsbygg	Ja
323	Bensinstasjon	13	Forretningsbygg	Ja

# Energi fra overflatevann

329	Annen forretningsbygning	13	Forretningsbygg	Ja
330	Messe- og kongressbygning	13	Forretningsbygg	Ja
411	Eksp.bygn. flyterm., kontr.tårn	14	Kulturbygg	Ja
412	Jernbane- og T-banestasjon	14	Kulturbygg	Ja
415	Godsterminal	14	Kulturbygg	Ja
416	Postterminal	14	Kulturbygg	Ja

Tabell 1 Klassifisering av bygningstyper i hht. Sosi-standard og anmerkning av hvilke bygninger som har kjølebehov (middel 25 kWh/m<sup>2</sup>år).

SOSI-nr	Bygningstype definert i SOSI	Bygningstype ut fra energibehov	Antatt kjøling
419	Annen eksp. Og terminalbygning	14 Kulturbygg	Ja
429	Telekommunikasjonsbygning	ikke inkludert	Nei
431	Parkeringshus	ikke inkludert	Nei
439	Annen garasje-/hangarbygning	ikke inkludert	Nei
441	Trafikktilsynsbygning	ikke inkludert	Nei
449	Annen veg- og trafikktilsynsbygning	ikke inkludert	Nei
511	Hotellbygning	11 Hotell	Ja
512	Motellbygning	11 Hotell	Ja
519	Annen hotellbygning	11 Hotell	Ja
521	Hospits, pensjonat	11 Hotell	Nei
522	Vandrer -ferie hjem	11 Hotell	Nei
523	Appartement	11 Hotell	Nei
524	Camping-/utleiehytte	11 Hotell	Nei
529	Annen bygning for overnatting	11 Hotell	Nei
531	Restaurantbygning, kafébygning	14 Kulturbygg	Ja
532	Sentralkjøkken, kantinebygning	14 Kulturbygg	Ja
533	Gatekjøkken, kioskbygning	14 Kulturbygg	Nei
539	Annen restaurantbygning	14 Kulturbygg	Ja
611	Lekepark	ikke inkl. i studiet	Nei
612	Barnehage	4 Barnehage	Nei
613	Barneskole	5 Barne-/ungd.skole	Nei
614	Ungdomskole	5 Barne-/ungd.skole	Nei
615	Kombinert barne- og ungdomskole	5 Barne-/ungd.skole	Nei
616	Videregående skole	5 Barne-/ungd.skole	Nei
619	Annen skolebygning	5 Barne-/ungd.skole	Nei
621	Universitet /høgskole m/auditorium, lesesal	6 Universitet/høgskoler	Ja
623	Laboratoriebygning	6 Universitet/høgskoler	Ja
629	Annen universitet/høgskole og forskningsbygn	6 Universitet/høgskoler	Ja
641	Museum, kunstgalleri	14 Kulturbygg	Ja
642	Bibliotek, mediatek	14 Kulturbygg	Nei
643	Zoologisk/botanisk hage (bygninger)	14 Kulturbygg	Nei
649	Annen museum/biblioteksbygning	14 Kulturbygg	Ja
651	Idrettshall	12 Idrettsbygg	Nei



# Energi fra overflatevann

652	Ishall	12	Idrettsbygg	Nei
653	Svømmehall	12	Idrettsbygg	Nei
654	Idrettshall	12	Idrettsbygg	Nei
655	Helsestudio	12	Idrettsbygg	Ja

Tabell 1 Klassifisering av bygningstyper i hht. Sosi-standard og anmerkning av hvilke bygninger som har kjølebehov (middel 25 kWh/m<sup>2</sup>år).

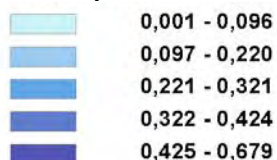
Sosi nr	Bygningstype definert i SOSI		Bygningstype Ut fra energibehov	Antatt kjøling
659	Annen idrettsbygning	12	Idrettsbygg	Nei
661	Kino/teater/opera/konsertbygning	14	Kulturbygg	Ja
662	Samfunnshus, grendehus	14	Kulturbygg	Nei
663	Diskotek	14	Kulturbygg	Ja
669	Annet kulturhus	14	Kulturbygg	Ja
671	Kirke, kapell	14	Kulturbygg	Nei
672	Bedehus, menighetshus	14	Kulturbygg	Nei
673	Krematorium, gravkapell, bårehus	14	Kulturbygg	Nei
674	Synagoge, moské	14	Kulturbygg	Nei
675	Kloster	14	Kulturbygg	Nei
679	Annen bygning for religiøse aktiviteter	14	Kulturbygg	Nei
710	Sykehus	10	Sykehus	Ja
719	Annet sykehus	10	Sykehus	Ja
721	Sykehjem	2	Sykehjem	Nei
722	Bo- og behandlingssenter, aldershjem	2	Sykehjem	Ja
723	Rehabiliteringsinstitusjon, kurbad	2	Sykehjem	Ja
729	Annet sykehjem	2	Sykehjem	Ja
731	Klinikk, legekontor/-senter/-vakt	1	Kontorbygg	Ja
732	Helse- og sosialsenter, helsestasjon	1	Kontorbygg	Ja
739	Annen primærhelsebygning	1	Kontorbygg	Ja
819	Fengselsbygning	11	Hotell	Nei
821	Politistasjon	11	Hotell	Ja
822	Brannstasjon, ambulansestasjon	11	Hotell	Ja
823	Fyrstasjon, losstasjon	3	Lager 16 °C	Nei
824	Stasjon for radarovervåkning av fly- og/eller skipstrafikk	11	Hotell	Nei
825	Tilfluktsrom/bunker	3	Lager 16 °C	Nei
829	Annen beredskapsbygning	3	Lager 16 °C	Nei
830	Monument		ikke inkl.	Nei
840	Offentlig toalett		ikke inkl.	Nei



## 2 VEDLEGG 2 – Eksempelkart



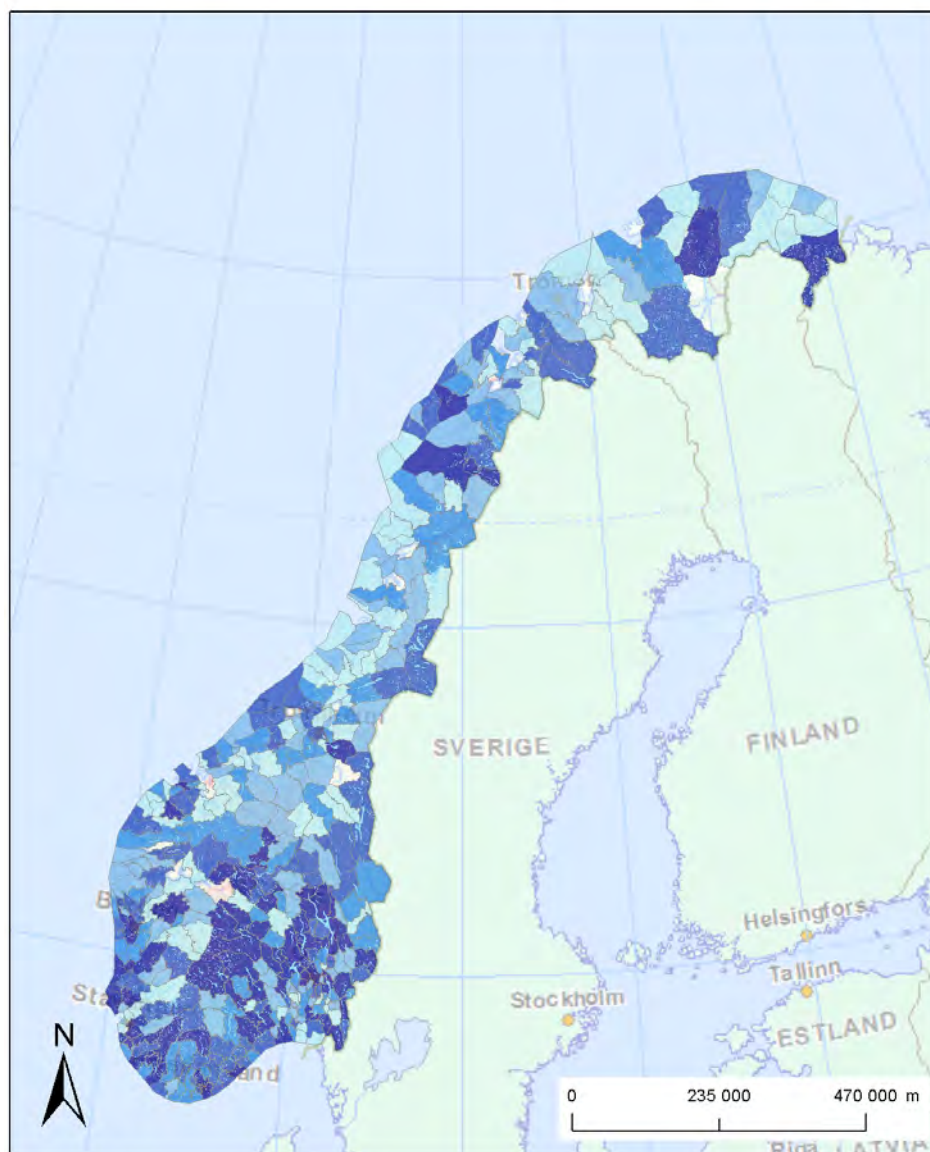
### Relativt potensial – totalt – enkeltbygg



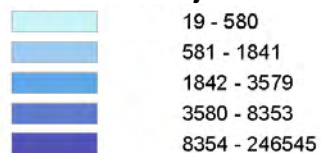
Målestokk (A4): 1:8 067 599 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon UTM33

Kommuneoversikt relativt potensial	
Enkelbyggpotensial totalt delt på totalenergibehov	Dokumentnr: 20101073-00-2-R
	Kart nr:
	Uttatt: HCS
	Dato: 2011-06-20
	Kontrollert:
	Godkjent:

Figur 1 Potensialet for overflatevann pr. kommune delt på totalt energibehov i kommunen. Beregnet for enkeltbygg (metode 1) for overflatevann (innsjø og sjøvann samlet). Bygg med beregnet termisk energipris fra overflatevann opp til 1 kr/kWh er inkludert.



### Potensial – innsjøer – enkeltbygg



Målestokk (A4) 1:8 067 599 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon UTM33

Kommuneoversikt potensial enkeltbygg		
Enkeltbyggpotensial innsjø	Dokumentnr. 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Utørt HCS	Date 2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	

Figur 2 Potensialet for innsjø på kommunenivå, MWh/år for enkeltbygg (metode I). Bygg med beregnet termisk energipris fra overflatevann opp til 1 kr/kWh er inkludert.



**Potensial totalt grupper**

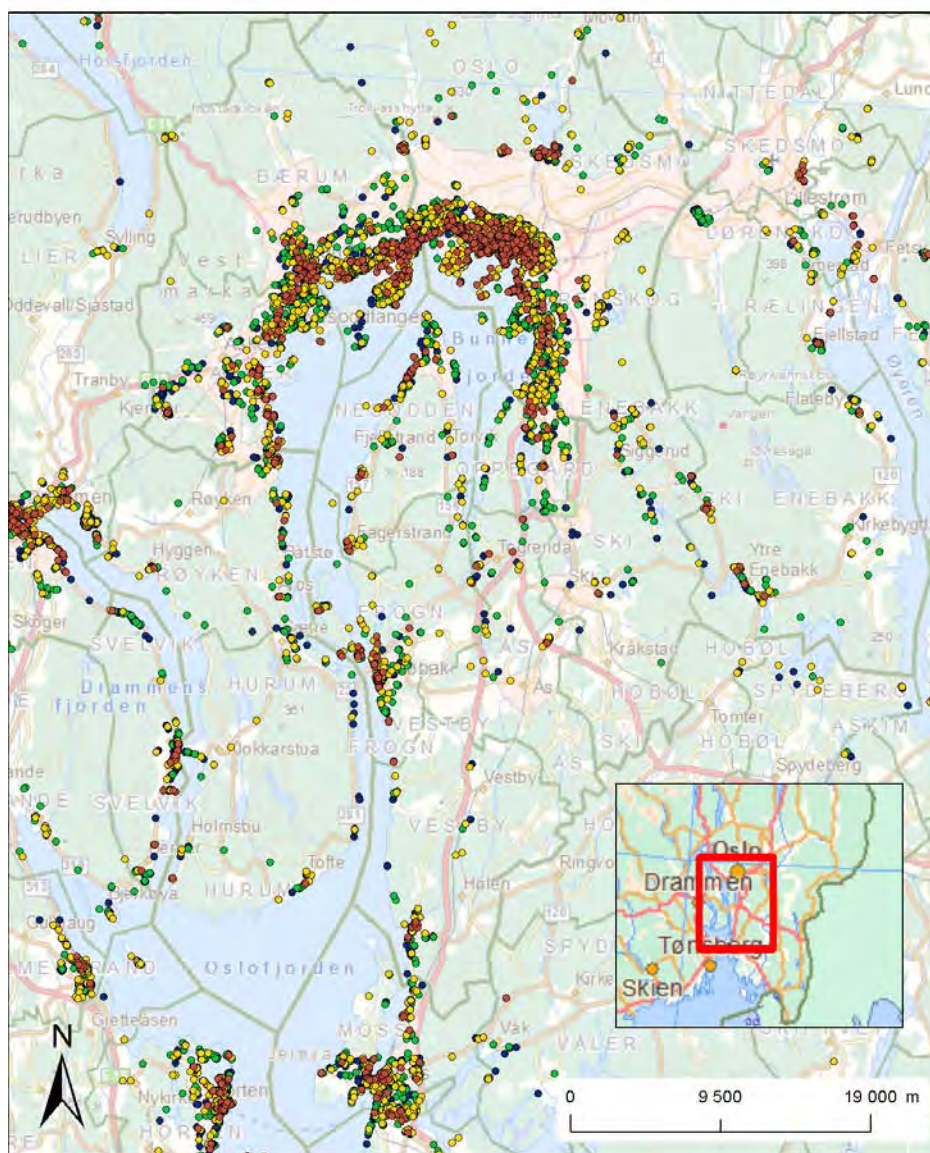
	67 - 6119
	6120 - 11760
	11761 - 22488
	22489 - 48192
	48193 - 7018916

Målestokk (A4) 1:8 067 599 Datum: EUREF89, Kartprosjeksjon UTM33

Kommuneoversikt potensial gupper		
<b>Gruppotensial sjøvann</b>	Dokumentnr: 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Uttatt HCS	Date 2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	

Figur 3 Potensialet for sjøvann på kommunenivå i MWh/år for nær/fjernvarme (metode II). Grupper med beregnet termisk energipris fra overflatevann opp til 1 kr/kWh er inkludert.





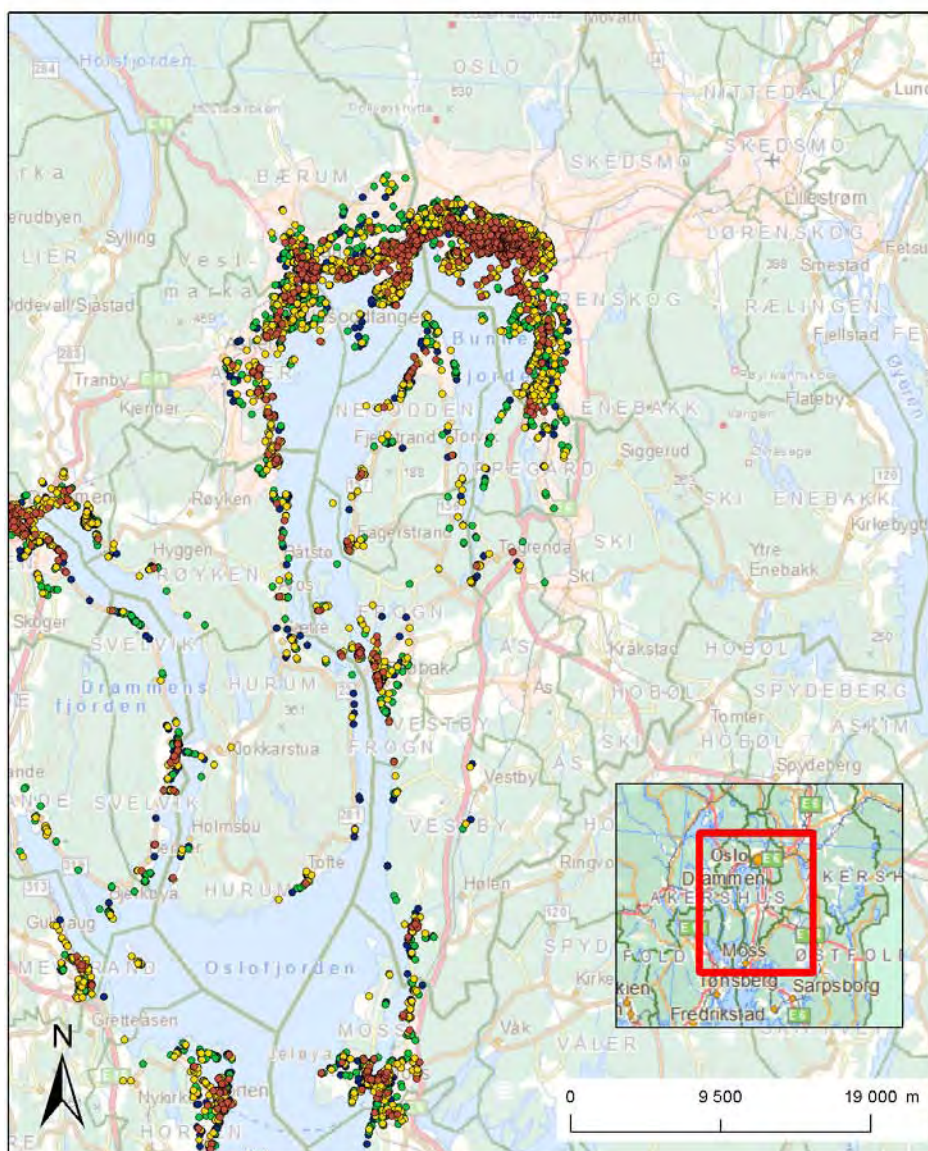
### Potensial enkeltbygg totalt

- 0,27 - 0,50
- 0,51 - 0,75
- 0,76 - 0,90
- 0,91 - 1,00

Målestokk (A4): 1:319 636    Datum: EUREF89, Kartprosjeksjon: UTM33

Enkeltbygg metode I, Oslofjorden		
kWh pris potensial sjøvann og innsjø	Dokumentnr. 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Uttent HCS	Data 2011-06-23
Kontrollert		
Godkjent		

Figur 4    Potensialet for overflatevann (sjøvann og innsjø), kWh-pris for bygninger innenfor beregnet potensial.



**Potensial enkeltbygg sjøvann**

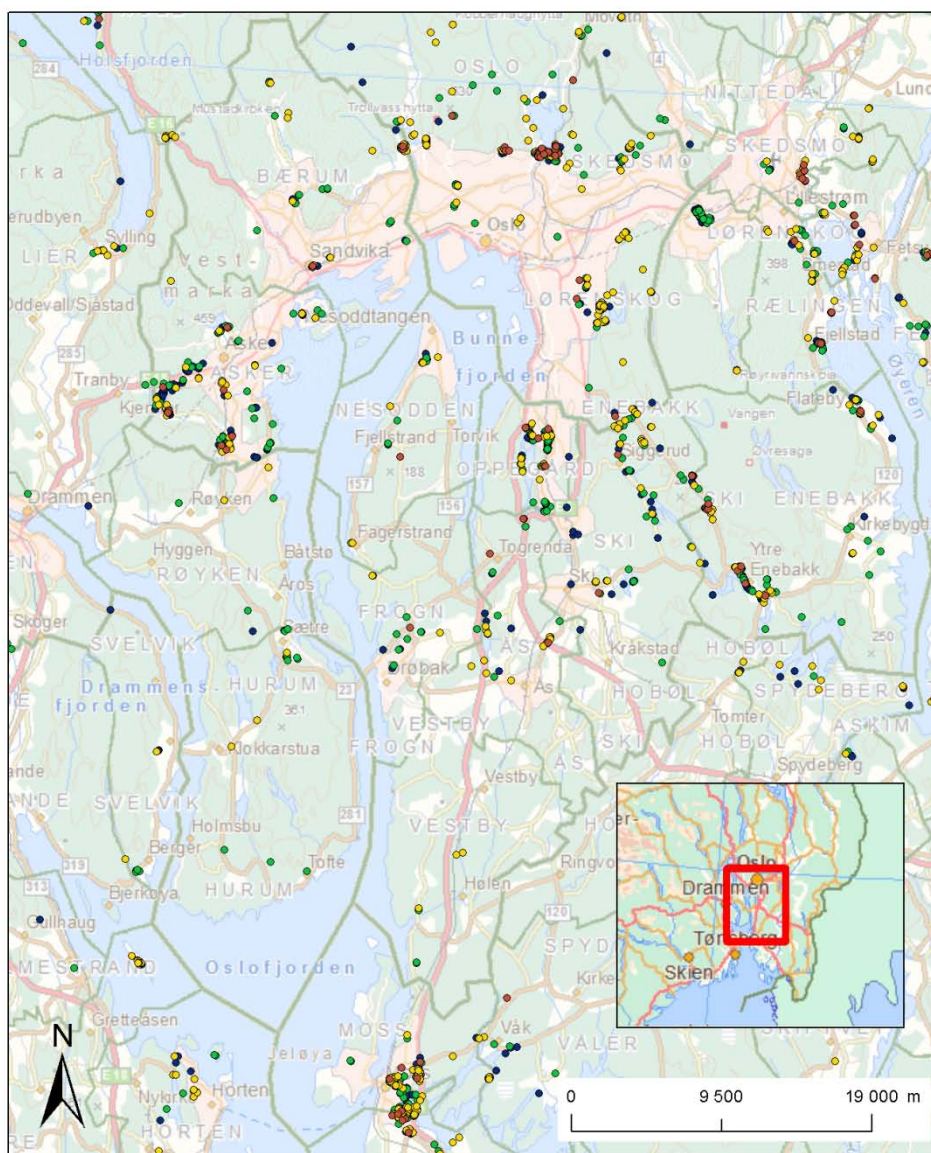
- 0,27 - 0,50
- 0,51 - 0,75
- 0,76 - 0,90
- 0,91 - 1,00

Målestokk (A4) 1:315 636 Datum: EUREF09, Kartprojeksjon: UTM32

Enkeltbygg metode I Oslofjorden		
kWh pris potensial sjøvann	Dokumentnr. 20101073-002-R	Kart nr.
	Utøvt HCS	Dato 2011-06-23
	Forbøstet	
	Godkjent	

Figur 5 Potensialet for sjøvann, kWh-pris for bygninger innenfor beregnet potensial.





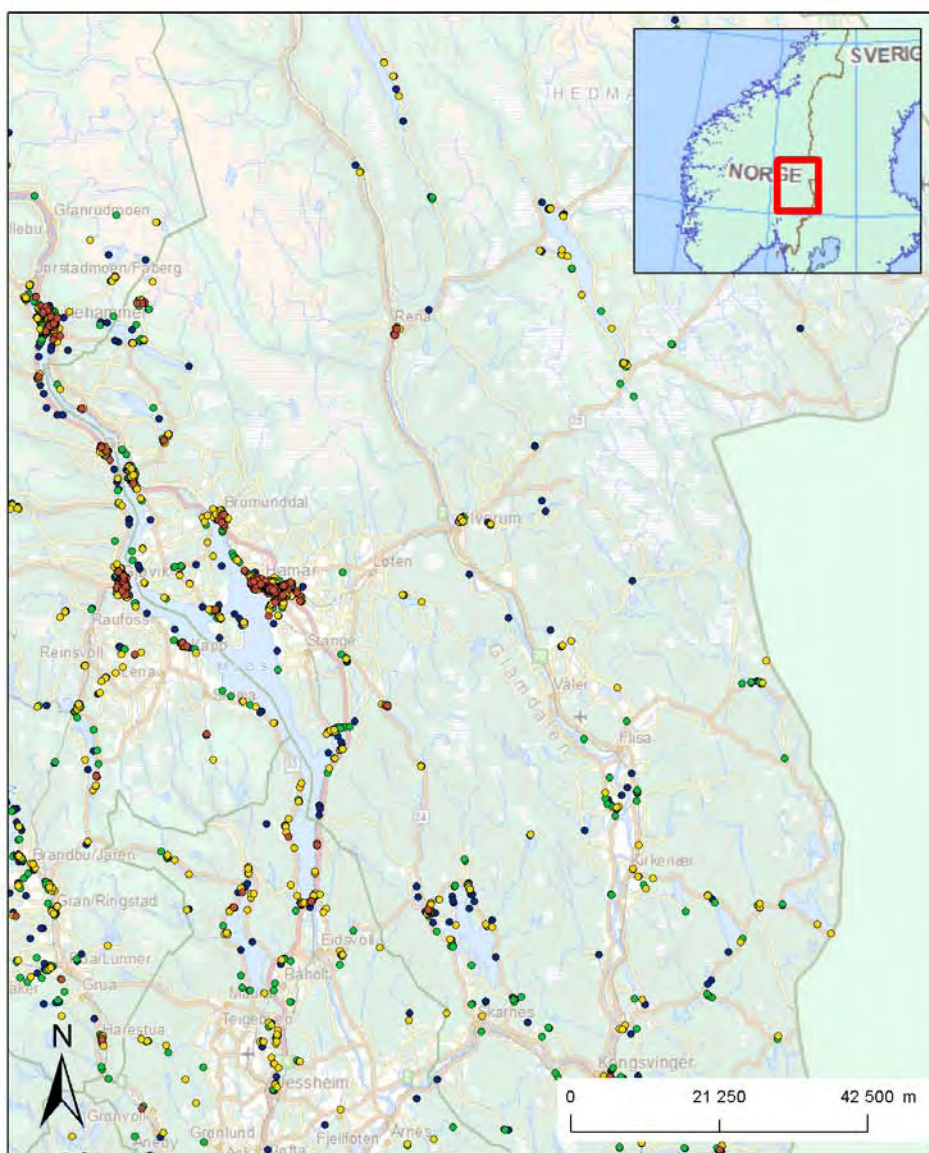
### Potensial enkeltbygg innsjø

- 0,30 - 0,50
- 0,51 - 0,75
- 0,76 - 0,90
- 0,91 - 1,00

Målestokk (A4) 1:319 636 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

Enkeltbygg metode I Oslofjorden		
kWh pris potensial innsjø	Dokumentnr: 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Utøvt HCS	Dato 2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	


Figur 6 Potensialet for innsjø, kWh-pris for bygninger innenfor beregnet potensial.



### Potensial – innsjø – enkeltbygg

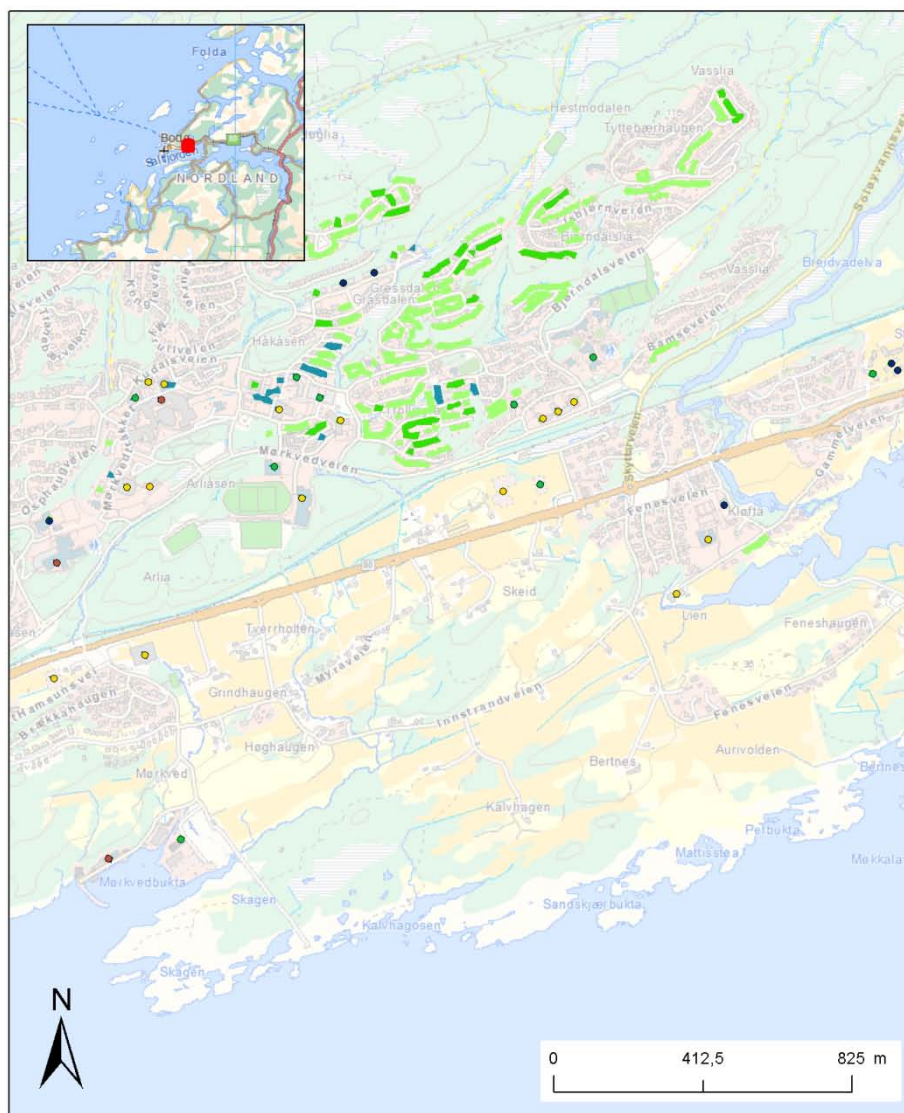
- 0,30 - 0,50
- 0,51 - 0,75
- 0,76 - 0,90
- 0,91 - 1,00

Målestokk (A4) 1:722 135 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

Enkeltbygg metode I Hedmark		
kWh pris potensial innsjø	Dokumentnr.	Kart nr.
	20101073-00-2-R	
	Utsett	Date
	HCS	2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	


Figur 7 Potensialet for innsjø, kWh-pris for bygninger innenfor beregnet potensial.



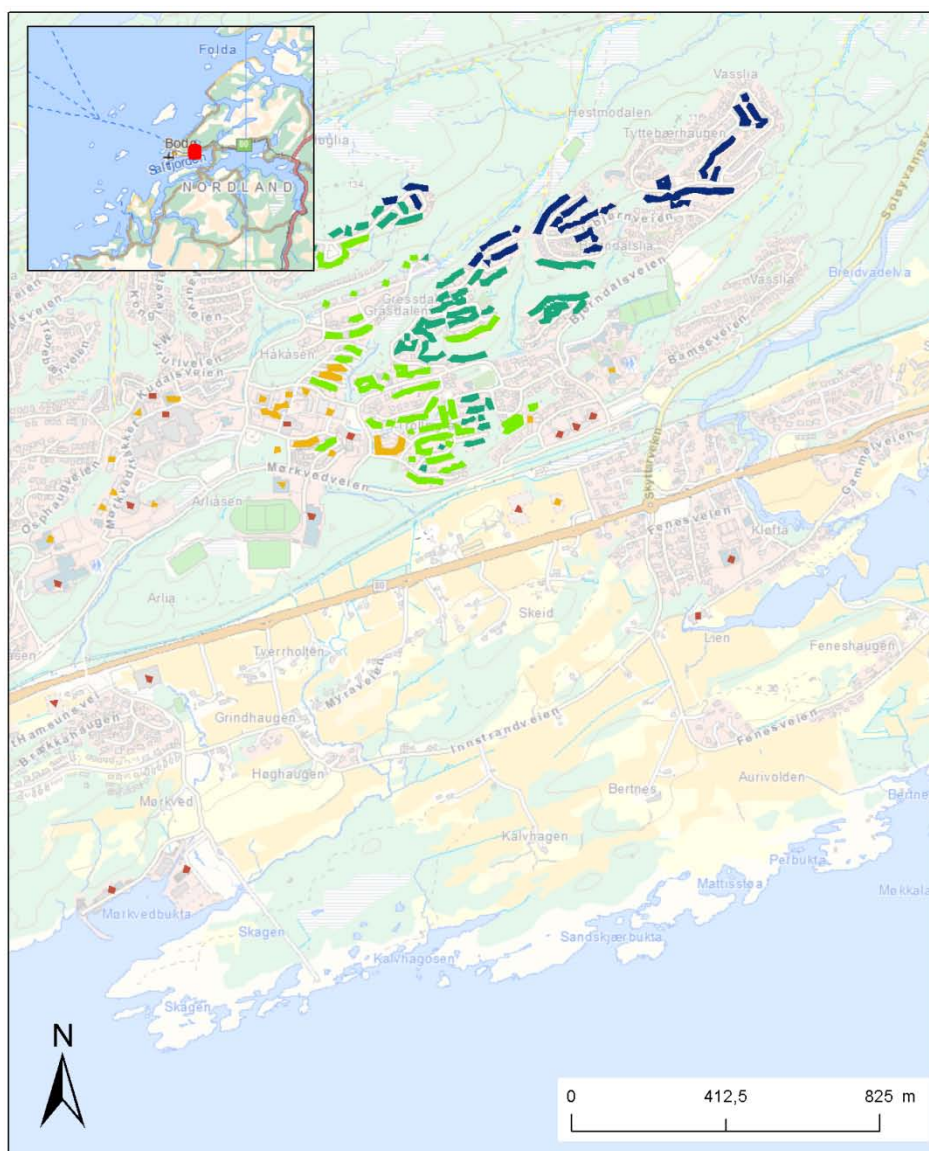


Pot enkeltbygg hav	Pot grupper hav
● 0,27 - 0,50	■ 0,27 - 0,50
● 0,51 - 0,75	■ 0,51 - 0,75
● 0,76 - 0,90	■ 0,76 - 0,90
● 0,91 - 1,00	■ 0,91 - 1,00

Målestokk (A4): 1:13 517 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

Enkeltbygg og grupper metode I og II		
Bodø		
kWh pris potensial hav	Dokumentnr. 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Utørt HCS	Date 2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	

Figur 8 *Potensialet for sjøvann, kWh-pris for bygninger i Bodø. Gruppering (metode II) gir et vesentlig høyere potensial i områder med tett bebyggelse innover i landet.*

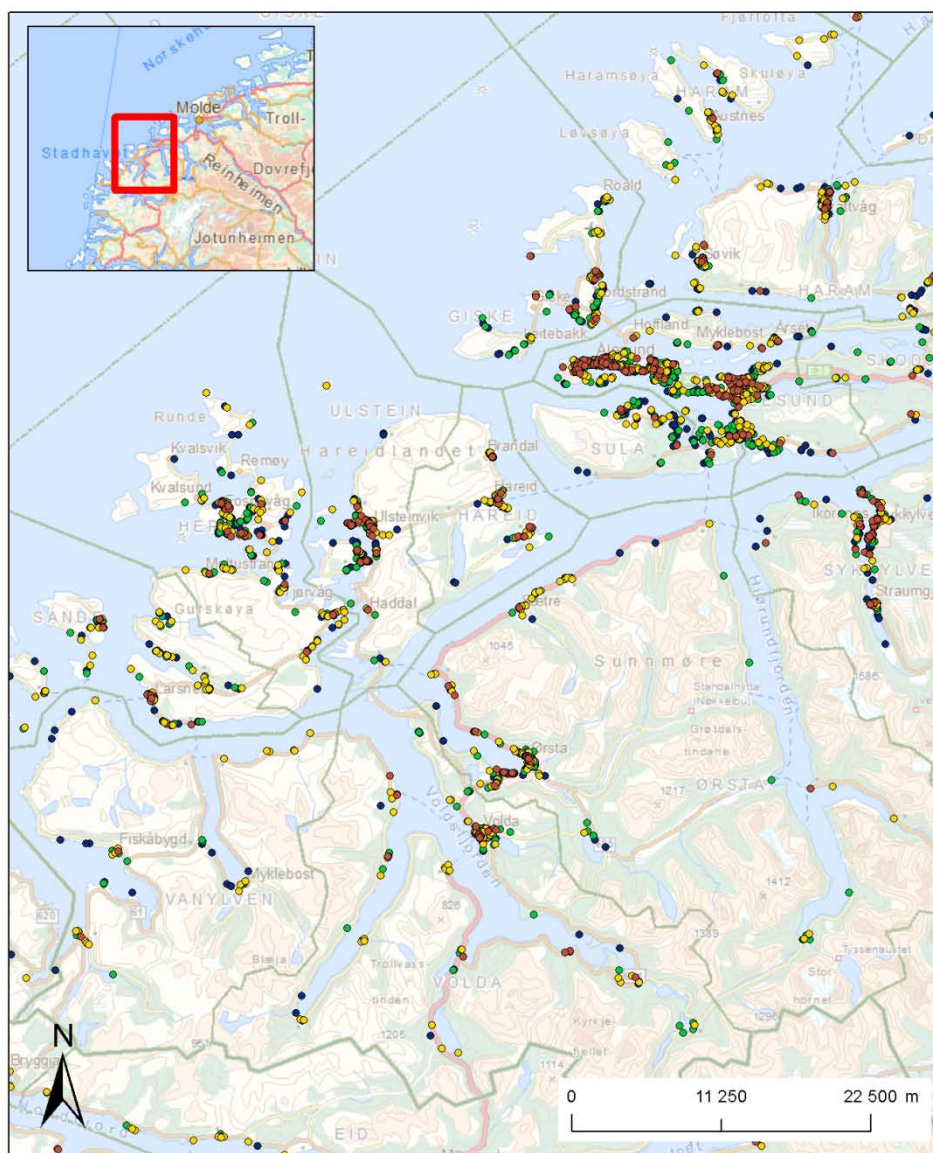


Målestokk (A4): 1:13 517 Datum: EUREF89, Kartprosjeksjon: UTM33

Grupper metode II Bodø		
<b>Gruppenivå</b>	Dokumentnr. 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Uttent HCS	Dato 2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	

Figur 9 Eksempel på gruppering for fjern - nærvarmenett i Bodø – metode II.

Figur 9 illustrerer at bygningsmasser som blir tatt med i iterasjonsprosessen i metode II ut over de som har potensial direkte fra varmekilden.



### Potensial – totalt – enkeltbygg

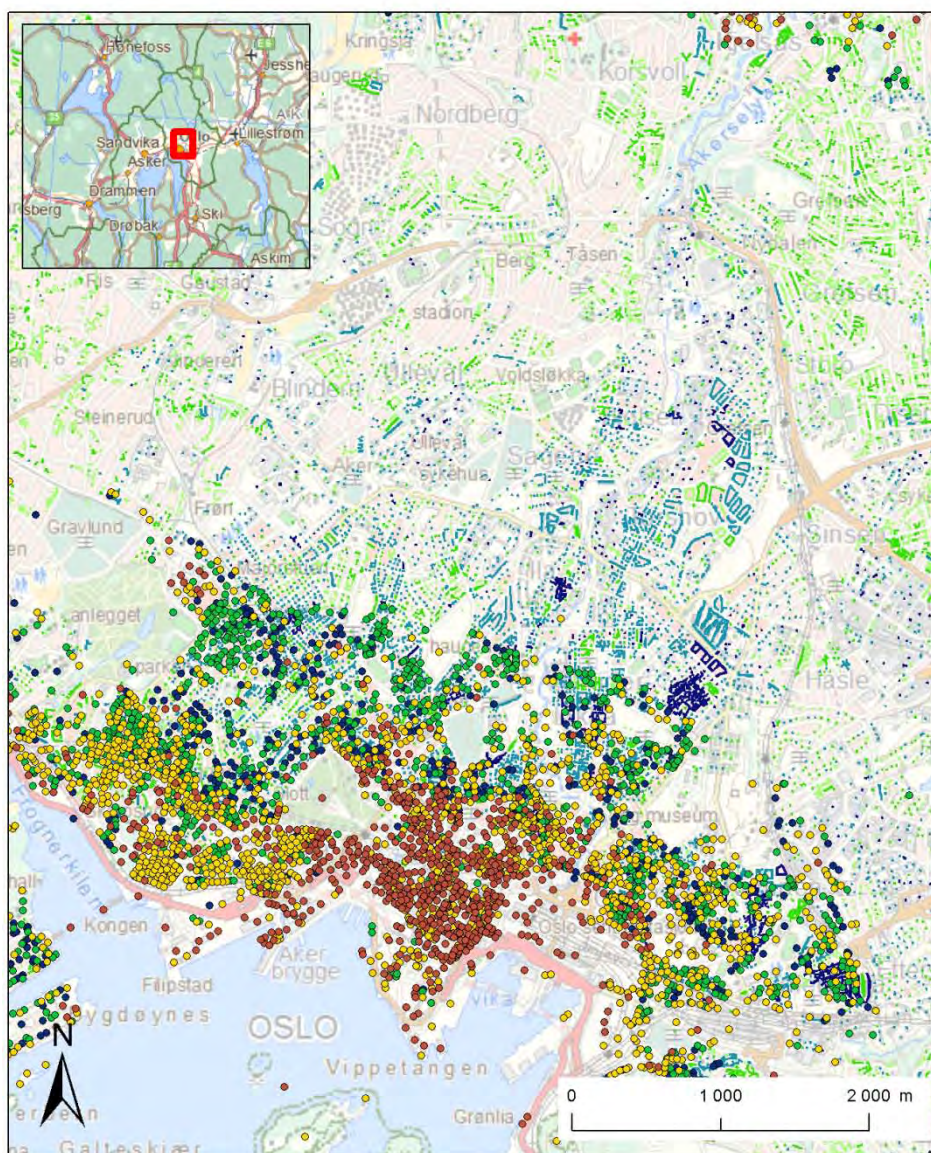
- 0,27 - 0,50
- 0,51 - 0,75
- 0,76 - 0,90
- 0,91 - 1,00

Målestokk (A4): 1:380 295 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

Enkeltbygg metode I Kristiansund		
kWh pris potensial hav og innsjø	Dokumentnr:	Kart nr:
	20101073-00-2-R	
	Utørt:	Dato:
	HCS	2011-06-23
Kontrollert:		
Godkjent:		

Figur 10 Potensialet for sjøvann, kWh-pris for bygg i Kristiansund-området





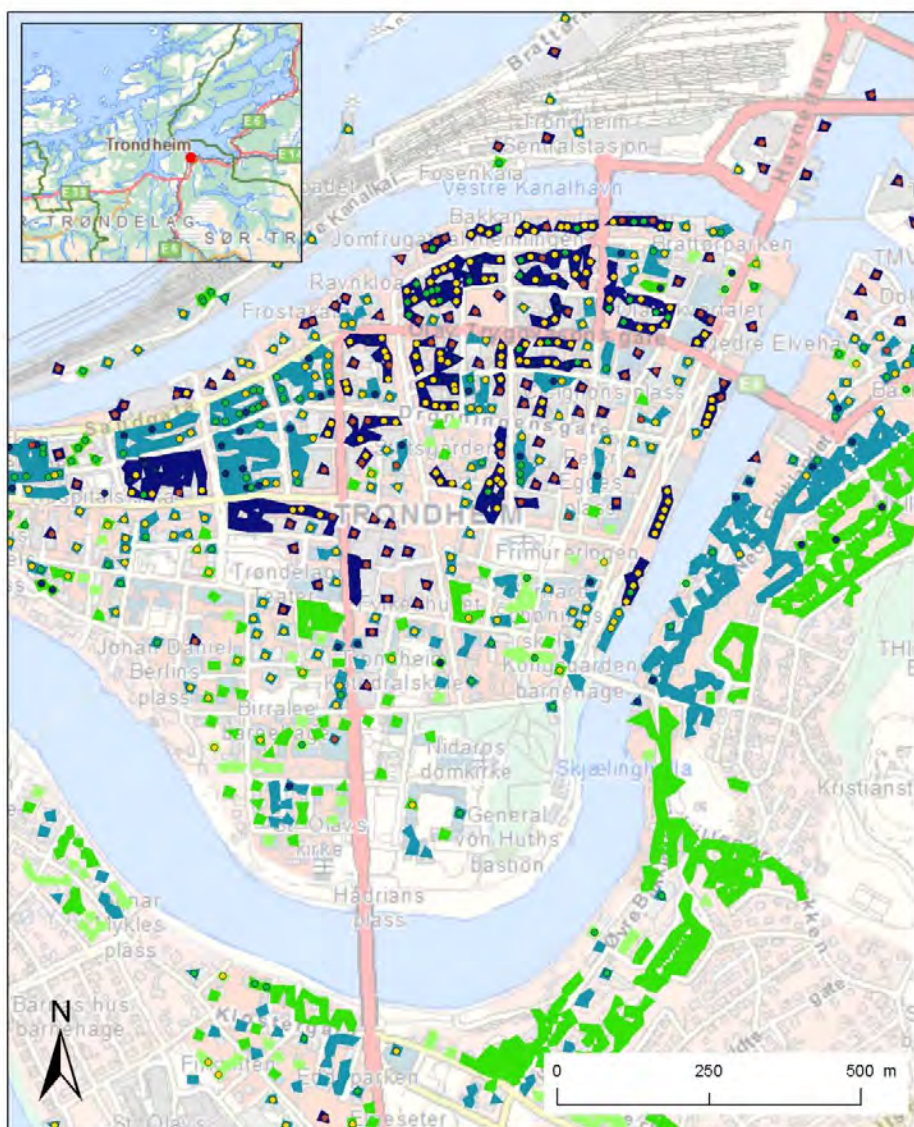
Pot enkeltbygg totalt	Pot grupper hav
● 0,27 - 0,50	■ 0,27 - 0,50
● 0,51 - 0,75	■ 0,51 - 0,75
● 0,76 - 0,90	■ 0,76 - 0,90
● 0,91 - 1,00	■ 0,91 - 1,00

Enkeltbygg og grupper Metode I og II Oslo		
kwh pris potensial hav	Dokumentnr. 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Utrett. HCS	Dato 2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	

Figur 11 Potensialet for sjøvann, kWh-pris for bygninger i Oslo, beregnet for enkeltbygg (metode I) og for fjernvarme (metode II).

Figur 11 illustrerer at potensialet blir vesentlig større i metode II som beregner potensial for grupper og i flere iterasjoner. Dette gjelder spesielt i tettbygde områder.



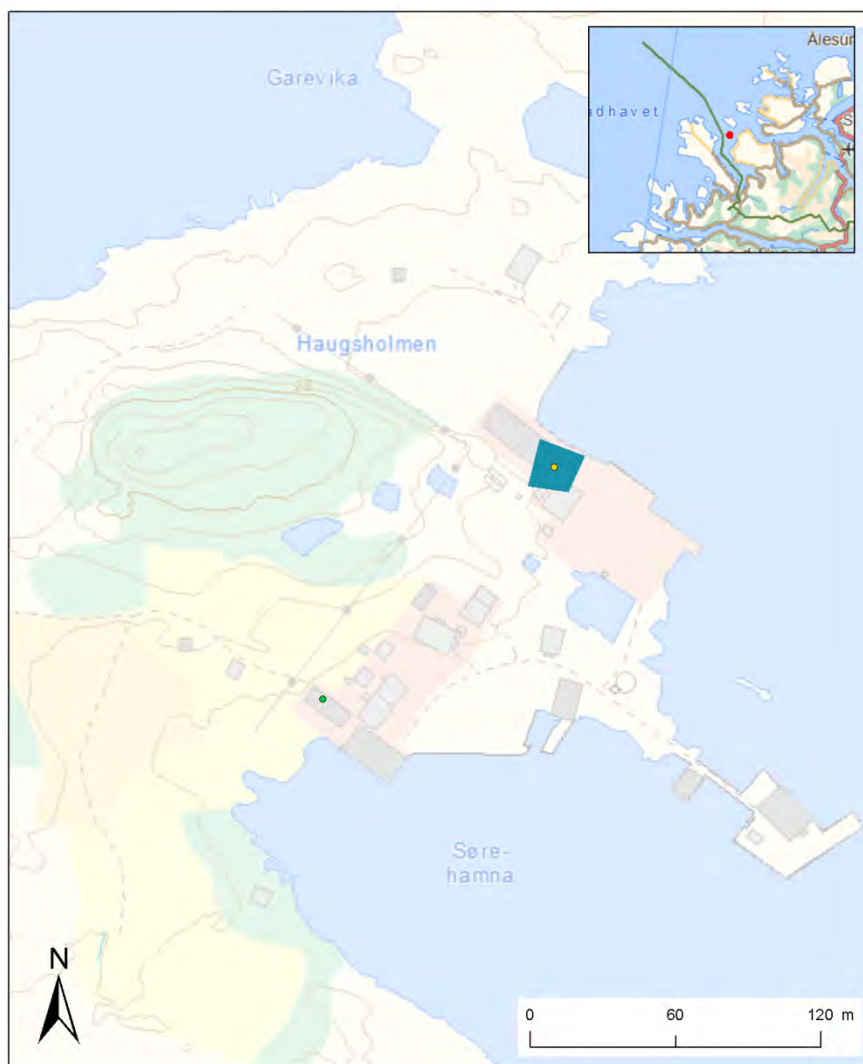


Målestokk (A4) 1:8 106 Datum: EUREF09, Kartprojeksjon: UTM33

Sammenstilling Metode I og II Trondheim		
kWh pris i potensial	Dokumentnr:	Kart nr.
	20101072-00-2-R	
	Utør:	Dato:
	HCS	2011-06-23
Kontrollert:		
Godkjent:		

Figur 12 Potensialet for sjøvann, kWh-pris for bygninger i Trondheim, beregnet for enkeltbygg (metode I) og for fjernvarme (metode II).

Figur 12 illustrerer at potensialet blir vesentlig større i metode II som beregner potensial for grupper og i flere iterasjoner. Dette gjelder spesielt i tettbygde områder.



Pot enkeltbygg totalt	Pot grupper hav
• 0,27 - 0,50	■ 0,27 - 0,50
• 0,51 - 0,75	■ 0,51 - 0,75
• 0,76 - 0,90	■ 0,76 - 0,90
• 0,91 - 1,00	■ 0,91 - 1,00

Målestokk (A4): 1:1 929 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

Enkelbygg og gruppe metode I og II Haugsholmen		
kWh pris potensial hav	Dokumentnr. 20101073-00-2-R	Kart nr.
	Uttørt HCS	Dato 2011-06-23
	Kontrollert	
	Godkjent	

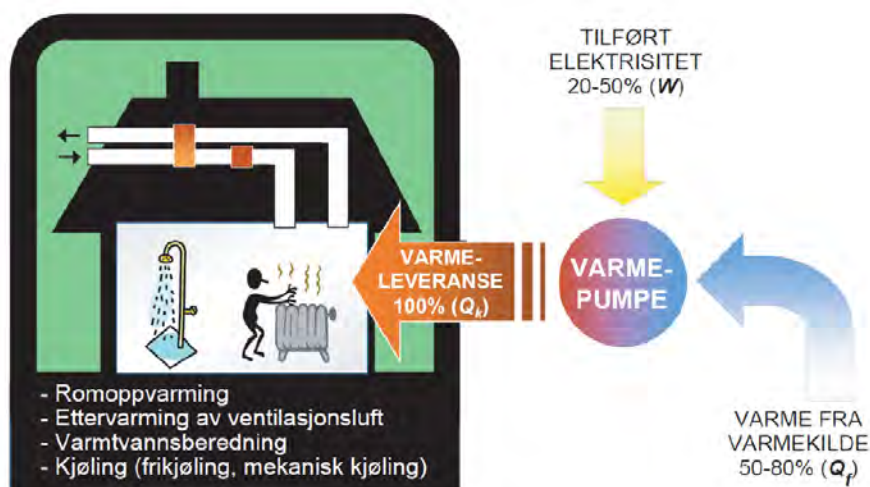
Figur 13 Potensialet for sjøvann, kWh-pris for bygninger på Haugsholmen, beregnet for enkeltbygg (metode I) og for fjernvarme (metode II).

Figur 13 illustrerer at potensialet i metode II kan bli mindre i enkelte områder, spesielt de med spredt bebyggelse. Metode I har to bygg med energipris fra hav innenfor kravet, mens metode II kun har én gruppe som inneholder kun ett bygg. Årsaken til dette er at bygget som ikke gir potensial i metode II er koblet med et annet bygg og får for høy intern distribusjonspris i gruppen i forhold til gruppens totalpotensial.

## 3 VEDLEGG 3 – Informasjon om varmepumper

### 3.1 Varmepumpens prinsipp

En varmepumpe er en maskin som transporterer varme ved moderat temperatur fra en ekstern, fritt tilgjengelig fornybar *varmekilde*, for eksempel overflatevann (sjøvann, innsjøvann eller ellevann) og leverer varme ved høyere temperatur til en varmeforbruker. For å drive varmepumpen benyttes i de aller fleste tilfeller elektrisitet (*Figur 14*), men det finnes også varmepumper som drives med gassmotor eller høytemperatur varme (absorpsjonssystemer).



*Figur 14 Prinsipp for varmepumpe med varmeopptak fra ekstern varmekilde, tilførsel av elektrisitet for drift av anlegget og varmeleveranse.*

#### 3.1.1 Bruksområder

I boligbygg, næringsbygg og industribygg brukes kan varmepumper brukes til:

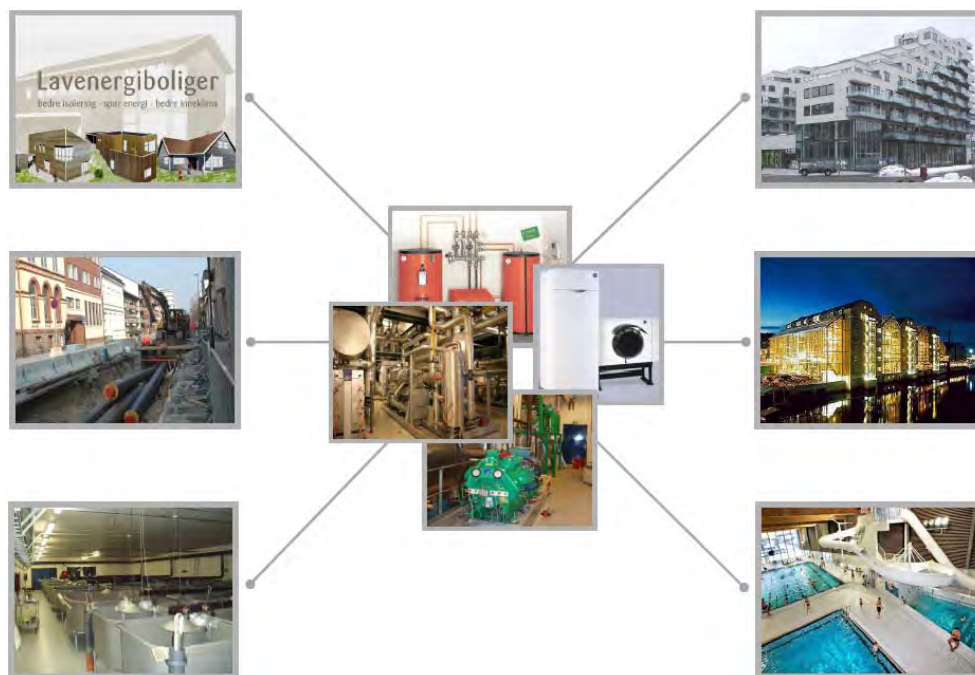
- romoppvarming – vannbåren eller luftbåren varmedistribusjon
- oppvarming av ventilasjonsluft
- oppvarming av varmt forbruksvann/tappevann
- klimakjøling og dataromskjøling

Videre kan varmepumper benyttes for varme- og kjøleleveranse i:

- nærvarmesystemer
- fjernvarmesystemer
- kombinerte fjernvarme- og fjernkjølesystemer

Varmepumper kan levere varme til industri samt inngå som en integrert del av industrielle prosesser. Kapasiteten for de ulike anleggstypene varierer fra ca. 1 kW til mange titalls MW.





Figur 15 Bruksområder for ulike varmepumpesystemer – boligbygg, næringsbygg, helsebygg, idrettsbygg, fjernvarme-/fjernkjøleanlegg og industri.

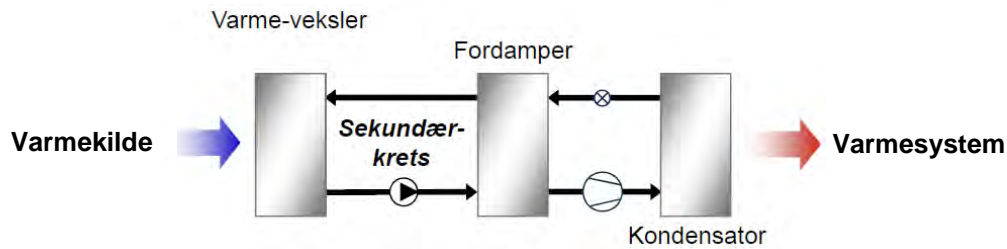
## 3.2 Varmekilder

Tabell 2 viser varmekilder for varmepumper i Norge inkl. overflatevann (sjøvann, innsjøvann, ellevann) med temperaturvariasjon over året og tilgjengelighet.

Tabell 2 Aktuelle varmekilder for varmepumper i Norge.

	Temperaturvariasjon [°C]		Tilgjengelighet
	Min	Max	
Sjøvann	+2	15	God (langs kysten, i fjorder)
Innsjøvann	+1	20	Begrenset
Ellevann	0	20	Begrenset
Grunnvann	+3	8	Begrenset
Fjell (berg)	-2	8	God
Jord	-5	10	Begrenset
Uteluft	-40	30	Ubegrenset
Ventilasjonsluft	+5	25	God
Gråvann	20	30	God
Kloakk	+2	15	Begrenset
Prosessvann	Over 10		Begrenset

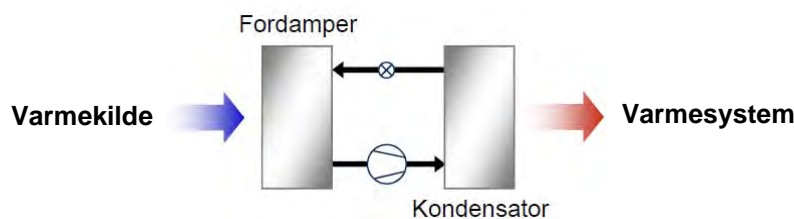




Figur 17 Prinsipp for en varmepumpe med indirekte varmeopptakssystem.

I anlegg med indirekte varmeopptakssystem benyttes det vanligvis standard varmepumpeaggregater bortsett fra i systemer med høye temperaturkrav, f.eks. eldre yrkesbygg eller fjernvarmesystemer. Varmepumpeanlegg med indirekte systemløsning gir lavere gjennomsnittlig effektfaktor (COP) og dermed lavere energisparing enn anlegg direkte systemløsning pga. større temperaturdifferanse mellom varmekilde og fordamper og dermed lavere fordampningstemperatur.

2. *Direkte varmeopptakssystem (Figur 18)* – varmekilden, f.eks. sjøvann eller innsjøvann, avkjøles direkte i varmepumpens fordamper. Fordamperen kan være en rørkjelvarmeveksler, platevarmeveksler eller plate/mantel-varmeveksler i titan eller en overrislingsvarmeveksler i høyleget stål.



Figur 18 Prinsipp for en varmepumpe med direkte varmeopptakssystem.

I et direkte varmeopptakssystem må fordamperen utformes og driftes for å unngå beleggsdannelse, utfrysing av vann og korrosjon, og det benyttes derfor skreddersydde varmepumpeaggregater, ikke serieproduserte standardaggregater. Direkte systemløsning benyttes først og fremst i store varmepumpeanlegg, f.eks. varmepumper i fjernvarmesystemer.

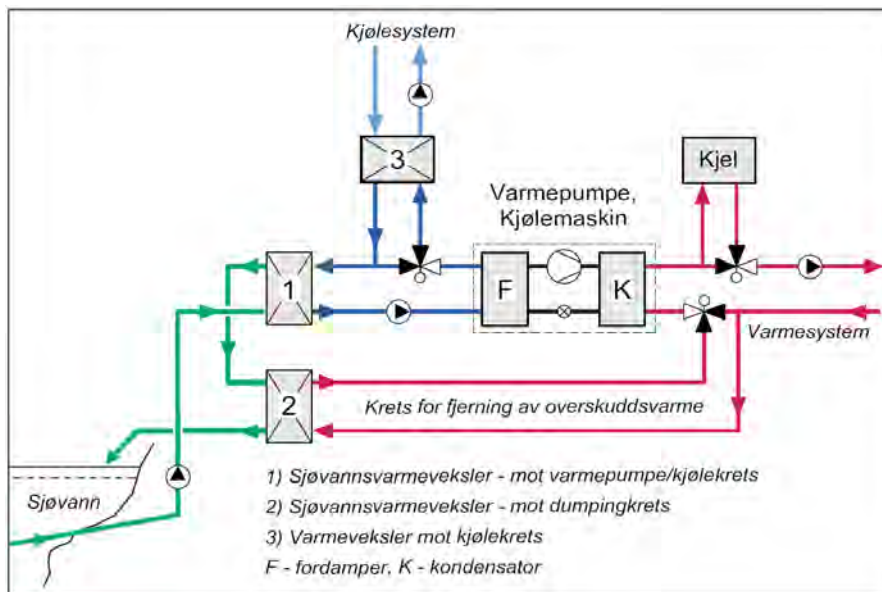
### 3.3.3 Kjølebehov – kjøle drift og frikjøling

I sjøvannsbaserte varmepumpeanlegg kan sjøvannet benyttes til å dekke hele eller deler av kjølebehovet i en bygning eller fjernkjølenett (frikjøling) såfremt temperaturen er lav nok. Normalt vil ellevann og innsjøvann være uegnet til å dekke kjølebehov sommerstid pga. for høy temperatur, mens sjøvann i mange kystfarvann kan være meget godt egnet (stedsavhengig).

I større bygninger med kjølebehov vil varmepumpen normalt utformes for å kunne driftes som en kjølemaskin, og dermed dekke bygningens kjølebehov utover det som eventuelt kan dekkes med frikjøling. Overskuddsvarmen fra varmepumpen avgis (dumper) da til varmekilden via en egen varmeveksler.



Figur 19 viser en prinsipiell skisse av et sjøvannsbasert varmepumpesystem for oppvarming og kjøling av en bygning. I overordnet varmedrift benyttes sjøvann som varmekilde for varmepumpen, mens i overordnet kjøledrift benyttes sjøvannet til forkjøling i kjølesystemet mens varmepumpens driftes som en kjølemaskin og dekker eventuelt resterende kjølebehov.



Figur 19 Prinsipiell skisse av et sjøvannsbasert varmepumpesystem med indirekte systemløsning mot varmekilden.

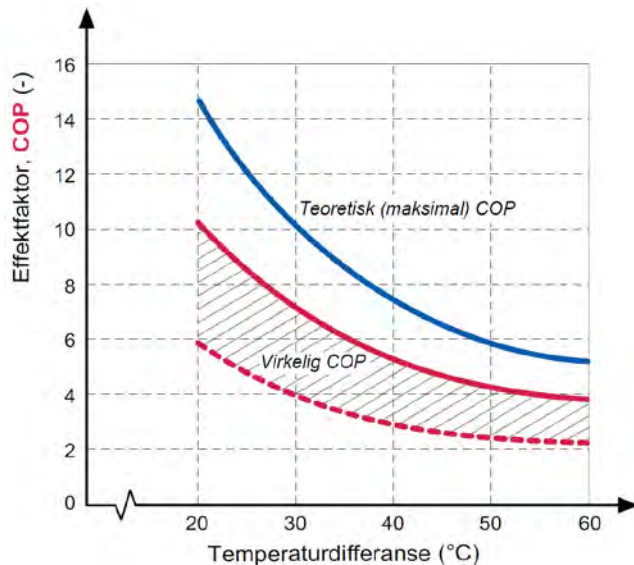
### 3.4 Energisparing

Effektfaktor – Energieffektiviteten for en varmepumpe ved en gitt driftstilstand (momentanverdi) beskrives ved hjelp av effektfaktoren, **COP** (Coefficient of Performance). Effektfaktoren beregnes som forholdet mellom avgitt varmeeffekt fra anlegget,  $Q_{VP}$  [kW] og tilført elektrisk effekt,  $W_{VP}$ , til kompressoren(e) og evt. pumper og vifte(r) integrert i varmepumpeaggregatet,  $W_{TU}$  [kW].

Likning VI

Figur 20 viser effektfaktoren (COP) for en ideell varmepumpe uten tap (blå kurve) samt COP for virkelige varmepumper av ulik kvalitet (skravert område mellom røde kurver) som funksjon av temperaturløftet, dvs. differansen mellom temperaturen på varmekilden og temperaturen ved varmeleveranse.

Varmepumper i bygninger og nær-/fjernvarmenett oppnår typisk en *effektfaktor (COP) mellom 2 og 5* avhengig av driftstilstand. Jo høyere effektfaktor, desto høyere energisparing for varmepumpeanlegget.



Figur 20 Effektfaktor (COP) for en ideell varmepumpe (blå kurve) og virkelige varmepumper (skravert område) ved varierende temperaturløft mellom varmekilde og varmesystem (temperaturløft).

Effektfaktoren avtar i størrelsesorden 2-3 % per °C økning i varmekildens temperatur eller senkning av temperaturen i varmedistribusjonssystemet. For å oppnå høy energisparing er det derfor viktig at varmepumpen arbeider med moderat temperaturløft. Dette oppnås ved å utnytte en varmekilde med relativt høy temperatur og levere varme ved relativt moderat temperatur.

Netto årsvarmefaktor (SPF<sub>netto</sub>) for et varmepumpeaggregat – beregnes som total årlig varmeleveranse fra varmepumpen,  $Q_{VP}$  [kWh/år] dividert på årlig tilført energimengde for drift av kompressor(er),  $E_{VP}$ , samt eventuelle pumper og vifte(r) integrert i varmepumpeaggregatet,  $E_{TU}$  [kWh/år]. Netto årsvarmefaktor tilsvarer gjennomsnittlig effektfaktor (COP) for varmepumpeaggregatet over et år.

Likning V2

Brutto årsvarmefaktor (SPF<sub>brutto</sub>) for et varmepumpesystem – beregnes som samlet årlig varmeleveranse fra varmepumpe,  $Q_{VP}$ , og spisslastenhet,  $Q_{SL}$  [kWh/år] dividert på samlet årlig tilført energimengde for varmepumpe,  $E_{VP}$ , spisslastenhet,  $E_{SL}$ , samt evt. pumpe(r) og annet tilleggsutstyr,  $E_{TU}$  [kWh/år].

Likning V3

Årsenergifaktoren (SPF<sub>tot</sub>) for et varmepumpesystem for oppvarming/kjøling – beregnes som summen av årlig varmeleveranse fra varmepumpe,  $Q_{VP}$ , og spisslastenhet,  $Q_{SL}$ , samt årlig kjøleleveranse,  $Q_{KJ}$  [kWh/år] dividert på samlet årlig tilført energimengde for drift av varmepumpe,  $E_{VP}$ , spisslastkjel,  $E_{SL}$ , varmepumpe i overordnet kjøle-drift (kjølemaskin),  $E_{KJ}$ , samt energibruk for evt. pumpe(r) og annet tilleggsutstyr,  $E_{TU}$  [kWh/år].

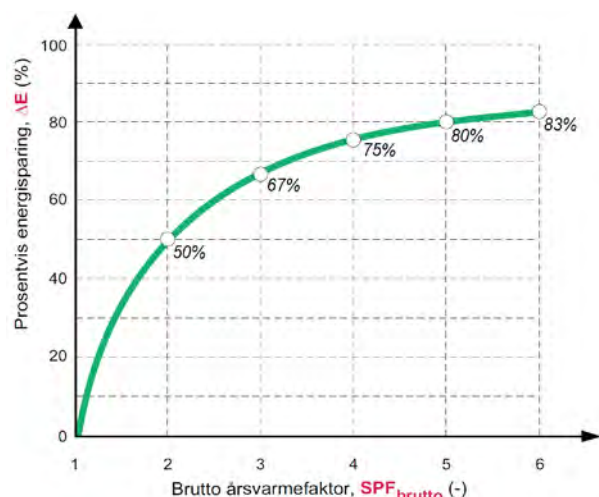
I årlig kjøleleveranse,  $Q_{KJ}$ , inngår eventuell kjøleenergi levert fra varmepumpens varmekilde (frikjøling) samt levert kjøleenergi når varmepumpen går i overordnet kjøle drift (kjølemaskindrift).

Likning V4

Prosentvis energisparing ( $\Delta E$ ) for et varmepumpesystem i forhold til elektrisk oppvarming eller et kjelanlegg (bioenergi, gass, elektrisitet, olje),  $\Delta E$  [%] beregnes som følger når  $\eta$  er kjelsystemets årsvirkningsgrad [-]:

Likning V5

Figur 21 viser prosentvis energisparing ( $\Delta E$ ) for et varmepumpesystem i forhold til et elektrisk oppvarmingssystem. Eksempelvis er prosentvis energisparing 50 % og 75 % ved en brutto årsvarmefaktor på henholdsvis 2 og 4.



Figur 21 Brutto årsvarmefaktor ( $SPF_{brutto}$ ) og prosentvis energisparing ( $\Delta E$ ) for et varmepumpesystem i forhold til et elektrisk oppvarmingssystem.

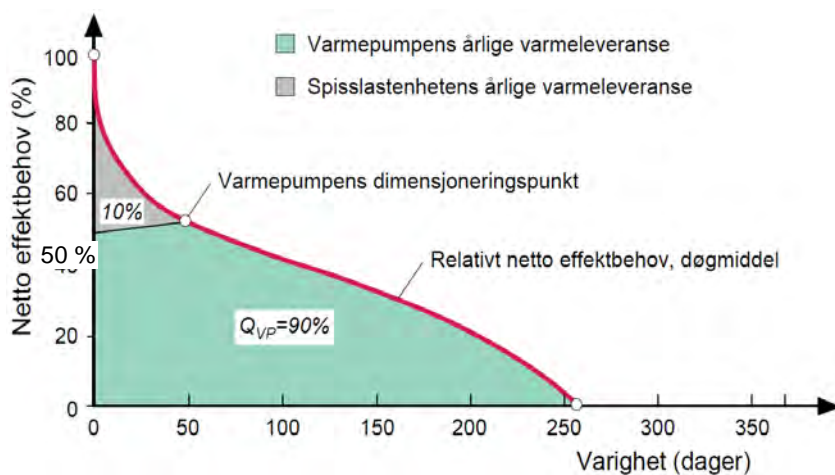
### 3.5 Dimensjonering – effekt- og energidekning

Varmepumpeanlegg for romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft, dvs. klimaavhengige varmebehov, dimensjoneres i Norge for å dekke **40-70 %** av netto varmeeffektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT). Netto varmeeffektbehov er bygningens brutto varmeeffektbehov fratrukket interne varmelaster og soltilskudd.

Varmepumper har relativt høy spesifikk investeringskostnad (kr/kW). Når varmepumpen benyttes som *grunnlast*, blir de totale investeringskostnadene lavere enn om varmepumpen dimensjoneres for å dekke maksimalt effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT). Varmepumpen vil dessuten oppnå høyere års-

energifaktor ( $SPF_{netto}$ ) på grunn av høyere kompressorvirkningsgrad ved delast og lavere gjennomsnittlig kondenseringstemperatur.

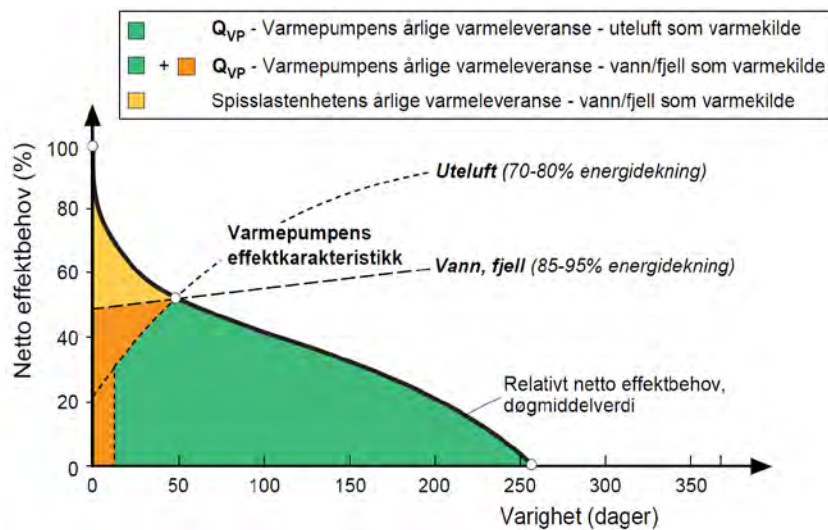
Figur 22 viser en prinsipiell *effekt-varighetskurve* med netto effektbehov for oppvarming av en bygning. I eksempelet er varmepumpen dimensjonert for å dekke 50 % av maks. varmeeffektbehov (50 % effektdekning), men pga. varighetskurvens forløp dekker varmepumpen likevel ca. 90 % av årlig varmebehov (90 % energidekning). De resterende 10 % av årlig varmebehov dekkes av en spisslastenhet (kjelanlegg), som har relativt lav spesifikk investeringskostnad (kr/kW). For boliger med vannbåren varme dekkes spisslastbehovet oftest med el.kolber mens det i større bygninger benyttes olje-, gass- og/eller elektrokjeler.



Figur 22 Prinsipiell effekt-varighetskurve som viser netto effektbehov til oppvarming i en bygning (døgnmiddelverdi). I eksempelet er varmepumpens effekt- og energidekning henholdsvis 50 % og 90 %.

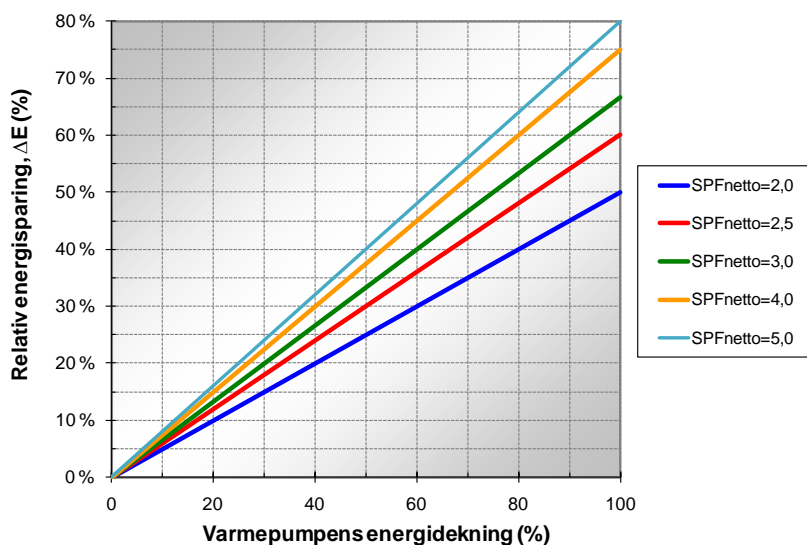
*Optimal effektdekning* for en varmepumpe er den varmeeffekten som gir de laveste investerings- og driftskostnadene, dvs. den laveste årskostnaden (kr/år) for hele varmepumpesystemet (varmepumpe og spisslastenhet). Optimal effektdekning påvirkes bl.a. av klima, byggtipe, spesifikke investeringskostnader for varmepumpe og spisslastenhet, varmepumpens effektivitet ( $SPF_{netto}$ ), samt priser på energi til varmepumpe og kjelanlegg (elektrisitet, gass, olje).

Varmepumper med overflatevann (sjøvann, innsjøvann, ellevann) vil dekke en større andel av totalt årlig varmebehov, dvs. oppnå større energidekning, enn varmepumper med uteluft som varmekilde. Typisk energidekning for varmepumper som utnytter overflatevann er 80 til 95 %, mens uteluftbaserte anlegg oppnår 65 til 75 %. Figur 23 viser en prinsipiell effekt-varighetskurve hvor det er inntegnet ulike forløp for varmepumpens effektdekning avhengig av type varmekilde. I eksempelet viser grønn flate årlig varmeleveranse fra en uteluft-varmepumpe, mens oransje og gul flate er årlig varmeleveranse fra spisslastenheten. Et varmepumpeanlegg med overflatevann eller fjell som varmekilde vil ha en høyere årlig varmeleveranse, her representert med summen av grønn og oransje flate.



Figur 23 Prinsipiell effekt-varighetskurve som viser netto effektbehov til oppvarming av en bygning (døgnmiddelverdi). Inntegnet effektkarakteristikker for varmepumper med uteluft og vann/fjell som varmekilde.

Årlig energisparing ( $\Delta E$ ) for et varmepumpesystem er avhengig av varmepumpens årsvarmefaktor ( $SPF_{netto}$ ) og energidekning. Jo lavere  $SPF_{netto}$  og energidekning, desto lavere årlig energisparing. Figur 24 viser prosentvis energisparing for et varmepumpesystem ved varierende energidekningsgrad og netto årsvarmefaktor ( $SPF_{netto}$ ) for varmepumpen. For enkelthets skyld er det antatt at det benyttes elektrokjeler som spisslastenhet, dvs. at årsvirkningsgraden for kjel-systemet er tilnærmet lik 1.



Figur 24 Prosentvis energisparing for et varmepumpesystem (varmepumpe og spisslastenhet) i forhold til et elektrisk oppvarmingssystem ved varierende energidekning og årsvarmefaktor ( $SPF_{netto}$ ) for varmepumpen.

Typisk energidekningsgrad, netto årsvarmefaktor og årlig energisparing for varmepumper med overflatevann/grunnvann/fjell eller uteluft som varmekilde i norsk klima er som følger:

- Overflatevann, grunnvann eller fjell som varmekilde – energidekning ca. 80-95 % av årlig varmebehov og netto årsvarmefaktor ( $SPF_{netto}$ ) for varmepumpen fra 3,0 til 4,5 gir anslagsvis **55-75 %** årlig energisparing i forhold til elektrisk oppvarmingssystem.
- Uteluft som varmekilde – energidekning ca. 65-75 % av årlig varmebehov og netto årsvarmefaktor ( $SPF_{netto}$ ) for varmepumpen fra 2,0 til 2,5 gir anslagsvis **35-50 %** årlig energisparing i forhold til elektrisk oppvarmingssystem.



## **4 VEDLEGG 4 – Potensialdata for kommunene**

Tabellene på de neste sidene gir en komplett oversikt over beregnet potensial på kommunenivå for utnyttelse av overflatevann med varmepumper.

1	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Østfold Akershus	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
AREMARK	4720	4720	0	4388	332	320	1349	3052	0
ASKIM	240	240	0	212	28	60	52	127	0
EIDSBERG	631	631	0	546	85	61	412	158	0
FREDRIKSTAD	220248	5578	214670	199945	20303	33967	69196	117085	346307
HALDEN	110717	18835	91882	98004	12713	9384	45056	56277	124476
HOBØL	307	307	0	250	58		307	0	0
HVALER	13318	122	13318	11786	1532	1239	2763	9316	13216
MARKER	13770	13770	0	12548	1222	1718	4326	7726	0
MOSS	123780	18344	117139	110786	12994	22301	31057	70423	137610
RAKKESTAD	453	453	0	445	7	25	0	427	0
RYGGE	45851	32100	31616	40702	5149	5774	8431	31646	54674
RØMSKOG	2005	2005	0	1954	51	0	1146	859	0
RÅDE	17872	13582	4289	16100	1772	348	7560	9964	6492
SARPSBORG	52627	47038	5589	49188	3439	4745	20593	27289	5966
SKIPTVET	226	226	0	198	28	0	52	174	0
SPYDEBERG	2250	2250	0	2158	92	129	314	1807	0
TRØGSTAD	3425	3425	0	3223	202	0	1005	2420	0
VÅLER	3491	3491	0	3190	301	110	1468	1912	0
ASKER	164867	22325	144464	145333	19534	15167	20621	129078	216390
AURSKOG-HØLAND	31626	31626	0	29776	1850	599	19449	11577	0
BÆRUM	574844	14298	562485	515149	59695	112945	40303	421596	897537
EIDSVOLL	18843	18843	0	17053	1790	172	8599	10071	0
ENEBAKK	19990	19990	0	17854	2136	1303	5754	12932	0
FET	12290	12290	0	10616	1675	192	8363	3736	0
FROGN	63845	2181	62853	56978	6867	7642	14729	41473	76920
GJERDRUM	67	67	0	67	0	0	67	0	0
HURDAL	10686	10686	0	9538	1148	117	3255	7314	0
LØRENSKOG	1445	1445	0	1445	0	1317	31	98	0
NANNESTAD	2178	2178	0	2063	115	78	1575	525	0
NES	1560	1560	0	1541	19	261	1101	198	0
NESODDEN	43427	1294	42670	39625	3802	8069	8457	26900	48192
NITTEDAL	1916	1916	0	1665	251	369	958	589	0
OPPEGÅRD	72643	14095	65837	66188	6455	16614	7930	48098	109938

2	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Akershus Oslo Hedmark Oppland	Overflatevann Totalt potensial	Innsjø Totalt potensial	Sjøvann Totalt Potensialet	Oppvarming Totalt potensial	Kjøling Totalt potensial	Husholdning- bygg Totalt potensial	Industribygg Totalt potensial	Næringsbygg Totalt potensial	Sjøvann Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
RÆLINGEN	11776	11776	0	10668	1107	2373	4378	5025	0
SKEDSMO	8840	8840	0	8163	677	51	5189	3600	0
SKI	8213	8213	0	7326	887	564	4093	3556	0
SØRUM	1106	1106	0	1047	59	0	1106	0	0
ULLENSAKER	7284	7284	0	6605	679	322	2782	4179	0
VESTBY	22923	743	22322	20149	2775	2232	3824	16867	21733
ÅS	21717	5813	16445	19717	2000	486	8722	12508	20698
OSLO	2668447	77885	2590562	2416542	251906	750540	347539	1570368	6973006
ALVDAL	83	83	0	83	0	23	35	26	0
EIDSKOG	4199	4199	0	3916	283	394	2354	1452	0
ELVERUM	3544	3544	0	3529	15	1954	1285	305	0
ENGERDAL	7842	7842	0	7509	333	661	2771	4411	0
FOLLDAL	343	343	0	307	36	41	35	267	0
GRUE	2816	2816	0	2633	183	582	456	1779	0
HAMAR	252254	252254	0	233036	19218	46285	31773	174196	0
KONGSVINGER	18899	18899	0	17736	1163	2505	5183	11211	0
LØTEN	992	992	0	974	18	50	832	110	0
NORD-ODAL	11884	11884	0	11283	601	1618	3171	7095	0
OS	455	455	0	447	9	135	28	292	0
RENDALEN	7901	7901	0	7036	865	227	981	6692	0
RINGSAKER	70730	70730	0	64423	6307	3175	17573	49981	0
STANGE	35649	35649	0	32757	2892	4484	6082	25083	0
STOR-ELVDAL	1881	1881	0	1636	245	0	108	1772	0
SØR-ODAL	1400	1400	0	1386	14	450	186	763	0
TOLGA	129	129	0	129	0	0	0	0	0
TRYSIL	3635	3635	0	3330	305	273	581	2781	0
TYNSET	3425	3425	0	3048	377	354	165	2907	0
VÅLER	396	396	0	364	32	54	108	234	0
ÅMOT	5185	5185	0	4846	339	843	1491	2851	0
ÅSNES	2574	2574	0	2364	210	678	734	1162	0
DOVRE	695	695	0	607	88	0	22	674	0
ETNEDAL	2714	2714	0	2387	327	111	587	2016	0
GAUSDAL	785	785	0	685	100	37	22	726	0

3	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Oppland Buskerud	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
GJØVIK	137510	137510	0	125314	12196	21800	25832	89879	0
GRAN	12344	12344	0	11399	945	2096	3717	6532	0
JEVNAKER	15376	15376	0	13649	1727	1505	2470	11401	0
LESJA	1754	1754	0	1661	93	34	825	895	0
LILLEHAMMER	195854	195854	0	182755	13100	42947	40500	112407	0
LOM	2542	2542	0	2272	270	116	553	1873	0
LUNNER	5673	5673	0	5139	534	845	2089	2738	0
NORD-AURDAL	49003	49003	0	44109	4894	3428	4394	41181	0
NORD-FRON	1923	1923	0	1713	211	59	249	1616	0
NORDRE LAND	1871	1871	0	1689	182	71	411	1389	0
RINGEBU	3712	3712	0	3353	359	268	701	2743	0
SEL	963	963	0	930	34	36	430	497	0
SKJÅK	1914	1914	0	1701	212	45	118	1751	0
SØNDRE LAND	13775	13775	0	12358	1417	706	3291	9778	0
SØR-AURDAL	109	109	0	97	12	35	73	92	0
SØR-FRON	5784	5784	0	5049	735	0	22	5670	0
VANG	10151	10151	0	9212	940	708	1448	7995	0
VESTRE SLIDRE	8196	8196	0	7599	597	440	2324	5432	0
VESTRE TOTEN	6857	6857	0	6153	704	469	2828	3560	0
VÅGÅ	10860	10860	0	9884	975	472	2184	8203	0
ØSTRE TOTEN	5455	5455	0	4789	666	421	1633	3402	0
ØYER	5976	5976	0	5507	469	293	831	4852	0
ØYSTRE SLIDRE	8533	8533	0	7673	860	160	977	7396	0
DRAMMEN	144546	852	143694	128018	16528	32450	19532	92565	215701
FLESBERG	1017	1017	0	987	30	143	638	236	0
FLÅ	3593	3593	0	3230	363	302	1447	1843	0
GOL	2765	2765	0	2392	373	0	57	2708	0
HEMSEDAL	119	119	0	108	12	0	0	119	0
HOL	21047	21047	0	18874	2173	1015	3450	16582	0
HOLE	16063	16063	0	14829	1234	2537	4820	8706	0
HURUM	9090	3300	8031	8442	649	1789	2899	4402	9017
KONGSBERG	1338	1338	0	1270	67	0	406	932	0
KRØDSHERAD	19150	19150	0	17100	2050	1011	5302	12837	0

4	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Buskerud Vestfold Telemark	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
LIER	47420	2084	45337	44407	3013	2294	27977	17150	55567
MODUM	27172	27172	0	24134	3038	2980	6679	17512	0
NEDRE EIKER	1010	1010	0	1010	0	111	567	332	0
NES	20440	20440	0	18462	1979	1427	4195	14818	0
NORE OG UVDAL	11316	11316	0	10257	1059	221	3572	7522	0
RINGERIKE	13989	13989	0	12893	1096	772	5014	8204	0
ROLLAG	671	671	0	650	20	162	298	210	0
RØYKEN	19673	733	19003	17566	2107	2716	7518	9439	24487
SIGDAL	10638	10638	0	9617	1020	371	3435	6831	0
ØVRE EIKER	11642	11642	0	10016	1627	1389	1383	8870	0
ÅL	9729	9729	0	8746	983	932	3042	5754	0
ANDEBU	3451	3451	0	3114	337	141	2056	1254	0
HOF	5017	5017	0	4764	253	187	3499	1331	0
HOLMESTRAND	36293	1088	35204	32242	4050	6930	12069	17294	41229
HORTEN	79178	3017	78595	70327	8851	11302	14453	53423	96966
LARDAL	490	490	0	427	63	0	115	375	0
LARVIK	142730	51053	135712	128757	13973	20577	35003	87150	204965
NØTTERØY	50470	132	50338	47457	3013	17974	8363	24133	56513
RE	1615	1588	1320	1543	72	27	1258	330	1316
SANDE	4931	323	4608	4645	286	824	1773	2334	12158
SANDEFJORD	97186	1987	95199	88067	9118	28649	21762	46775	139499
STOKKE	13338	6132	10638	12356	982	1080	5562	6696	21983
SVELVIK	23108	530	22837	21853	1255	2851	13318	6940	23463
TJØME	15840	392	15815	14505	1335	1932	3893	10016	17798
TØNSBERG	157401	616	157298	138518	18884	21465	17745	118192	198728
BAMBLE	30893	3764	28821	27084	3809	2031	9907	18955	28763
BØ	211	211	0	184	27	37	82	93	0
DRANGEDAL	11298	11298	0	10295	1004	2281	1914	7103	0
FYRESDAL	601	601	0	560	41	82	79	440	0
HJARTDAL	2812	2812	0	2562	249	133	562	2117	0
KRAGERØ	37719	4670	34563	33128	4591	5252	9196	23271	37744
KVITSEID	3230	3230	0	3035	195	583	470	2177	0
NISSDAL	3171	3171	0	3054	117	551	1659	961	0

5	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Telemark Aust Agder Vest Agder	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
NOME	11370	11370	0	10341	1029	604	2896	7870	0
NOTODDEN	48670	48670	0	44047	4623	2901	8778	36991	0
PORSGRUNN	104342	812	103739	94598	9744	11521	33536	59285	141665
SAUHERAD	6322	6322	0	5900	422	410	2706	3206	0
SELJORD	10299	10299	0	9218	1081	513	2015	7771	0
SILJAN	3421	3421	0	3147	274	61	1317	2044	0
SKIEN	45874	15760	30114	41934	3940	4035	15525	26314	24277
TINN	10082	10082	0	9391	691	1990	3414	4678	0
TOKKE	1693	1693	0	1487	206	122	350	1220	0
VINJE	17920	17920	0	15953	1967	729	3111	14080	0
ARENDAL	107738	16337	98369	93446	14292	10813	15003	81921	119522
BIRKENES	8374	8374	0	7619	756	740	1053	6581	0
BYGLAND	10413	10413	0	9647	766	974	3654	5785	0
BYKLE	5210	5210	0	4658	553	143	419	4648	0
EVJE OG HORNNES	4382	4382	0	3907	475	78	626	3678	0
FROLAND	4719	4719	0	4209	510	568	1836	2315	0
GJERSTAD	4981	4981	0	4496	485	139	2401	2442	0
GRIMSTAD	44668	5938	42272	38339	6329	3832	8265	32571	45157
IVELAND	3560	3560	0	3353	207	400	1410	1750	0
LILLESAND	26352	6192	23325	23386	2967	3558	6964	15831	25865
RISØR	15247	2652	14583	13248	1999	1770	4321	9155	16819
TVEDESTRAND	19181	3673	17421	16340	2841	697	3866	14618	19622
VALLE	5656	5656	0	5123	534	254	1667	3735	0
VEGÅRSHEI	4374	4374	0	3938	435	572	2158	1644	0
ÅMLI	4432	4432	0	4223	209	56	3054	1322	0
AUDNEDAL	7404	7404	0	6684	721	316	1462	5627	0
FARSUND	27749	7659	23595	24635	3114	3386	9991	14373	29689
FLEKKEFJORD	31608	9341	28110	27066	4542	3580	12925	15103	31733
HÆGEBOSTAD	3754	3754	0	3410	345	585	381	2788	0
KRISTIANSAND	251077	27187	230659	217566	33511	51733	44765	154578	343539
KVINESDAL	7162	3018	4304	6473	689	574	3360	3227	4375
LINDESNES	7816	2358	5808	6698	1118	671	3152	3993	4844
LYNGDAL	15232	1610	13949	12948	2284	485	6531	8215	17591



6	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Vest Agder Rogaland	Overflatevann Totalt potensial	Innsjø Totalt potensial	Sjøvann Totalt Potensialet	Oppvarming Totalt potensial	Kjøling Totalt potensial	Husholdning- bygg Totalt potensial	Industribygg Totalt potensial	Næringsbygg Totalt potensial	Sjøvann Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
MANDAL	51287	3538	49510	44132	7155	2943	11415	36930	54439
MARNARDAL	2112	2112	0	2089	23	365	1283	464	0
SIRDAL	10624	10624	0	9809	815	2206	2123	6295	0
SONGDALEN	8135	8135	0	7411	723	113	5291	2731	0
SØGNE	18382	2878	16681	16916	1466	2847	7026	8509	18988
VENNESLA	24398	24398	0	21823	2575	4178	7437	12783	0
ÅSERAL	3084	3084	0	2752	331	0	982	2101	0
BJERKREIM	4325	4325	0	3910	415	297	1687	2341	0
BOKN	4869	1469	4670	4218	650	504	774	3591	4773
EIGERSUND	49690	12777	44823	43396	6294	5676	16580	27434	48773
FINNØY	7912	566	7769	7005	908	550	2171	5192	7622
FORSAND	11053	1631	10617	9743	1311	1020	4306	5727	11358
GJESDAL	32841	31729	2875	30891	1950	7342	11866	13633	5563
HAUGESUND	172199	11721	168560	143194	29006	12967	23306	135927	198823
HJELMELAND	10239	6144	9526	9196	1043	1412	4424	4403	9458
HÅ	8474	2466	6974	7156	1318	303	2617	5554	37205
KARMØY	130147	11858	127133	117213	12933	30075	41790	58282	130033
KLEPP	15882	15832	125	14024	1857	468	11483	3930	17980
KVITSØY	2940	0	2940	2640	300	423	584	1934	3218
LUND	14612	14612	0	12063	2549	501	5875	8236	0
RANDABERG	21377	1064	21152	19400	1977	3420	5801	12156	33548
RENNESØY	9157	214	9062	8175	981	1791	1970	5396	8991
SANDNES	251870	16138	239013	209502	42369	22629	30156	199086	316081
SAUDA	6944	1322	6631	6636	308	1462	3021	2460	6368
SOKNDAL	8194	2734	5925	7361	833	404	4281	3510	5719
SOLA	99938	288	99870	84221	15717	6237	30653	63049	120370
STAVANGER	526270	17854	521683	465139	61130	111738	86785	327746	759163
STRAND	39065	12965	35132	35739	3326	5853	10136	23075	35797
SULDAL	3921	587	3508	3558	362	746	755	2419	3628
TIME	23028	23028	0	20191	2837	4382	3670	14976	0
TYSVÆR	28725	13599	24424	26546	2179	3134	9728	15863	27503
UTSIRA	1792	0	1792	1597	196	31	780	981	1716
VINDAFJORD	34061	4538	31291	31203	2858	3503	9092	21466	32072

7	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Hordaland	Overflatevann Totalt potensial	Innsjø Totalt potensial	Sjøvann Totalt Potensialet	Oppvarming Totalt potensial	Kjøling Totalt potensial	Husholdning- bygg Totalt potensial	Industribygg Totalt potensial	Næringsbygg Totalt potensial	Sjøvann Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
<b>ASKØY</b>	<b>55475</b>	<b>13683</b>	<b>51293</b>	<b>50574</b>	<b>4901</b>	<b>9213</b>	<b>18212</b>	<b>28050</b>	<b>52227</b>
AUSTEVOLL	16018	2554	15920	13992	2026	864	4339	10815	16073
AUSTRHEIM	13344	859	13194	11200	2144	663	1527	11153	13369
BERGEN	1054334	60336	1016763	944356	109978	328836	104156	621342	1527644
BØMLO	26734	10932	24838	23912	2823	2793	7134	16807	25533
EIDFJORD	3889	432	3458	3514	376	286	510	3093	3406
ETNE	17576	1488	16088	15951	1625	1784	5519	10272	16358
FEDJE	887	166	855	778	109	0	455	432	3640
FITJAR	9528	2867	8727	8353	1175	663	1850	7015	8676
FJELL	48866	7479	46267	43045	5821	4782	16376	27708	48016
FUSA	15206	2984	14816	13432	1774	946	7993	6267	15148
GRANVIN	6637	2300	6077	6288	349	636	2997	3005	6440
JONDAL	6281	116	6165	6066	214	2428	365	3487	6119
KVAM	43729	1737	42679	39530	4199	4971	16952	21806	43647
KVINNHERAD	31260	8797	29480	28746	2514	8011	7642	15607	28415
LINDÅS	66474	8186	64546	57361	9112	4401	21162	40910	67882
MASFJORDEN	10484	2647	9625	9497	987	836	4077	5571	9815
MELAND	12342	1297	12030	10559	1783	1022	5358	5962	12655
MODALEN	2972	1226	1745	2599	373	58	783	2131	2044
ODDA	16371	4144	13337	15473	898	3027	4855	8489	17827
OS	42231	9501	34615	38057	4175	7397	6079	28754	46334
OSTERØY	17706	7791	15101	15695	2011	1393	7436	8877	16050
RADØY	12155	7540	10638	10853	1302	813	5040	6301	11026
SAMNANGER	7334	2281	6206	6627	707	855	3500	2979	6631
STORD	59790	12975	57095	51059	8732	5993	16448	37350	61189
SUND	9912	3815	8839	9181	731	1733	2557	5622	9093
SVEIO	9673	5859	5455	8587	1086	741	2588	6345	5368
TYSNES	7751	3408	6729	7095	656	661	2846	4244	6392
ULLENSVANG	2703	112	2591	2558	145	811	574	1318	2515
ULVIK	11330	1321	10010	10117	1214	1046	2091	8194	10105
<b>VAKSDAL</b>	<b>4420</b>	<b>360</b>	<b>4254</b>	<b>3979</b>	<b>441</b>	<b>476</b>	<b>1217</b>	<b>2727</b>	<b>9858</b>
VOSS	46947	46548	398	42729	4217	8490	5185	33271	431
ØYGARDEN	15059	3348	14201	13603	1456	1202	3817	10041	15710

8	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Sogn og Fjordane Møre og Romsdal	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
ASKVOLL	9347	1638	9278	8023	1324	0	3240	5625	9289
AURLAND	12098	1931	10168	10468	1631	1170	933	9996	10385
BALESTRAND	6197	0	6197	5528	669	837	866	4493	6520
BREMANGER	15996	5628	15946	13694	2302	458	9481	6057	16401
EID	15763	472	15291	13453	2310	895	3666	11202	16500
FJALER	8156	1102	7133	7441	715	1450	2297	4409	7168
FLORA	42954	2569	42271	38930	4024	5482	17724	19748	42521
FØRDE	47763	4410	43354	39604	8159	2982	11209	33572	62557
GAULAR	4065	1093	2972	3548	517	496	2188	1382	2799
GLOPPEN	15492	2702	13797	13286	2206	642	2002	12849	17389
GULEN	8012	613	7870	6943	1069	734	2152	5125	7904
HORNINDAL	2972	2972	0	2487	485	125	1470	1377	0
HYLLESTAD	3970	1360	3660	3679	291	434	1312	2225	3460
HØYANGER	19644	4359	19098	17151	2492	1689	8668	9287	20695
JØLSTER	7989	7989	0	7209	779	1291	793	5905	0
LEIKANGER	5523	0	5523	4709	814	699	324	4499	5381
LUSTER	16220	5095	12021	14976	1244	2075	3827	10318	13088
LÆRDAL	8052	0	8052	6947	1105	25	950	7077	9938
NAUSTDAL	2676	0	2676	2527	149	482	350	1845	2799
SELJE	9080	200	8880	7842	1238	678	4227	4175	8886
SOGNDAL	21556	74	21482	18716	2841	2192	2856	16508	29009
SOLUND	3558	1456	3558	3149	409	203	385	2969	4103
STRYN	41999	3106	39488	36975	5024	3398	13500	25101	41072
VIK	8711	41	8669	7929	782	437	5177	3096	8513
VÅGSØY	25823	4472	25489	22139	3684	1438	10421	13964	25899
ÅRDAL	27611	23193	11872	26101	1511	8124	4733	14755	14080
AUKRA	8713	105	8713	7504	1208	515	3384	4814	8895
AURE	14732	2466	14123	13602	1130	1163	5108	8461	13846
AVERØY	17044	3641	15845	15780	1265	1110	9106	6829	15994
EIDE	12103	2395	11393	10737	1366	273	6429	5401	11391
FRÆNA	34442	4026	33618	32060	2382	3539	13700	17203	35836
GISKE	13039	0	13039	11291	1748	923	5027	7089	12525
GJEMNES	3329	372	3223	3082	247	486	1475	1369	3309

9	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Møre og Romsdal Sør Trøndelag	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
HALSA	12189	2250	12000	11352	837	502	7195	4492	12591
HARAM	27588	4418	27237	24249	3339	1708	11338	14542	27019
HAREID	14013	3641	13870	12150	1863	562	3863	9588	14094
HERØY	26499	1988	26116	23835	2664	3214	12350	10935	25903
KRISTIANSUND	126352	1773	125493	114285	12067	24794	20185	81373	168864
MIDSUND	6460	0	6460	6028	432	405	3289	2765	6401
MOLDE	133523	1338	133243	118691	14831	21858	22329	89336	148776
NESSET	14680	2267	12413	13733	947	1859	8550	4271	12206
NORDDAL	9900	438	9689	8391	1509	508	2153	7238	10460
RAUMA	28062	368	27694	23996	4065	1789	12810	13462	28298
RINDAL	1959	1959	0	1738	221	205	398	1356	0
SANDE	12462	526	12085	11029	1433	928	6241	5293	11760
SANDØY	8434	0	8434	7271	1163	118	3621	4695	8583
SKODJE	11733	2831	10479	10383	1350	509	6239	4985	10720
SMØLA	11302	708	10793	10093	1210	864	3930	6508	10811
STORDAL	6544	0	6544	5625	919	159	5621	765	6716
STRANDA	26967	212	26756	23448	3520	1260	10349	15358	28545
SULA	7393	2292	6558	6959	434	1798	2303	3292	6366
SUNNDAL	34926	663	34508	32639	2287	988	20872	13066	40993
SURNADAL	12147	379	11841	11383	764	1155	8276	2716	17899
SYKKYLVEN	45690	4682	45206	39790	5900	2472	29186	14032	45316
TINGVOLL	3919	285	3635	3703	217	1136	483	2300	3688
ULSTEIN	25849	244	25740	22564	3285	2824	8152	14873	26408
VANYLVEN	4333	24	4309	4056	277	873	1658	1802	4382
VESTNES	27393	0	27393	25037	2356	2571	13855	10966	27487
VOLDA	33331	10799	30738	27950	5381	2185	7217	23928	31532
ØRSKOG	6899	140	6759	5890	1009	96	2257	4546	6104
ØRSTA	32293	3920	31494	27503	4790	2153	11230	18910	31946
ÅLESUND	204741	15246	202827	181173	23568	40174	52723	111845	224927
AGDENES	10467	1797	9781	9796	671	2813	2637	5018	10120
BJUGN	25243	8298	23832	22382	2861	727	11183	13333	26036
FRØYA	21162	6603	20829	19161	2002	735	7835	12592	21399
HEMNE	16116	8053	14591	14230	1886	697	5998	9421	14647

10	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Sør Trøndelag Nord Trøndelag	Overflatevann Totalt potensial	Innsjø Totalt potensial	Sjøvann Totalt Potensialet	Oppvarming Totalt potensial	Kjøling Totalt potensial	Husholdning- bygg Totalt potensial	Industribygg Totalt potensial	Næringsbygg Totalt potensial	Sjøvann Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
HITRA	22326	6034	21923	19887	2438	1778	6761	13787	23197
KLÆBU	488	488	0	474	14	23	387	77	0
MALVIK	21741	3216	21005	20102	1639	4088	4397	13256	23171
MELDAL	3487	3487	0	3280	207	27	2059	1401	0
MELHUS	7636	3125	4512	7069	567	442	5670	1524	4662
MIDTRE GAULDAL	840	840	0	840	0	52	789	0	0
OPPDAL	903	903	0	814	89	75	157	671	0
ORKDAL	35544	1163	34715	30862	4682	2455	12142	20947	38778
OSEN	5657	212	5657	5072	586	916	2558	2184	5702
RENNEBU	1372	1372	0	1302	70	97	740	536	0
RISSA	17201	6744	13916	15294	1907	850	6914	9438	15339
ROAN	5500	236	5383	5124	377	729	2046	2726	5359
RØROS	7138	7138	0	6568	570	883	1997	4258	0
SELBU	15200	15200	0	14034	1166	691	6409	8101	0
SKAUN	13973	2289	11684	12140	1833	1723	5931	6320	11867
SNILLFJORD	4533	547	4533	4202	332	283	1889	2361	4389
TRONDHEIM	486000	4512	481487	422812	63188	65972	72223	347805	937610
TYDAL	4848	4848	0	4498	351	174	2056	2618	0
ØRLAND	19425	0	19425	16772	2653	968	5322	13136	20645
ÅFJORD	13725	2891	13064	12030	1695	407	5546	7772	15162
FLATANGER	5287	1010	5085	4662	625	480	1737	3070	5242
FOSNES	2111	676	1810	1810	301	70	407	1634	1907
FROSTA	4808	1096	4382	4295	513	260	2036	2512	4359
GRONG	1085	1085	0	958	128	0	0	1085	0
HØYLANDET	899	594	304	843	56	231	#VERDI!	668	71
INDERØY	9141	22	9120	8149	993	1795	2410	4936	9642
LEKA	3888	0	3888	3275	613	0	623	3265	4062
LEKSVIK	9984	146	9839	8873	1111	1400	3660	4924	10020
LEVANGER	63167	2658	61468	55515	7652	8481	12755	41932	66752
LIERNE	7748	7748	0	7218	530	1168	2889	3691	0
MERÅKER	798	798	0	721	78	65	165	569	0
MOSVIK	2130	0	2130	1976	154	233	476	1422	2163
NAMDALSEID	3774	194	3581	3527	248	230	1987	1558	3485



11	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Nord Trøndelag Norland	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
NAMSOS	62368	227	62141	54193	8175	4823	14549	42996	64677
NAMSSKOGAN	1864	1864	0	1585	279	0	339	1525	0
NÆRØY	20794	913	20203	18688	2107	2355	7890	10549	20408
OVERHALLA	20	20	0	20	0	20	0	0	0
RØYRVIK	3796	3796	0	3507	289	284	1158	2354	0
SNÅSA	6304	6304	0	5610	694	695	1483	4126	0
STEINKJER	45323	3241	42082	40091	5232	8720	4894	31709	57354
STJØRDAL	70195	217	69978	61232	8963	6189	8427	55580	83429
VERDAL	33802	1471	32331	30340	3462	1867	10370	21565	44786
VERRAN	11789	123	11666	10713	1076	860	6112	4817	11609
VIKNA	13337	196	13273	11882	1454	1063	4223	8051	13732
ALSTAHAUG	28136	765	28004	25392	2744	2449	6558	19130	27585
ANDØY	24133	4012	21565	22069	2064	2348	6722	15064	22549
BALLANGEN	8581	1184	8298	7756	825	624	2057	5900	8646
BEIARN	158	34	125	145	13	31	67	61	67
BINDAL	5456	406	5456	4953	503	315	1437	3704	5399
BODØ	175484	13425	174218	156089	19396	27094	25942	122449	221048
BRØNNØY	30181	2348	28790	26851	3329	5088	3393	21699	30416
BØ	12212	4446	11607	11242	969	1105	4164	6943	11552
DØNNA	3260	511	3062	2845	415	180	427	2653	3071
EVENES	8107	4430	5100	7610	497	1044	1921	5142	5796
FAUSKE	32859	9232	26166	29665	3194	2118	7014	23727	27610
FLAKSTAD	6204	970	6183	5420	784	286	1418	4500	6411
GILDESKÅL	7947	1200	7878	7291	656	1029	1997	4921	7647
GRANE	1517	1517	0	1335	182	0	607	910	0
HADSEL	34979	2093	34499	31265	3713	2351	8471	24157	35635
HAMARØY	9465	2395	8291	8735	730	909	2639	5917	9406
HATTFJELLDAL	202	202	0	198	4	90	0	112	0
HEMNES	21190	3597	17762	20110	1080	2496	11178	7515	18715
HERØY	7380	665	7299	6842	539	889	1831	4660	7243
LEIRFJORD	5974	0	5974	5507	467	1065	1341	3568	5497
LURØY	11942	248	11846	10874	1069	1129	4772	6041	11766
LØDINGEN	15386	925	14870	13873	1513	1121	4085	10181	15123

12	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Nordland Troms	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
MELØY	33847	2222	33132	30458	3389	1849	15246	16752	33519
MOSKENES	7665	3810	7593	6802	863	465	1280	5921	7434
NARVIK	75268	186	75082	67596	7671	8936	18941	47391	104277
NESNA	7084	151	7084	6353	731	645	2221	4219	6980
RANA	153390	3655	149799	143542	9848	26306	36890	90194	261470
RØDØY	8230	357	8230	7461	770	328	2654	5248	8290
RØST	6082	308	6082	5508	575	247	2993	2843	6062
SALTDAL	17098	1362	16062	15735	1363	507	5466	11125	18936
SORTLAND	47378	1157	47052	42523	4855	5003	11012	31363	47119
STEIGEN	8548	600	8384	7965	583	843	2130	5575	8056
SØMNA	3984	688	3984	3669	315	148	1898	1939	4108
SØRFOLD	13129	4529	11790	12014	1115	1306	5738	6085	11703
TJELDSUND	10671	0	10671	9471	1201	386	1829	8456	10583
TRÆNA	4407	124	4380	4167	240	259	2242	1905	4428
TYSFJORD	16033	2185	15584	14672	1361	774	5994	9264	15485
VEFSN	43020	668	42434	37356	5664	2427	8268	32325	45664
VEGA	4457	577	4395	3821	636	151	611	3695	4838
VESTVÅGØY	30696	5199	29052	28068	2628	3093	10688	16915	31391
VEVELSTAD	3325	0	3325	2926	399	76	617	2632	3337
VÆRØY	3623	68	3623	3031	593	0	666	2957	3696
VÅGAN	52012	9432	51589	47147	4864	9751	11492	30770	51608
ØKSNES	19577	998	19548	17751	1826	1320	5503	12755	20237
BALSFJORD	17464	765	16861	15921	1543	1305	5156	11003	17429
BARDU	5770	5770	0	5273	496	471	1277	4022	0
BERG	6473	0	6473	5876	597	394	2273	3806	6250
BJARKØY	4540	0	4540	4160	379	304	974	3262	4513
DYRØY	4931	118	4813	4572	359	449	1651	2831	4792
GRATANGEN	6281	667	6209	5772	508	299	1476	4505	6182
HARSTAD	189547	3169	188677	177300	12247	42348	34398	112801	223979
IBESTAD	1192	0	1192	1131	61	82	373	737	1175
KARLSØY	13527	398	13360	12475	1052	1796	3404	8326	13319
KVÆFJORD	13137	242	13108	12421	716	2550	2107	8480	13135
KVÆNANGEN	7886	1418	6927	7162	724	528	2444	4914	7218

13	Kun anlegg for enkelt bygg								Inkl fjernvarme
Troms Finnmark	Overflatevann	Innsjø	Sjøvann	Oppvarming	Kjøling	Husholdning- bygg	Industribygg	Næringsbygg	Sjøvann
	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt Potensialet	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial	Totalt potensial
	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år	MWh pr år
KÅFJORD	7479	344	7135	6881	598	362	1860	5257	7527
LAVANGEN	4965	530	4435	4397	568	178	1220	3566	4559
LENVIK	60738	6361	59059	55032	5706	9006	13169	38563	59301
LYNGEN	13348	0	13348	12251	1097	1111	2807	9429	13323
MÅLSELV	7688	5246	2442	7311	377	672	726	6290	2315
NORDREISA	15922	434	15851	14191	1732	822	2288	12812	19180
SALANGEN	11079	4131	10849	9914	1166	329	3486	7265	10799
SKJERVØY	22537	69	22468	21324	1214	4728	7222	10588	22488
SKÅNLAND	13729	778	13463	12224	1505	1385	2282	10062	13158
STORFJORD	8385	296	8090	7475	910	224	945	7217	8270
SØRREISA	11326	4958	10482	10338	987	1112	4309	5905	9995
TORSKEN	6813	70	6780	6351	462	475	2681	3656	7038
TRANØY	5536	1726	4688	5213	323	516	1926	3094	4475
TROMSØ	361885	1344	361543	328090	33795	76155	57798	227932	414068
ALTA	104337	2941	103396	96195	8142	10060	16022	78255	110257
BERLEVÅG	13285	250	13200	12100	1184	1426	2420	9438	18040
BÅTSFJORD	27302	625	27302	26333	970	5618	10927	10757	33577
GAMVIK	12169	1257	11894	11650	519	3882	2656	5631	13286
HAMMERFEST	75465	5787	72561	70214	5251	18194	12092	45178	94995
HASVIK	1383	0	1383	1304	79	178	249	956	1333
KAUTOKEINO	6768	6768	0	6345	423	1714	754	4300	0
KVALSUND	2459	448	2459	2378	81	511	915	1033	2448
LEBESBY	15434	5565	15198	14613	821	3896	4688	6851	19880
LOPPA	15456	2418	15402	14781	675	7269	2903	5284	15907
MÅSØY	12636	230	12574	12027	609	2679	2283	7674	13206
NESSEBY	6109	169	6109	5827	282	1948	778	3383	6032
NORDKAPP	51967	3720	51370	49261	2706	14497	10248	27222	62795
PORSANGER	31712	12064	20240	29695	2017	2826	4764	24123	24459
SØR-VARANGER	58104	10539	49051	54299	3805	7017	7016	44072	77500
TANA	3231	321	2910	3127	105	318	1899	1015	3089
VADSØ	47603	289	47313	44772	2831	10388	8883	28332	55514
VARDØ	26682	375	26472	25103	1579	6126	4849	15706	40707



Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

## Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2011

- Nr. 1 Dam Break Analysis for Aparan Reservoir, Armenia. Per Ludvig Bjerke (23 s.)
- Nr. 2 Fornybarandel i avfall til norske forbrenningsanlegg. Jarle Marthinsen, Mepex Consult AS (39 s.)
- Nr. 3 Endringer i erosjonsforhold som følge av tilleggsutbygging i Håkvikdalen og Skamdalen  
Truls Erik Bønsnes, Halfdan Benjaminsen, Jim Bogen, Margrethe Elster (78 s.)
- Nr. 4 Sedimenttransport ved utløp Storvatnet i Håkvikdalen 2009 - 2011  
Truls Erik Bønsnes (41 s.)
- Nr. 5 Grunnvarme i Norge - Kartlegging av økonomisk potensial  
Randi Kalskin Ramstad, Asplan viak (81 s.)
- Nr. 6 Overføring av Tverrdalselva til Storvatnet i Håkvikdal. Virkninger på vanntemperatur, saltholdighet, isforhold og lokalklima. Ånund Sigurd Kvambekk (26 s.)
- Nr. 7 Storglomfjordutbyggingen - Hydrologiske undersøkelser i 2010. Margrethe Elste (red.) (55 s.)
- Nr. 8 Kraftutbygginger i Hellelandsvassdraget. Virkninger på vanntemperatur- og isforhold  
Ånund Sigurd Kvambekk (25 s.)
- Nr. 9 Energi fra overflatevann i Norge – kartlegging av økonomisk potensial.  
Helge Smebye, Kirsti Midttømme, Jørn Stene; NGI (109 s.)



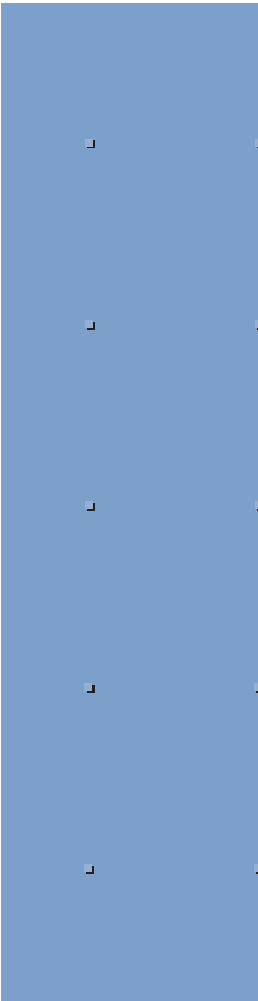






Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

N V E



Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen,  
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)