

BRUK AV GRUNNVARME TIL OPPVARMING AV ENEBOLIGER OG NÆRINGSBYGG

- Barrierer og muligheter

Av

Arne Petter Krogstad

Kathrine Elshaug

Kjetil Bringaker

Kirsti Stensland

Ekspert i team 2002

Forord

Denne oppgaven er skrevet i forbindelse med faget Eksperter i Team (EiT) våren 2002. Dette er et tverrfaglig prosjekt hvor studenter fra ulike institutt jobber sammen. Siden studentene i utgangspunktet skal komme fra forskjellige institutt, er alle eksperter på hvert sitt område. Dette er ikke tilfellet for vår gruppe, da alle fire kommer fra det tidligere berg-fakultetet.

Faget er inndelt i ulike landsbyer som omhandler ulike tema. Vår landsby heter "Fornybar termisk energi fra jordskorpen. Produksjon, lagring og anvendelser."

Vår gruppe valgte å skrive om bruk av grunnvarme til oppvarming av eneboliger og næringsbygg. Vi har beskrevet hvordan grunnvarme kan nyttiggjøres, samt hvilke barrierer og muligheter som ligger foran oss.

Vi ønsker å takke Randi Kalskin og Kirsti Midttømme fra Norges geologiske undersøkelse (NGU), samt landsbyhøvding Kai Nielsen for god faglig veiledning.

Oppgaven er skrevet av:

Arne Petter Krogstad
Pet.geo

Kathrine Elshaug
Pet.geo

Kirsti Stensland
Ing.geo

Kjetil Bringaker
Pet.tek

Trondheim 24.04.2002

Sammendrag

Energiforbruket i Norge øker jevnt, og i dag dekker ikke våre vannkraftressurser eget forbruk av elektrisk energi. Det er i den forbindelse viktig at folk blir mer bevisst på energisparing (ENØK), og at nye alternative energikilder utnyttes i større grad enn tidligere. En slik alternativ energikilde er grunnvarme. Et grunnvarmeanlegg består av et system som tar opp varme fra grunnen, en varmepumpe og et distribusjonssystem i boligen. I motsetning til elektrisk oppvarming gir vannbåren varme et bedre inneklima, forbedret bokvalitet samt miljømessige fordeler.

Grunnvarme kan tas ut fra berggrunn, løsmasser og jord. I berggrunnen kan en enten ha grunne eller dype anlegg, men i Norge finnes per i dag kun grunne anlegg. Videre kan grunnvarme tas ut gjennom et åpent eller et lukket system. I et åpent system pumpes grunnvann opp og varmeveksler i en varmepumpe, mens i et lukket system settes en kolletoreslange med sirkulerende kjølevæske ned i borehullet. I det siste tilfellet pumper en altså ikke opp grunnvann. Ved uttak av grunnvarme fra løsmasser eller berggrunnen trenger man et borehull. Vanlige metoder for boring i løsmasser er foringsrørboring og spiralboring (auger-boring), mens for fast fjell er hammerboring/slagboring og rotasjonsboring mest brukt.

I denne oppgaven pekes det på tre hovedbarrierer som kan være årsaken til at bruk av grunnvarme ikke er mer utbredt. Den ene barrieren er økonomi. Store investeringer i kombinasjon med få støtteordninger gjør at folk ikke ser lønnsomheten. Videre mangler både bransje, fagfolk og potensielle brukere kunnskap. Dette fører til uvitenhet og skepsis. Den siste barrieren går på folks holdninger. Da både til energibruk og store investeringer. For at grunnvarme skal bli mer aktuelt må ulike tiltak innføres, både med hensyn på økonomi, holdning og kunnskap.

Innholdsfortegnelse

FORORD	2
SAMMENDRAG.....	3
INNHALDSFORTEGNELSE	4
1. INNLEDNING.....	6
2. GENERELT	7
3. TO PRINSIPIELLE SYSTEMLØSNINGER.....	8
3.1 LUKKET SYSTEM	8
3.2 ÅPENT SYSTEM	8
4. VARMEPUMPE	9
5. GRUNNE ANLEGG I FJELL OG LØSMASSER.....	10
5.1 LUKKET SYSTEM I FJELL.....	11
5.2 ÅPENT SYSTEM I FJELL	11
5.3 ÅPENT SYSTEM I LØSMASSER	12
6. DYPE ANLEGG	14
7. JORDVARME.....	16
8. ENERGIBORING.....	17
8.1 BORING I LØSMASSER	17
8.1.1 Foringsrørboring	17
8.1.2 Spiralboring/augerboring	19
8.2 BORING I FAST FJELL.....	20
8.2.1 Hammerboring	20
8.2.1.1 Senkhammerboring	21
8.2.1.2 Topphammerboring	21
8.2.2 ROTASJONSBORING MED DIREKTESPYLING.	22
8.3 DYPBORING	22
9. GEOLOGISKE FORUTSETNINGER.....	22
10. ENERGIBRØNNER I FJELL I NORGE.....	23
11. NØDVENDIGE INVESTERINGER FOR ET VARMEPUMPEANLEGG.....	24
11.1 LØNNSOMHETSKALKYLE	24
11.2 ØKONOMISKE STØTTEORDNINGER	25
12. INNEKLIMA OG BOKVALITET	27
13. EKSEMPLER PÅ ULIKE ANLEGG	29
13.1 DYPE ANLEGG.....	29
13.2 GRUNNE ANLEGG.....	29
13.2.1 SENTERMENIGHETEN I ASKER.....	29
13.2.2 Sentralsykehuset i Akershus (SiA).....	30
14. TILRETTELEGGING FOR BRUK AV GRUNNVARME	31

15. NORGES ENERGIFORBRUK	33
15.1 FOLKS HOLDNINGER TIL ENERGIBRUK	34
15.2 BRUK AV VARMEPUMPER I NORGE.....	35
16. BARRIERER OG MULIGHETER.....	36
18. KONKLUSJON.....	41
REFERANSER.....	42
VEDLEGG.....	44

1. Innledning

Det norske energiforbruket øker jevnt, og i dag dekker ikke våre vannkraftressurser eget forbruk av elektrisk energi. Det er i den forbindelse viktig at folk blir bevisst på energisparing (ENØK), og at nye alternative energikilder utnyttes i større grad enn tidligere.

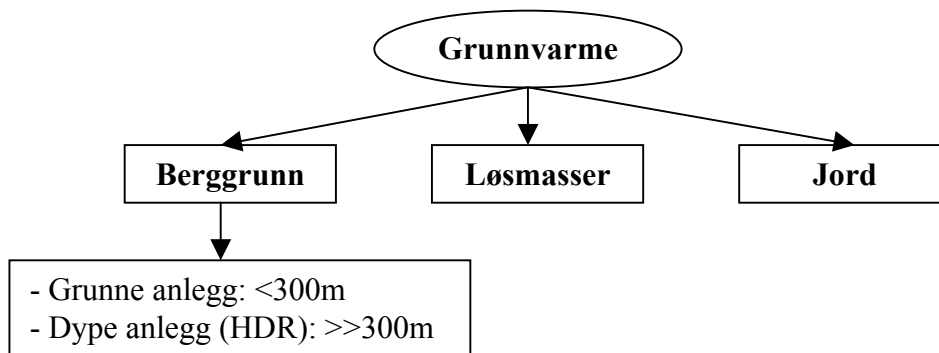
Innen 2010 skal Norge bruke 4 TWh mer vannbåren varme årlig basert på fornybare energikilder, varmepumper og spillvarme, noe som tilsvarer 200 000 husstanders forbruk av elektrisk energi. Eksempler på fornybare energikilder er solenergi, vindenergi, bioenergi, bølgeenergi og grunnvarme. I denne oppgaven er det kun lagt vekt på grunnvarme.

Elektrisitet er en høyverdig energikilde i forhold til grunnvarme. Bruk av elektrisitet til oppvarmingsformål vil derfor være ”sløsing” av høyverdig energi som heller kunne vært brukt i industrien. Ved omlegging til alternative varmekilder i bolighus, ville store mengder høyverdig energi bli frigjort.

Energi er et usynlig gode, som alle tar som en selvfølge. Ved store investeringer, som for eksempel bil- eller huskjøp, settes ofte kvalitet og komfort foran pris. Når det gjelder en ”usynlig” ting som energi, er folk gjerne mer prisbevisste og velger ofte billigste alternativ. Folks holdninger til energibruk må endres dersom bruk av alternative energikilder til oppvarmingsformål skal bli utbredt i vanlige eneboliger. I tillegg må myndighetene legge forholdene til rette gjennom blant annet økonomiske støtteordninger, avgiftskutt og midler til forskning og utvikling.

2. Generelt

Grunnvarme er betegnelsen på energi lagret i grunnen. Denne energien kommer fra soloppvarming og/eller geotermisk energi fra jordas indre. Varmen kan tas ut både fra fjell, løsmasser og jord.



For å utnytte grunnvarmen trengs et system for å fange opp varmen, og en måte å overføre den til et varmfordelingssystem på. Her spiller varmepumper en viktig rolle. Prinsipielt kan man bruke to forskjellige systemer for å fange opp varmen; åpent system og lukket system. I et åpent system pumper man opp grunnvann som avgir varme i en varmepumpe. I et lukket system har man en lukket krets med en væske som sirkulerer. Forskjellen blir altså at man i det første tilfellet pumper opp grunnvann, mens man i det andre tilfellet ikke gjør det. Både for berggrunn og løsmasser er begge systemer mulig, mens man ved jordanlegg bare bruker lukket system.

Berggrunn:

- Lukket system med bruk av kollektorslange
- Åpent system med oppumping av grunnvann

Løsmasser:

- Lukket system med bruk av kollektorslange
- Åpent system med oppumpet grunnvann

Jord:

- Lukket system med bruk av kollektorslange

3. To prinsipielle systemløsninger

3.1 Lukket system

En kollektorslange av plast fylles med en frostvæskeblanding og settes ned i et 80-200 meter dypt borehull. Kollektorvæsken tar opp varme fra fjellet/vannet nede i brønnen og avgir denne varmen til en varmepumpe på overflata. Kollektorvæsken sirkulerer altså i en lukket krets, og ikke noe grunnvann blir pumpet opp og forbrukt. Kollektorslangen består vanligvis av polyetylen og forventes å ha en levetid på minimum 30 år. Væsken som brukes i kollektorslangen er giftfri og skal ikke forurensne grunnen ved eventuell lekkasje. I Norge brukes mest vann/glykolblanding, men sprit går også an å bruke. Det er ikke fare for senkning av grunnvannsspeilet ved bruk av denne løsningen ettersom det ikke blir pumpet opp vann.

3.2 Åpent system

Her pumper man opp grunnvann som brukes i direkte varmeveksling med varmepumpa. Grunnvann tas opp, avgir varme og pumpes ut igjen et annet sted, enten i en returbrønn like ved eller til en elv eller vassdrag. Effekten er større sammenlignet med lukket løsning, men man er her avhengig av ganske stor grunnvannskapasitet og god grunnvannskvalitet. Åpen systemløsning brukes både innenfor løsmasse- og fjellbrønner. Mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmasser er større enn i fjell.

Hvor mye varme man kan ta ut er avhengig av:

- Bergets mineralsammensetning. Dette bestemmer bergets varmeledningsevne, det vil si hvor hurtig berggrunnen kan transportere varme/kulde fra de omkringliggende bergmassene inn mot kollektorene.
- Berggrunnens temperatur.
- Dyp ned til grunnvannsspeilet. Vann er en relativ god varmeleder mens luft er en dårlig varmeleder. Derfor er det nesten ikke noe positiv temperaturbidrag fra den "tørre" delen av borehullet. Dersom man kan fylle den tørre delen med betong eller lignende (som leder varme bedre enn luft), får man bedre effekt.
- Grunnvannsbevegelsen på stedet. Stor grunnvannsbevegelse gjennom energibrønnen bidrar til å holde temperaturen nærmere den utgangsverdien den lå på før brønnen ble

termisk tappet. Likedan ”henter” energibrønnen seg hurtig inn. God gjennomstrømning forhindrer også at varmetappingen fra forrige vinter får ettervirkninger.

- Grunnvannets temperatur.

Ulemper med å forbruke grunnvann på denne måten kan være:

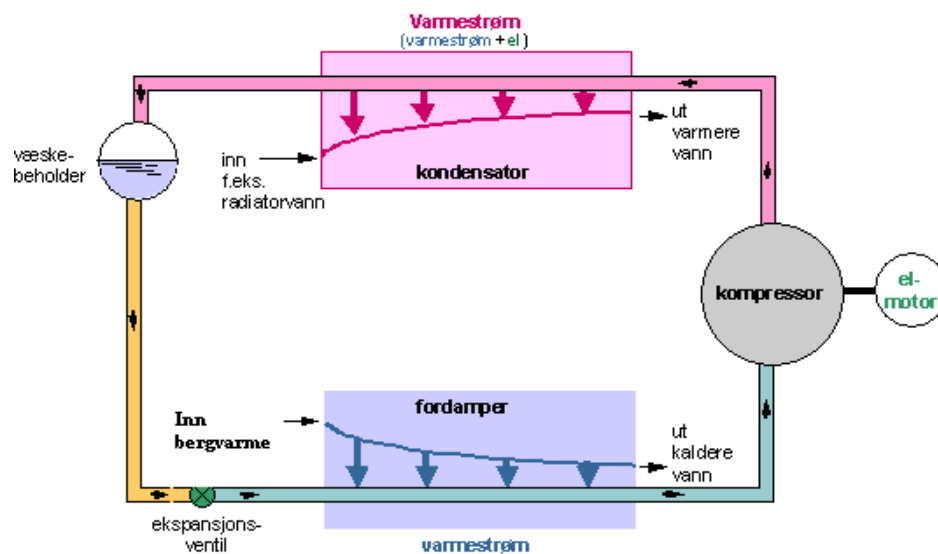
- Setninger på overflaten, som følge av senket grunnvannsspeil, kan være et problem dersom returvannet ikke pumpes tilbake i grunnen. Dette gjelder hovedsakelig for løsmasser.
- Belegg og gjentetting av rør og varmepumpe som følge av ioner i vannet (jern, mangan, kalk, magnesium mm).
- Fare for spredning av bakterier i forbindelse med returvannutslipp nær eksisterende drikkevannsforsyning.
- Uttak av varme kan medføre ”sen vår” på jordbruksarealer og hager. Dette gjelder for jordvarmeanlegg hvor kollektorslanger er gravd ned i grunne grøfter.

4. Varmepumpe

Felles for både åpent og lukket system, er at brønnene kombineres med en varmepumpe. En varmepumpe henter ut varme fra lavtemperatur- varmekilder som for eksempel luft, jord, sjøvann, grunnvann, berggrunn. Hovedkomponentene i et varmepumpesystem er en kompressor, en ekspansjonsventil, en fordamper og en kondensator. Et kuldemedium sirkulerer i systemet. En trykkforskjell skapes ved hjelp av en kompressor som drives av eksempelvis elektrisk kraft, og en ekspansjons- eller strupeventil. I fordamperen tilføres det varme fra lavtemperaturkilden. Denne varmen, og energien som tilføres for å drive kompressoren, avgis til omgivelsene i form av varme fra kondensatoren.

Det finnes ulike varmepumpetyper:

- Luft-til-luft
- Luft-til-vann
- Vann-til-luft
- Vann-til-vann (vanlig i kombinasjon med grunnvarme)



Figur 1: Prinsippskisse av varmepumpe. (Kilde: SINTEF)

Varmen som overføres er 2-4 ganger så stor som den tilførte elektriske energien til varmepumpen. Høyest mulig effekt av varmepumpen oppnås ved at anlegget leverer varme ved lav temperatur (som brukes i et vannbårent varmesystem).

5. Grunne anlegg i fjell og løsmasser

Grunne anlegg kjennetegnes ved at de ikke går så dypt ned i grunnen. Borehullene er vanligvis mellom 80 og 200 meter dype. Hvor dyp brønnen må være avhenger av grunnens varmeledningsevne og grunnvannsstrømningen på stedet.

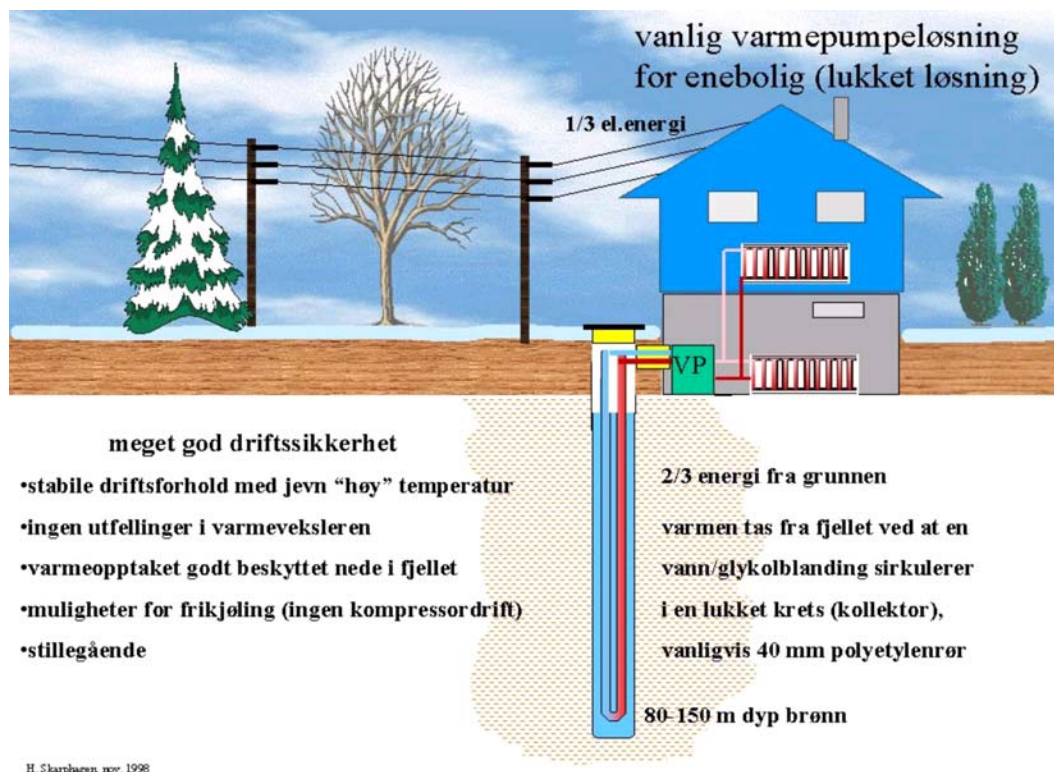
Energien som utnyttes i grunne anlegg kommer fra soloppvarming kombinert med energi fra radioaktivitet i berggrunnen. Det er disse grunne anleggene som i dag benyttes til oppvarming av eneboliger og mindre næringsbygg.

Når det gjelder varmeledningsevnen i berggrunnen er denne avhengig av kvartsinnholdet. Kvarts utmerker seg med sin høye varmeledningsevne i forhold til andre bergartsdannende mineraler. En energibrønn i kvartsitt kan yte 7 W/m, mens en brønn i kalkstein eller skifer normalt yter 2.5 W/m.

Generelt kan man si at sandsteiner, gneiser og basalter har god varmeledningsevne, mens gangbergarter og porfyrer har dårlig varmeledningsevne

5.1 Lukket system i fjell

En kollektorslange med sirkulerende væske plasseres i et borehull som tidligere beskrevet. Det er denne formen for grunnvarmeuttak som er mest vanlig til oppvarming av eneboliger. Prisen for selve boringen av en 100 meter dyp energibrønn i fjell ligger på ca. 17-20 000 kr.



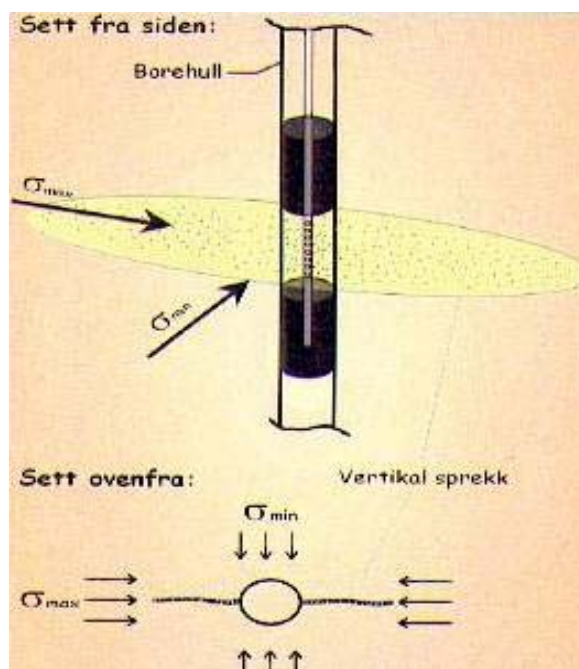
Figur 2: Energibrønn i fjell med lukket løsning. (Kilde: NGU)

5.2 Åpent system i fjell

Når det gjelder åpen løsning i fjellanlegg er det berggrunnens evne til å lede vann som er den begrensende faktoren. Den eneste norske bergarten hvor man nesten kan garantere gode muligheter for større grunnvannsuttak er i Oslofeltets permiske lavaer.

I forhold til løsmasser er ofte berggrunnen en dårlig vannleder. Det er kun åpne sprekker, porer og riss som står i kontakt med hverandre som leder vann. Dette varierer fra bergart til bergart og fra sted til sted, men generelt kan man si at grunnvannsstrømningen er minst i flattliggende terreng og oppe på høydetrak. I brattere terreng og i områder med høyereliggende nedslagsfelt er hastighetene større og det kan være muligheter til å basere seg på oppumping av vann.

Det er imidlertid innlysende at det ikke går an å basere seg på en åpen løsning dersom det ikke er nok grunnvann å pumpe opp. For å øke kapasiteten i fjellbrønner kan hydraulisk splitting benyttes (figur 3). Man lager nye sprekker i berget rundt brønnen slik at mer vann strømmer inn. For å klare dette deles brønnen av ved hjelp av en dobbeltpacker, og vanntrykket i seksjonen økes til det omkringliggende berget sprekker. Teknikken er velkjent fra oljeindustrien.

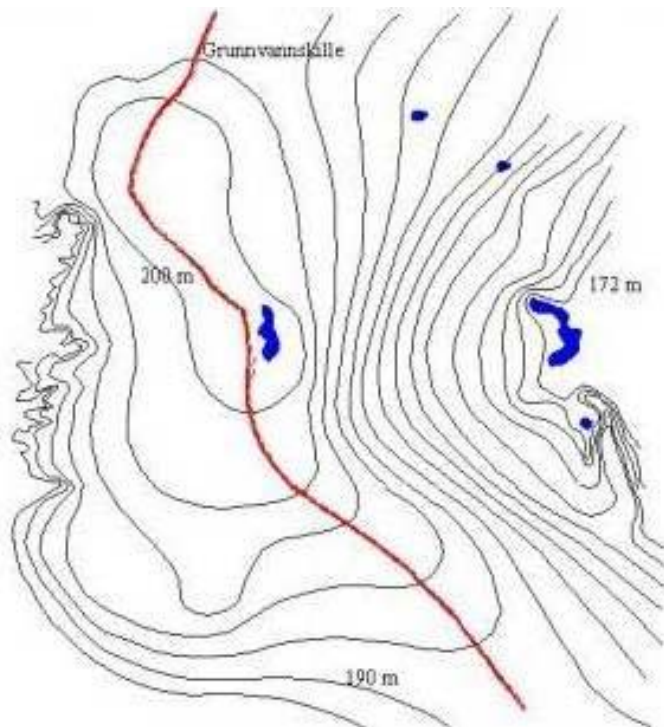


Figur 3: Hydraulisk splitting (Kilde: NGU)

5.3 Åpent system i løsmasser

I løsmassene opptrer vannet i porerommene mellom de enkelte korn, og en får derfor et sammenhengende grunnvannspeil. Hvor mye grunnvann som kan strømme i porerommene avhenger av kornfordelingen. Breveldelta med grus- og sandavsetninger er gode

grunnvannsreservoarer. Videre vil løsmassene (sand og grus) ha en renseeffekt, slik at eventuelle forurensninger i vannet kan bli fjernet/nedbrutt innen vannet tas ut. Grunnvann i løsmasser beveger seg fra et høyere til et lavere nivå. For å finne hvilken vei vannet renner setter man ned flere peilerør, og måler vannstanden i disse. Ut fra dette lages et kotekart over grunnvannstanden (figur 4).

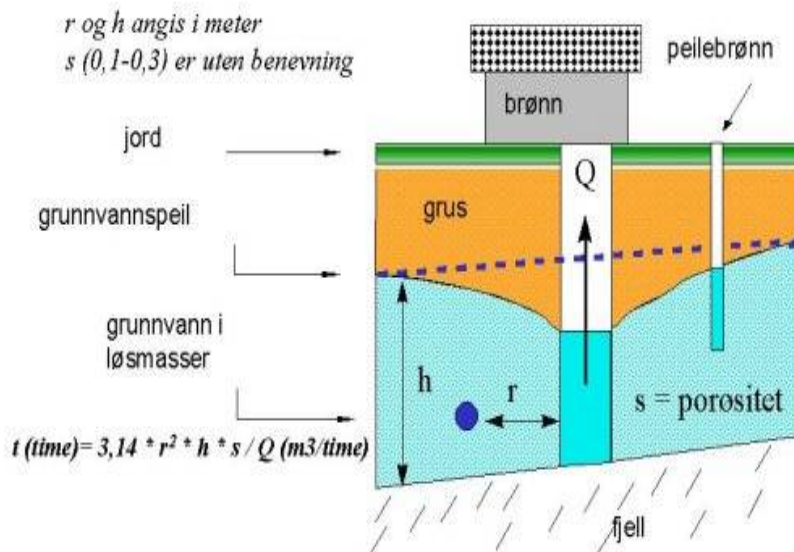


Figur 4: Isolinjer for grunnvannstand. (Kilde: SNT)

Når det tappes vann fra en grunnvannsbrønn, vil grunnvannstanden nær brønnen synke mer enn lenger vekk fra brønnen. Dette fører til økt vannhastighet og økt utvasking av løsmassene. Utvaskingen vil føre til at vannkvaliteten endrer seg med tiden. Dersom uttaket blir større enn tilstrømmingen, vil brønnen gradvis gi mindre vann.

Løsmasseboring starter med forundersøkelser hvor prøvepumping, løsmassesiktanalyser og vannanalyser kan gi anslag for dimensjonering av brønnen og vannkvaliteten.

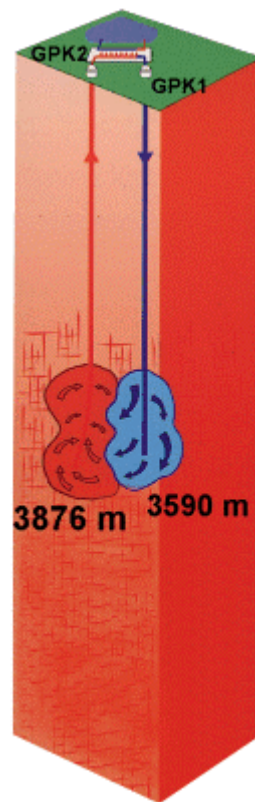
Forundersøkelser koster vanligvis 10 – 40 000 kroner. Selve brønnkonstruksjonen koster ca. 60 000 kroner. Dette er vesentlig mer enn en fjellbrønn, men da er også ytelsene langt større. Eksempelvis kan et sykehus forsynes med oppvarming og varmtvann.



Figur 5: Grunnvann i løsmasser. (Kilde: SNT)

6. Dype anlegg

Dype anlegg, også kalt Hot Dry Rock (HDR), bores 300 - 4000 meter ned i berggrunnen og utnytter den geotermiske varmen fra jordas indre. Det bores to dype hull like ved hverandre. Kort og forenklet kan man si at vann kjøres ned i det ene hullet, varmes opp nede i dypet og stiger opp gjennom det andre hullet som varm damp. For at dette skal fungere må de to hullene stå i en slags forbindelse. Det beste er at man har en permeabel bergart i bunnen slik at hullene kommuniserer med hverandre. Skulle det bli nødvendig, på grunn av for dårlig permeabilitet, er det også mulig å bore hull for varmeopptak. Dette var planlagt ved det nye Rikshospitalet i Oslo.



Figur 6: Prinsippet for Hot dry rock (Kilde: European HDR Project)

Varmen ved disse dypene dannes ved nedbrytning av naturlig forekommende radioaktive grunnstoffer (uran, thorium og kalium). Temperaturen stiger med dypet (geotermisk gradient), slik at dype brønner avgir mer varme enn grunne. Når varme hentes fra dypet, vil områder rundt borehullet kjøles ned over tid. Utvinningstempoet av varme fra jordskorpen vil i de fleste tilfeller langt overgå den hastigheten som jordas naturlige varmemestrøm har. Etter ca. 30-50 år vil en derfor ikke lenger kunne hente ut energi like effektivt. Når uttaket av energi opphører vil varmen i området rundt borehullet gradvis bygge seg opp, så etter nye 30-50 år vil det igjen kunne være operativt.

Per i dag utnyttes geovarme først og fremst i områder med kort avstand til varmt vann eller varmt fjell, blant annet i Italia, Island, Japan og deler av USA. Geotermisk energi utvinnes i

hovedsak fra porøse varme fjell og fra varme kilder. Siden 1930 er mesteparten av Reykjavik varmet opp med varmtvann fra kilder i nærheten. Omlag 40 % av Paris varmes opp med 35-40 graders vann i kombinasjon med varmepumpe. Utvinning av geotermisk energi fra ikke-porøse bergarter er derimot foreløpig på forskningsstadiet

7. Jordvarme

Lukkede kollektorslanger lagt i grunne grøfter er en annen måte å utnytte grunnvarme på. Slangene blir lagt i ei 0,5-1,5 meter dyp grøft med en innbyrdes avstand på 1-2 meter. I kollektorslangen sirkulerer kollektorvæske som tar opp varme fra jorda den er nedgravd i. Det er viktig at man ikke legger slangen verken for dypt eller for grunt. At jorda rundt slangen fryser om vinteren er bra, siden is leder varme bedre enn vann. Til sammenligning er varmeledningsevnen til is 2,3 W/mK, mens den i vann er 0,6 W/mK. I områder hvor det er dypt ned til fjellet, og ingen god vannsirkulasjon i løsmassene (for eksempel i leire) er dette foreløpig den eneste brukbare metoden.



Figur 7: Jordvarmeanlegg. (Kilde: NGU)

Ulempene med ”grøftemetoden” er at den er veldig arealkrevende. Man trenger et stort område for å grave mange og lange nok grøfter. Det er ikke ideelt å ha slangene nedgravd i

hagen da uttaket av varme vil kunne føre til ”forsinket vår”. En annen ulempe kan være at man får ujevnheter på overflata som følge av graveaktiviteten. Det er relativt kostbart å grave grøfter. Ofte regnes 400 kr pr meter i løsmasser.

8. Energiboring

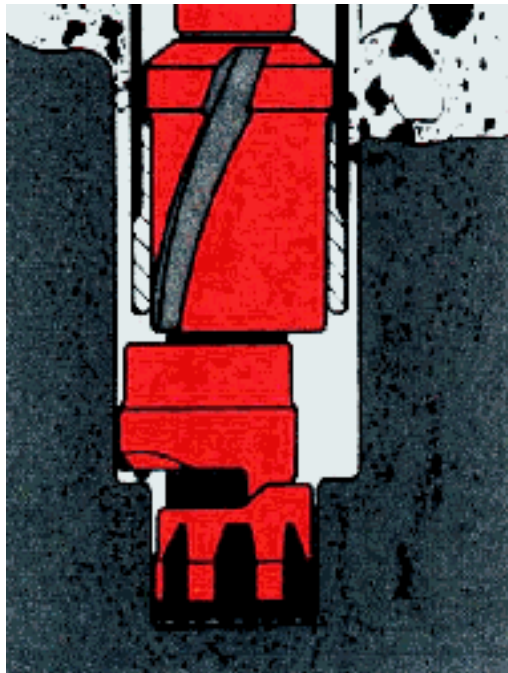
8.1 Boring i løsmasser

Det finnes to metoder som er vanlig for boring i løsmasser:

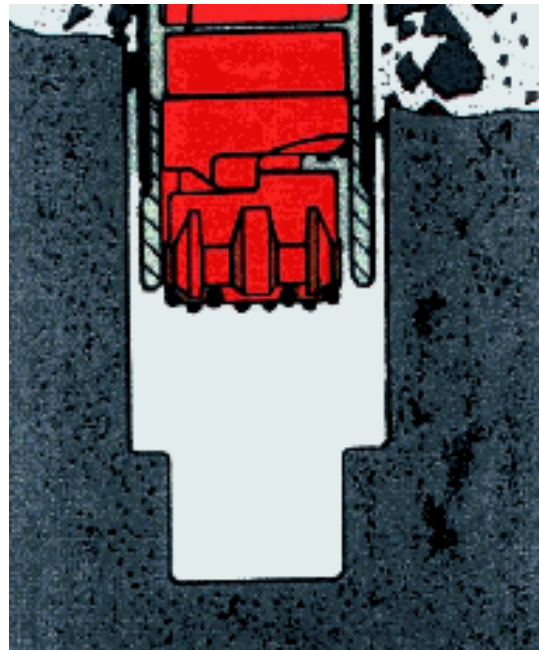
- foringsrørboring
- spiralboring (auger-boring)

8.1.1 Foringsrørboring

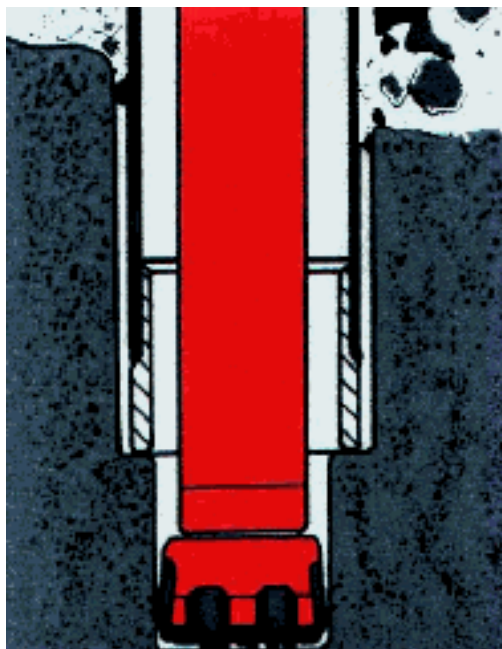
Foringsrørboring må kunne sies å være den mest anvendte metoden. Det finnes blant annet tre ulike metoder innenfor foringsrørboring; Odex, Tubex og No-X. Odex og Tubex anvender eksentrisk borekrone. Denne består av en pilotkrone, en reamer og en styredel. Foringsrøret er festet slik at det følger med ned i hullet samtidig som en borer. Det roterer ikke, men flytter seg nedover ved hjelp av trykk eller slag. Selve boringen foregår med en roterende hammer og en reamer. Reameren gjør at hullet får større diameter enn foringsrøret. Når en er kommet ned til fast fjell frigjør en røret, og fortsetter boringen. Man borer da videre med en diameter tilsvarende borekronens diameter ved å ta inn reameren (se figur 8, 9 og 10).



Figur 8: Odex-boring i løsmasser med reameren ute, slik at hullet får større diameter enn foringsrøret.

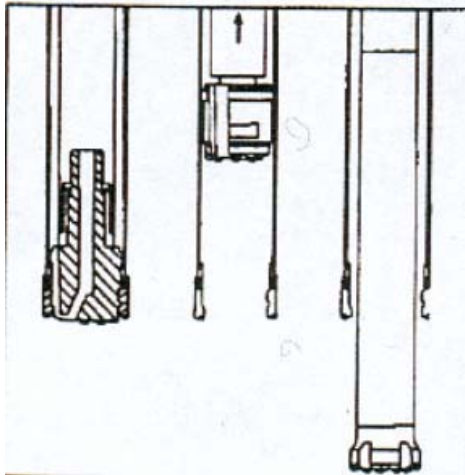


Figur 9: En kan når som helst trekke boreutstyret ut av hullet.



Figur 10: Her er reameren trukket inn og foringsrøret heftet av. Boringen ned i fast fjell fortsetter med en diameter tilsvarende borekronens.
(Kilde: Aquifer drilling & testing inc)

No-X metoden anvender en ringborekrone som er festet i enden av foringsrøret. Krona har samme diameter som røret. Når en har nådd ønsket dyp, dras styringsrøret og pilotkronen opp, mens ringkronen blir lagt igjen sammen med foringsrøret.

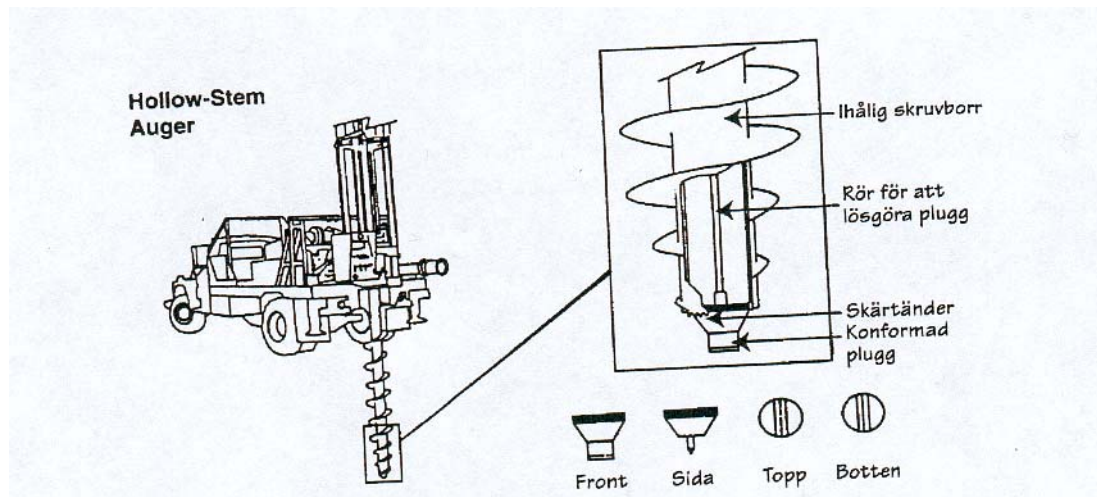


Figur 11: Skisse av No-X utstyr. (Kilde: Aquifer drilling & testing inc)

Foringsrøret gjør at løsmassene rundt hullet blir stabilisert, slik at en ikke får utrasing i hullet. Røret er som regel av stål, men kan også forekomme i plast. I Norge anvendes kun stålrør. Lengden på rørene er 3 eller 6 meter, og de sveises sammen under boringen. Spyling av borekaks skjer med luft eller skum. Luft er det mest vanlige spylemediumet. Denne type boring er raskere enn knusende roterende boring, eventuelt med boreslam.

8.1.2 Spiralboring/augerboring

Spiralboring kan sammenlignes med en boremaskin som borer gjennom tre eller is. Noe av løsmassene blir fraktet opp mens en roterer, men noe blir også presset inn i veggene. Metoden brukes i sand silt og leire, men helst hvor det er få store steiner og blokker. Under grunnvannsnivået er denne metoden lite gunstig. Spiralboring brukes bare i grunne hullseksjoner på mellom 10 og 15 meter. Diameteren på boret er vanligvis mellom 25 og 90 millimeter. Det er viktig at slike borerigger har stor løftekapasitet og stort vrilmoment, men rotasjonshastigheten skal være liten. Metoden er derfor noe langsommere enn rotasjonsboring og en risikerer hull-kollaps når boret dras opp. Dette fordi hullveggene ikke er stabiliserte.



Figur 12 : Skisse av skruboringsutstyr. (Kilde: Aquifer drilling & testing inc)

8.2 Boring i fast fjell

Hovedformene for boring i fast fjell er:

- hammerboring/slagboring
- rotasjonsboring.

Hammerboring er igjen inndelt i senkhammer- og topphammerboring.

8.2.1 Hammerboring

Ved hammerboring blir boret vridd litt for hvert slag. Slagfrekvensen ligger på mellom 1000 og 2000 slag per minutt. Borekronene som brukes er hovedsakelig stiftborekroner. Stiftene, eller kulene, er av hard-metall som er en blanding av wolframkarbid og kobolt.

Wolframkarbid gir hardhet og slitestyrke, mens kobolt gir seighet. Regelmessig sliping av stiftene på borekronen er nødvendig for å holde tilfredsstillende borsynk. Standard dimensjoner på borekroner til energiboring er 115 mm, 140 mm og 165 mm. 115 mm er mest vanlig.

Det finnes både trykkluftsdrevne og hydraulisk drevne borerigger. Trykkluftsdrevne borerigger er mest brukt. Borsynken er lavere og de er dyrere i bruk enn hydraulisk drevne, men til gjengjeld er de billigere i anskaffelse. For store boredyp egner kanskje hydrauliske rigger seg best.

For å fjerne borekaks brukes vann, luft eller skum. Spylemediet går ned gjennom sentrum av borerøret, og ut gjennom dyser i borekrona. Deretter fraktes spylemediet og borekakset opp i

ringrommet mellom borestreng og hullvegg. Vann egner seg godt, fordi en da unngår støvet som en kan få med luftspyling. Spylehastighet varierer med spyletrykket. Bruker en luft må støvet samles opp i en slags støvsuger. Skum har den fordel at den også er med og tetter og smører boreveggen. Når en borer i løst berg bruker en ofte skum.

8.2.1.1 Senkhammerboring

Senkhammerboring foregår enten med trykkluft eller hydraulikk. I Sverige bores de fleste energibrønnene med luftdrevet hammer. Her sitter slagverket nederst på borestrengen i bunn av hullet, slik at slagverket slår direkte på borekronen. Rotasjonsenheten er plassert på borestrengens øvre del. Matetrykket på borekronen er kontinuerlig og holdes normalt mellom 500-1000 kg/cm². Senkhammerboring med luftdrevet hammer har sine begrensinger i fjell med høyt vanninnhold, fordi det blir vanskelig å renske borehullet helt. Ved senkhammerboring avtar ikke borsynken med dypet på samme måte som ved topphammerboring. På grunn av tykkere og stivere borestreng vil hullavviket normalt bli mindre. Det er lettere å styre en slik krone fordi tyngdepunktet ligger så nær hullbunnen.

Hydraulisk senkhammerboring drives av vann under høyt trykk. Dette er en relativt ny metode som er under utvikling. Målet er å bedre boring i fjell med mye vann. Den største forskjellen i forhold til luftdrevet hammer, er at luftkompressoren byttes ut med en høytrykkspumpe for vanntilførsel. En er avhengig av god tilgang på rent vann, siden vannet ikke kan bli brukt om igjen. Det forskes imidlertid på metoder for gjenbruk av vann.

8.2.1.2 Topphammerboring

Ved topphammerboring er slagverket og rotasjonsenheten plassert over bakken. Slagenergien overføres gjennom borestrengen, og en får et visst energitap på veien ned. Borsynken minker derfor med økende dyp. Jo mer vann som strømmer inn i hullet jo mer minker borsynken. Dette fordi en god del av spyletrykket brukes til å fjerne vannet. Metoden er forholdsvis rask. 30-40 meter bores normalt på 4-5 timer. Når fjellet er hardt kan en derimot få en del problemer. En ulempe med topphammer er at det er vanskeligere å bore rette hull. Støynivået er høyt, noe som kan medføre dårligere arbeidsmiljø.

8.2.2 Rotasjonsboring med direktespyling.

Denne formen for boring brukes i Nordsjøen. Den egner seg veldig godt i myke bergarter som sandstein, skifer og kalkstein. Borekronen roteres samtidig som den trykkes mot berget. Metoden brukes lite til energiboring i Norge, da de andre metodene fungerer tilfredsstillende. Denne typen boring med stigotsrigger kan være aktuell ved større dyp (ned mot 500 meter).

8.3 Dypboring

Geovarme AS har tatt patent på et system med hammerboring og kveilerør. Denne metoden er blitt brukt under boringen ved Rikshospitalet. Det har vist seg at det blir problemer når en kommer inn i veldig harde bergarter. Røret kan da begynne å bukte seg (buckling), og en får for lite trykk på borekrona. Foreløpig finnes det ingen dype anlegg i Norge, men andre steder i verden brukes dype hull til elektrisitetsproduksjon. Danmark, Nederland og Frankrike kan nevnes.

9. Geologiske forutsetninger

Riktig dimensjonering av energibrønner i fjell er viktig for å holde prisene på investeringene nede. Det er ingen grunn til å bore 150 meter dersom det egentlig er nok med 80 meter. Frem til nå har det her til lands vært vanlig å ”ta i så en er sikker”, men dersom man er klar over geologien og dens betydning på stedet man borer, kan en unngå ekstrakostnader.

En viktig parameter ved geologien er kvartsinnholdet i bergartene. Kvarts er en god varmeleder. Mye kvarts i bergarten gjør at man får mer varme i energibrønnen. Dermed trenger man ikke bore så dypt for å få samme varmeeffekt. I dimensjonering av en brønn regner man i praksis med 35 W/t per boret meter i varmeeffekt fra fjellet. Hvis man har en kvartsrik bergart kan denne varmeeffekten i realiteten være nesten dobbelt så høy.

For å måle temperaturene i borehull kan man bruke en termisk responstest (TED). Måleinstrumentet er montert på en biltilhenger og består av en liten sirkulasjonspumpe, varmeelement, temperatursensorer og en datalogger. Ut fra disse dataene er det mulig å

beregne effektive in situ verdier for borehullets totale varmetransport. TED er derfor et viktig verktøy for riktig dimensjonering og optimalisering av grunnvarmeanlegg i fjell.

En annen parameter som påvirker varmeeffekten i en energibrønn er høyden på grunnvannsspeilet. Vann er en god varmeleder, og mye vann i brønnen betyr at kollektorslangen har lenger distanse til å varmeveksle og ta opp varme fra vannet. Luft er ingen god varmeleder, slik at det gunstigste altså er høy vannstand og lite luft i brønnen.

Strømmende vann i berggrunnen gir et betydelig varmebidrag. I så måte er oppsprukket berggrunn med god kommunikasjon mellom sprekkeleier gunstig. Grunnvannet strømmer best i områder med høyt topografisk relieff. For eksempel i kantene av "Oslogryta", der vannet kommer rennende ned, kan man få en "ekstra" bonus hvis man borer en energibrønn. Effekten av grunnvannsstrømningen kan faktisk komme opp i det dobbelte av bergets varmeledningsevne alene.

10. Energibrønner i fjell i Norge

Grunnvarmeuttak fra fjellbrønner blir først og fremst benyttet til oppvarming av eneboliger, men større anlegg med mange brønner som forsyner boligblokker og næringsbygg finnes også.

NGU og Norges vassdrags- og energiverk (NVE) startet i 1998 et samarbeid for å kartlegge grunnvarme i fjell i Norge. Målet er å utarbeide et kart som viser potensialet for varmeuttak på de forskjellige stedene i landet. Et slikt kart vil kunne gi gode pekepinner på om hvor mye varme man vil kunne forvente å få fra en energibrønn et gitt sted. Et forsøksfelt er anlagt i Asker og Bærum der det lages et digitalt kart over energipotensialet. Våre naboer i Sverige har i mer enn 10 år laget berggrunnsgeologiske kart som viser varmeledningsevne for de forskjellige bergartene, så her er det noe å lære.

11. Nødvendige investeringer for et varmepumpeanlegg

Et komplett varmepumpeanlegg består av:

- Et system for å ta opp varme fra en varmekilde (jord, grunnvann, berg)
- Varmepumpe
- Eventuelt en akkumulatortank for å lagre varmtvann
- Varmefordelingssystem i bygget

Et borehull med kollektorslange vil koste ca. 20 000 - 24 000 kroner for en enebolig (100 meter borhull i fjell). Boring i løsmasser vil fordyre prosjektet betraktelig, da det koster ca. 900 kroner per meter borhull. Et jordvarmeanlegg med nedgravd kollektorslange vil koste noe mindre enn en energibrønn i fjell.

En vann-til-vann varmepumpe koster i størrelsesorden 50 000 kroner og oppover. I tillegg kommer kostnader for vannbårent varmfordelingssystem i huset. Systemet består av vannførende rør lagt i gulvet og /eller eventuelt radiatorer montert på veggene. I følge Norsk Varmepumpeforening (NOVAP) vil kostnadene for en komplett bergvarmeløsning ligge på ca. 60 000 – 120 000 kroner, mens en komplett jordvarmeløsning ligger på ca. 50 000 – 110 000 kroner. Det vil nok være vanskelig å komme under 100 000 kroner i investeringsutgifter for bergvarmeanlegg.

Kostnadene over er knyttet til oppføring av nybygg. Ønsker man å installere et slikt system i et eksisterende bygg, vil det medføre merkostnader som følge av utskifting av eksisterende gulv. Skal man likevel restaurere og skifte gulv, vil omlegging til vannbåren varme ikke medføre så store ekstraavgifter. Selv om man ikke har økonomi/anledning til å utnytte grunnvarme som varmekilde på byggetidspunktet, vil et vannbårent varmesystem gi mulighet for installering av dette ved et senere tidspunkt. En av fordelene med vannbårent system er nettopp den fleksibiliteten det gir med tanke på bruk av forskjellige energibærere.

11.1 Lønnsomhetskalkyle

I følge Vestnorsk ENØK AS har en middels stor enebolig et årlig strømforbruk på 30 000 kWh. Av dette vil normalt 24 000 kWh gå med til oppvarming av rom og vann. Ved bruk av

varmepumpe og vannbårent distribusjonssystem, vil oppvarmingsandelen kunne reduseres med opptil 70 %. Da dette, som tidligere nevnt, vil medføre en betydelig investeringsutgift, har vi prøvd å sette opp en enkel lønnsomhetsberegning. Beregningen er gjengitt i vedlegg.

I regnestykket er det forutsatt at lånet som må tas opp for å finansiere investeringen kommer på toppen av boliglånet. Dette er grunnen til den lange nedbetalingstiden. Siden vi har regnet med annuitetslån, har vi kun tatt med utgiftene første år. Vi har forutsatt at økningen i lånet som følge av installering av komplett varmepumpeutstyr ikke får noen innvirkning på lånerenta. Vi har også regnet med konstant utlånsrente og strømpris i hele perioden, noe som ikke er helt realistisk. Husbankens lånerente for april 2002 er lagt til grunn. Strømprisen har vi satt litt høyere enn dagens nivå, da den som nevnt ovenfor er regnet som konstant. Anleggets levetid er satt til 20 år. Dette er heller ikke helt realistisk da det høyst sannsynlig vil bli nødvendig med utskiftninger og reparasjoner før den tid. Dette vil gjøre prosjektet mindre lønnsomt. Det må derimot påpekes at en om noen år ganske sikkert vil ha pumper som har levetid bortimot 20 år. Strømbesparelsen som følge av varmepumpe har vi i eksempel vårt satt til 65 % av strømforbruket til oppvarming. Inflasjon er heller ikke blitt tatt med i beregningen.

Ut fra dette ser vi at med den strømprisen vi har brukt, samt de høye investeringsutgiftene, vil inntjeningstiden bli så lang at det i realiteten ikke vil lønne seg økonomisk. Senere i oppgaven har vi sett på tiltak som kan innføres for å gjøre investering i grunnvarmeanlegg interessant for vanlige folk

11.2 Økonomiske støtteordninger

I 2000 fastsatte finansdepartementet en forskrift om fritak for investeringsavgift for blant annet geovarmeanlegg. Dette gjelder kun næringsbygg. Hensikten med fritaket var å stimulere til ytterligere satsing på alternative energikilder.

Fra februar 2002 tilbyr nå Husbanken 140 000 kroner ekstra i lån og tilskudd på 10 000 kroner til husbyggere som vil investere i alternativ energi. For å få tilgang til denne ordningen krever Husbanken at man gjør visse ENØK-tiltak. Tiltakene er delt inn i store, mellomstore og små.

For å få lån kreves et av disse punktene:

- 1 stort tiltak
- 2 mellomstore tiltak
- 1 mellomstort og 5 små tiltak

For å få tilskudd på 10 000 kroner må man oppnå lånetillegget pluss gjennomføre 1 stort tiltak.

Lån	Tilskudd
80 000 kr	10 000 kr
Krav: 1 stort tiltak eller 2 mellomstore tiltak eller 1 mellomstort og 5 små tiltak	Krav: Må oppnå lånetillegget pluss gjennomføre 1 stort tiltak
Balansert ventilasjon med varmegjenvinning	Balansert ventilasjon med varmegjenvinning
Store tiltak:	Store tiltak:
Vannbåren eller luftbåren varme tilkoblet ikke-forurensende energikilde	Vannbåren eller luftbåren varme tilkoblet ikke-forurensende energikilde
Automatisert elektroteknisk "livsløpsstandard"	Automatisert elektroteknisk "livsløpsstandard"
Mellomstore tiltak:	
Sentralstøvsuger	
Opplegg for elektroteknisk "livsløpsstandard"	
Sentral styring av innetemperaturen	
Styresystem for lys og stikkontakter	
Plan for forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (mer enn 5 boliger)	
Sprinkelanlegg	
Små tiltak:	
Brukerhåndbok	
Tiltak mot radionstråling	
Gjenbruk av materialer	
Komposteringsbinge ute	
Vindfang som klima- og skittensone	
Sørvendte vinduer	
Kjøkken- og garderoreskap til tak	
Avfallssortering i kjøkkenbenk	
Veggbasert baderomsinnredning	
Rørøplegg for sentralstøvsuger	
Sparedusj	
Vannsparende toalett	
Automatisk stoppesystem ved vannlekkasje	
Tette panelovner	
Sentralt brannalarmanlegg	
Innbruddsalarm	
Jordfeilvarsler	
Styrt utendørs el-uttak	
Overspenningsvern	
Forberedelse for komfyrvakt	

Antenneanlegg	
Porttelefon	
Nødlys	

Tabell 1: ENØK-tiltak (Kilde: Husbanken)

Det finnes ulike ENØK-fond som en kan søke tilskudd fra. Dette varierer fra fylke til fylke og er ikke samkjørt. Mulighetene for økonomisk støtte vil derfor være avhengig av hvor i landet man bor. Det er absolutt en god ide å sjekke ut slike støtteordninger ved det lokale ENØK-kontoret.

12. Inneklima og bokvalitet

Det moderne mennesket stiller store krav til sin bolig. En skal trives med farger, interiør og romløsninger. Alle disse tingene er konkrete og synlige. I tillegg til møbler og praktiske innredninger har en også en “skjult” trivselsfaktor, nemlig godt og sunt inneklima.

Et vannbårent varmeanlegg, som anvender grunnvarme, er lavtemperert. Det betyr at vannet, som sirkulerer i rørsystemet har en temperatur på 25-50 °C.

Fordelene med en vannbårent varmeanlegg, når det gjelder inneklima og bokvalitet, er flere:

- Man utsettes ikke for elektromagnetisk stråling.
- Gulvet vil holde en arbeidstemperatur på 25-35 grader, og er derfor veldig skånsomt for alle typer gulv.
- En får ingen problemer med forhøyet temperatur under tepper eller klær som ligger på gulvet. Dette kan være et problem hvis en har elektriske varmekabler.
- Lavtemperaturoppvarming via gulvet reduserer omfanget av varmluftstrømmer som sprer støv, bakterier, sopp og mugg.
- En vil unngå forbrenning av støvpartikler, noe som skjer med vanlige panelovner.
- Temperaturfordeling i rommet vil være slik at det blir varmest nede ved bena, mens temperaturen i hode-høyde er mer temperert. Dette kan bety bedre konsentrasjon og arbeidsevne i tillegg til økt velvære.
- Med varmen lagt i gulvet vil en være mer fleksibel når det gjelder innredning av rom. En trenger ikke ta hensyn til plassering av panelovner, varmelister eller radiatorer.

- En kan senke romtemperaturen et par grader uten at det merkes. I tillegg til bedret innneklima, vil en også spare energi. En regner med en reduksjon i energibehovet til oppvarming på 7-10 % i forhold til andre oppvarmingssystemer.
- Temperaturen i gulvet kan reguleres fra rom til rom ved hjelp av veggmontert romtermostat. Ut fra ønsket romtemperatur regulerer en fordelingssentral vanntemperaturen. Fordelingssentralen kan styre dag-/natt- og helgesenking for hele boligen.



Figur 13: Illustrasjon av et bedre innklima som følge av vannbåren varme. (Kilde: www.enok.no)

Det må presiseres at ved legging av rør i grunnplanet, må en isolere godt slik at en unngår varmetap til grunnen. 15 cm isolasjon under rørene anbefales.

Punktene ovenfor gjelder hovedsakelig gulvvarme, men det må påpekes at en også kan ha radiatorer på veggene som benytter lavtemperert vann. Gamle radiatorer er ikke beregnet for lavtemperert vann, og kan derfor ikke brukes i forbindelse med omlegging til varmepumpe. Hele systemet må i såfall erstattes med nye radiatorer om er beregnet for vann med temperatur under 50 °C.

13. Eksempler på ulike anlegg

13.1 Dype anlegg

Ved det nye Rikshospitalet i Oslo skulle dype energibrønner utnytte den «geotermiske gradienten». Det vil si at varme, som i hovedsak dannes ved nedbrytning av naturlig forekommende radioaktive grunnstoffer, i hovedsak uran og thorium, gjør at temperaturen øker med omlag 1°C for hver hundrede meter mot dypet. Mot større dyp tiltar denne effekten til 2-3 °C for hver hundrede meter. Før prosjektet startet var det viet stor oppmerksomhet, dette fordi det tidligere ikke var blitt gjort noe lignende her til lands. Optimismen var stor.

Hensikten var å bore ned til 4-5000 meters dyp for å finne grunnvarme med en temperatur på rundt 75°C. Prosjektet gikk ut på at kaldt vann ble ført ned i grunnen for å varmes opp. Når vannet så ble pumpet tilbake til overflaten ville det ha en temperatur som gjorde at det kunne gå rett inn i sykehusets vannbårne varmesystem. Måten det skulle gjøres på var å etablere en varmeveksler på dypet (4000-5000 meter ned). Dette gjøres ved at en borer flere parallelle skråhull for varmeopptak fra et nedstrøms hull til et oppstrøms hull. Prosjektet er for tiden stoppet, og det er uenighet om hvorvidt det er penger eller teknologi som er skylden.

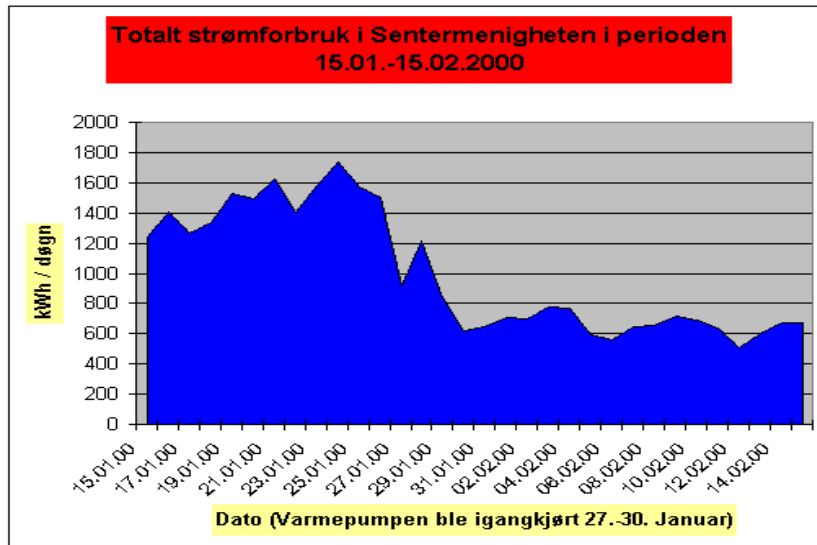
13.2 Grunne anlegg

13.2.1 Sentermenigheten i Asker

Et eksempel på grunne anlegg er Sentermenigheten i Asker, der det ble boret 13 energibrønner på 150 meter. En varmepumpe driver oppvarming om vinteren, mens et kjølebatteri sørger for avkjøling om sommeren.

Menigheten har gjort beregninger for hvor mye strøm varmepumpen har brukt og hvor mye varme den har gitt. Tallene viser at varmepumpen på et år har gitt ca. 100 000 kWh i ”gratis” varme. Hvis en regner dagens strømpris til rundt 0,55 kr/kWh så vil det si at de har tjent i underkant av 55 000 kr. Sentermenigheten er med dette sikker på at de valgte det rette da de valgte vannbåren varme. Investeringene ved denne formen for oppvarming er høyere enn ved ”vanlig” varme, ventilasjon og kjøling. Til gjengjeld er driftskostnadene lavere.

Sentermenigheten regner med at inntjeningstiden er ca. 7 år, noe som ikke er spesielt mye når en ser på anleggets levetid.



Figur 14: Oversikt over strømforbruket i Sentermenigheten i perioden 15.01-15.02.2000.

(Kilde: Sentermenigheten)

13.2.2 Sentralsykehuset i Akershus (SiA)

Tre alternative metoder ble vurdert i planleggingsfasen:

- Opp-pumpet grunnvann fra løsmasser.
- Sirkulasjon av frostvæske i kollektorslanger som er senket ned i flere relativt grunne borehull i fjell.
- Sirkulasjon av vann i et fåtall dype, sammenkoblede borehull i fast fjell – en boreteknologi som ennå ikke er ferdig utviklet.

Grunnvarmeanlegget kan benyttes både til oppvarming om vinteren og avkjøling om sommeren.

NGU har vært inne og tatt omfattende prøver, og resultatene er svært gode. Sykehuset skal bygges over en mørk dypbergart (dioritt) som er omgitt av en lysere glimmergneis. Under prøveboringen ble det påvist at fjellet var forholdsvis lite oppsprukket noe som er gunstig hvis man skal sesonglagre termisk energi.

Ideen med en "brønnpark" med ca 200-300 borehull ned til 160-200 meters dyp er utprøvd ved "Infra City" utenfor Stockholm, med svært gode resultater. Inntjeningstiden var på 3 år.

14. Tilrettelegging for bruk av grunnvarme

Som tidligere illustrert, i kapittel 11, er det i dag ikke økonomisk lønnsomt å benytte seg av grunnvarmebasert oppvarming dersom en må låne ekstra penger til investeringen. Det er positivt at Husbanken tilbyr støtte i form av lån og tilskudd, men det er likevel ikke tilstrekkelig for at det skal bli attraktivt for folk flest. Vi har her forsøkt å komme opp med noen alternative tiltak som kunne vært innført for å rette på dette. Fra samme utgangspunkt som regnestykket det henvises til i kapittel 11.1 har vi beregnet hva tiltakene har å si for inntjeningstiden av anlegget. Sammenligningen er vist i helhet i vedleggene, mens resultatene kort er ført opp etter tiltakene som følger.

Tiltak 1

Når man eier en bolig, bygger man seg opp formue etter hvert som boliglånet reduseres. I følge skattereglene blir man pliktig å plusse på inntekten sin med cirka 3000 kroner, som man da må betale skatt av (la oss kalle det fordelsskatt). Da dette legges på toppen av inntekten blir tillegget for mange belastet med toppskatt. Dette tillegget kommer uavhengig av hvor stort huslån en har og hvor mye man har nedbetalt. Et forslag kan være å premiere folk som innfører ENØK-tiltak i huset sitt. Tiltakene kan deles inn i forskjellige kategorier etter hvor omfattende de er. Husbankens inndeling (tabell 1) kan også brukes i denne sammenheng. Premieringen kan være i form av prosentvis reduksjon av det man må plusse på inntekta.

Eksempel:

Ola Uteligger skal endelig få seg egen bolig. Han ønsker å legge inn vannbåren varme i huset med grunnvarme som energikilde. Med dette tiltaket vil han få en reduksjon av inntektstillegget på 50 % - altså 1500 kroner. Dersom Ola i tillegg hadde installert sentralstøvsuger og sentralstyring av innnetemperaturen ville han fått redusert tillegget med 100 %. Dersom tillegget belastes med toppskatt ville 100 % reduksjon medført en besparelse på over 1500 kroner i året.

Tiltak 2

Ved å bruke varmepumpe vil strømforbruket reduseres. Hvis en plasserer en måler som leser av strømforbruket på varmepumpa, og i tillegg vet effektleveringen fra pumpa, kan en regne

ut hvor mye strøm en har spart. Denne besparelsen kan regnes ut i kroner og øre ved for eksempel å bruke gjennomsnittlig strømpris for siste år. Dette kan så trekkes fra inntekten ved skatteoppgjør. Ordningen kan fungere slik at man det første året får trukket fra hele beløpet og deretter reduseres beløpet med 10 % hvert år. En effektiv varmepumpe vil på denne måten gi større reduksjon i skatten enn en mindre effektiv pumpe.

Eksempel:

I følge Opplysningskontoret for energi og miljø bruker en gjennomsnittlig familie på fire, i en enebolig på 120 m², cirka 25 000 kWh strøm i året. Av dette brukes 18 000 kWh til oppvarming av luft og varmtvann. Med en energipris på 60 øre/ kWh blir prisen på oppvarming ca. 11 000 kr. La oss si at varmepumpa reduserer strømforbruket til oppvarming med 60 %. En vil da kunne trekke fra 6600 kroner (60 % av 11 000) på inntekten. Med en skattesats på 36 % ville denne familien spare ca. 2400 kroner (36 % av 6600) det første året.

Tiltak 3

Investeringsutgiftene kan for eksempel:

- a) Skrives av på ligningsoppgaven i løpet av en tiårsperiode. Dette kunne ordnes ved at hele investeringen ble skrevet av med like store beløp hvert år.
- b) En annen måte å gjøre det på kunne være å skrive av 10 % av verdien hvert år. Her forutsettes en verdiforringelse hvert år.

Tiltak 4

Halv eller ingen moms på komplett varmepumpeanlegg ved kjøp.

Tiltak 5

Gradert lånerente i forhold til husets enøktilstand. Forskjellige standarder på husets tilstand kan innføres, og ut fra dette kan man avgjøre om huset er bedre eller dårligere enn dette. For eksempel kan et standardhus belastes 11 % lånerente. Et hus som er 30 % bedre enn standarden kan belastes 9 % lånerente, og et hus som er 50 % bedre belastes 7 % osv.

Sammenligning:

	Uten tiltak	Tiltak 1	Tiltak 2	Tiltak 1&2	Tiltak 3a	Tiltak 3b	Tiltak 4a	Tiltak 4b
Inntjeningsstid	19,7 år	17,1 år	18,2 år	15,9 år	16,7 år	17,9 år	15,9 år	17,6 år

	Tiltak 1&4a	Tiltak 1,2 & 4a
Inntjeningsstid	13,8 år	11,3 år

Tabell 2: Tiltak og inntjeningsstid.

Ut fra dette ser vi at det generelt er forholdsvis lang inntjeningsstid i alle tilfeller.

Sammenligningen viser at de forskjellige tiltakene forkorter inntjeningsstiden ganske vesentlig.

Uten tiltak vil i dette tilfellet inntjeningsstiden bli over 19 år, mens med tiltak 1, 2 og 4a i kombinasjon, blir inntjeningsstiden 11,3 år. Dette er også forholdsvis lang tid. Det ideelle ville være å få nedbetalingstiden under 10 år. Et slikt prosjekt ville da bli veldig interessant for folk flest, siden de ikke-økonomiske fordelene er betydelige i dag.

15. Norges energiforbruk

Norge er et privilegert land med store vannressurser. De mange vassdragene har de siste tiårene gitt oss rikelig tilgang på ren og billig energi. Den store vannkraftsutbygging på 70-tallet har gjort sitt til at andre alternative energikilder ikke har blitt prioritert. Potensialet for videre oppdemming av vassdrag er fremdeles tilstede, men Stortinget besluttet likevel i 1996 å stanse all videre utbygging, av hensyn til miljøet. Siden det moderne samfunnet er energi- og teknologi-intensivt, samt at vannkraftsutbyggingen er stoppet er det stadig behov for mer energi.

I forbindelse med Kyoto-avtalen har Norge forpliktet seg til å redusere utslippet av klimagasser. Dette har gitt et økende behov for alternative og fornybare energikilder. Fra

offentlig hold satses det på energifleksibilitet gjennom vannbåren varme basert på bioenergi, varmepumper og spillvarme. Norge er per i dag netto kraftimportør. Den kraften som importeres er produsert ved hjelp av forurensende kullkraft. Dette er betenkelig siden Norge skal være et foregangsland innen miljø.

Den totale norske elektrisitetsproduksjonen er omlag 115 TWh per år. Av dette går ca. 43 TWh til oppvarming av bygninger. Energibidrag fra varmepumper utgjorde i 1998 ca. 4,5 TWh. Grunnvarme er gunstig i Norge da vi har lang fyringssesong og spredt bosetting. Løsmassedekkets tykkelse er gjennomgående liten, og varmepumpeanlegg basert på fjellbrønner kan benyttes de aller fleste steder.

15.1 Folks holdninger til energibruk

Nordmenn flest oppfatter ikke energi som noe knapt gode. Tvert imot mener de at Norge har rikelig med ren energi i form av vannkraft. På grunn av lave strømpriser har de fleste tillagt seg et levemønster som krever et stort energiforbruk. Vi har varme og lys i alle rom i boligen, vi dusjer til varmtvannstanken nesten er tom, vi krever en komfortabel innetemperatur året rundt, samt energikrevende hjelpemidler til å gjøre hverdagen lettere. Drømmen om et bedre liv ser i praksis ut til å være en drøm om mer energi. Folk er med andre ord villige til å betale for luksus og komfort i hjemmet. I tillegg ses energi ofte på som en usynlig tjener. Folk tenker ikke særlig over at mange ting er energikrevende. Få mener det er viktig å spare energi, men mange ser en sammenheng mellom miljøhensyn og energisparing. Dette har likevel sjelden noen praktisk betydning for deres energibruk. For å spare miljøet tenker en heller på forurensning enn energibruk. En kutter ut ved- og oljefyring og skruer opp strømmen i stedet.

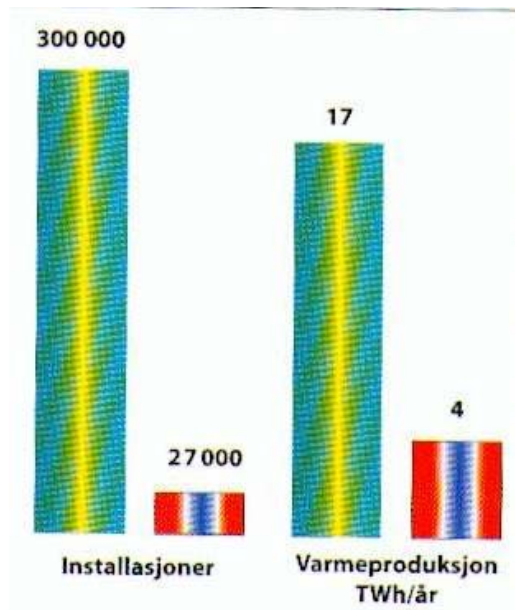
Vi har hatt en utvikling i boligmøsteret som viser at en stadig større del av befolkningen velger enebolig som boform. Dette medfører at det trengs mer energi til oppvarming av boligen sammenlignet med f.eks en leilighet. Videre bygges nye boliger med stadig større bruk av åpne løsninger, noe som gjør volumet større, men som strider imot den sparepolitikken styresmaktene prøver å innføre. Dette siden man får et større volum som må varmes opp, samt at mer varme må tilføres for at det også skal være varmt nede på gulvnivå.

15.2 Bruk av varmepumper i Norge

Varmepumper er en teknologi som har vært et tema innen alternativ energi helt siden oljekrisen i 1973. Denne teknologien fikk større oppmerksomhet fra politikerne i Norge under energikrisen. Mange husstander fikk føle krisen på kroppen som følge av utbredt bruk av oljefyring. I perioden 1975-1979 ble det gjennomført flere pionerinstallasjoner. Det var likevel ikke før 1992-1993 varmepumpeinstallasjonene skjøt fart. Staten subsidierte da hhv 20 % (1992) og 40 % (1993) av investeringen, noe som medførte stor interesse blant folk. I 1993 var det i statsbudsjettet satt av 500 millioner kroner til formålet. Utslaget av disse installasjonene utgjorde 3,5 TWh i 1993, noe som avvek stort fra de 18-20 TWh som på forhånd var estimert. Dette var uansett et positivt bidrag til kraftbalansen, men evalueringen av subsidiene viste imidlertid at hele 70 % av de store varmepumpeinstallasjonene var ineffektive. Resultatet ble at Stortinget fjernet subsidiene sommeren 1993, noe som igjen resulterte i reduksjon av midler til forskning og utvikling, samt installasjon av varmepumper.

I dag er det stort sett forskningsmiljø og ingeniørfirma som sitter inne med kunnskap om varmepumpeteknologi. Dette gjør sitt til at store deler av befolkningen ikke er klar over muligheten med vannbåren varme som energikilde når de bygger hus. Her må myndighetene samt forskningsmiljøene ta store deler av ansvaret for at informasjon ikke har kommet ut. Det største problemet med vann-til-vann varmepumper er at de ikke er konkurransedyktige på privat plan. Etter to tiår med intensiv utvikling er varmepumper fortsatt dyre i anskaffelse, og man sparer ikke nok penger til at det vil lønne seg.

I USA og resten av Europa blir varmepumper brukt i langt større grad enn i Norge. I Sverige har en ti ganger så mange varmepumper i drift enn her til lands. Til sammenligning produserer Sveriges varmepumper 17 TWh/år, mens Norges kun produserer 4 TWh/år. Av de norske varmepumpene er det kun 15 % som benytter grunnvarme. Når vi ser at Sverige installerer like mange varmepumper hvert år som Norge har til sammen (ca. 27.000) er det ikke tvil om at Norge har noe å lære. En ide kunne være å prøve å dra nytte av Sveriges kompetanse på dette området.



Figur 15: Sammenligning av varmepumper i Norge og Sverige. (Kilde: NGU)

16. Barrierer og muligheter

Det er i dag mange barrierer som må overvinnes før bruk av grunnvarme skal bli mer utbredt i Norge. Mangel på kunnskap blant folk er høyst sannsynlig en av grunnene til at grunnvarme i liten grad blir brukt som alternativ energikilde til oppvarming av boliger. Det er flere årsaker til denne uvitenheten.

En av grunnene kan være at det finnes lite informasjon tilgjengelig. Det kan henge sammen med at forskningsmiljøene ikke er flinke nok til å publisere sine resultater slik at de når frem til hele folket. Bare en brøkdel av befolkningen leser tekniske tidsskrifter som slikt gjerne presenteres i. Det er nødvendig med riktig informasjon og markedsføring ovenfor kundegrupper og publikum for å utvikle markedet. Derfor bør kanskje forskningsinstansene heller satse på å publisere resultatene sine i form av reklamebrosjyrer som distribueres. En annen mulighet kan være å benytte massemedia for å gjøre folk bevisst på de fornybare alternativene til elektrisitet som varmekilde. En annen grunn kan være at

kunnskapsformidling ikke er blitt sett på som nødvendig, da lønnsomheten ikke er tilfredsstillende nok i Norge i dag.

Innen vitenskapelige miljøer og de ulike faginstansene er det fortsatt for få som sitter på kunnskap og kompetanse. I Norge er det NGU, SINTEF og deler av NTNU som sitter inne med den tekniske og vitenskapelige ekspertisen. Bortsett fra dem er det kun noen få bransjefirma som har satset på denne teknologien. Blant de instansene som står i direkte kontakt med kunden, VVS-bransjen, arkitekter, rådgivende ingeniører og bygningsbransjen er kompetansenivået for lavt. Dette vil igjen få en effekt i forhold til vanlige folk. Byggherrer sitter sjelden på detaljkunnskap, og bruker som regel bransjen til å rådføre seg med når en skal gjøre viktige valg, blant annet valg av oppvarmingssystem. Når bygningsbransjen har mangelfull kunnskap vil heller ikke vanlige folk kunne tilegne seg kunnskap og kjennskap på en god nok måte. Siden elektrisitet er en "sikker" og utprøvd varmekilde i forhold til grunnvarme, vil denne løsningen lettere bli valgt. I tillegg er også andre varmekilder, som olje, koks og vedfyring mer vanlige, slik at grunnvarme kommer et stykke bak i køen når en skal velge varmekilde. Det er viktig at arkitekter, ingeniører og håndverkere får forståelse for teknologien, dette fordi de, som tidligere nevnt, har stor påvirkningskraft overfor kunden.

Både gjennom private og offentlige initiativ kan det holdes kurs og informasjonskampanjer. Egne opplæringsprogram rettet mot aktørene i byggebransjen kan ha god effekt, ikke bare for å fremme grunnvarme og vannbårent varmesystem, men for energiøkonomisering og bærekraftig energibruk generelt. Det kan også være en ide og ha noen prosjekter som brukes til demonstrasjon og kompetanseutvikling både innenfor bransjen og blant vanlige folk. Det er nødvendig å fokusere på energibruk og fornybare energikilder i større grad i skolen. Dette må være et tema allerede i grunnskolen. Innenfor de yrkesrettede utdanningene og høyere utdanning bør en ha egne fag som tar opp temaet. Det er viktig at de som kommer ut i arbeidslivet har god kjennskap til teknologien. På den måten vil kunnskapen lettere bli spredd, da unge nyutdannede ofte er mer åpne for nye ting enn folk som har vært i arbeidslivet noen år.

For å øke kunnskapsnivået og gjøre grunnvarme mer tilgjengelig er det også viktig med en stadig forskning og utvikling av et mer effektivt og økonomisk produkt for å bedre konkurransepotensialet. Det er avgjørende at det bevilges midler fra styresmaktene til

forskning, kompetansebygging og utvikling. Det er nødvendig med en langsiktig handlingsplan slik at folk ser at dette er noe det satses på.

Videre er økonomiske støtteordninger en annen barriere som hindrer folk i å investere i grunnvarme. Som tidligere nevnt er dette en dyr investering som folk flest ikke har råd til. I Norge i dag er det en holdning som ikke premierer bruk av alternative miljøvennlige energikilder. I kapittel 11.2 har vi kommet med forslag til tiltak som kan innføres for at folk i det hele tatt skal vurdere grunnvarme som et alternativ til elektrisitet og vedfyring.

Med unntak av at næringsbygg over 1000 m² er pålagt å utrede alternative energikilder, er det ingen klare krav i byggeforskriftene. Et tiltak som vi har beskrevet i kapittel 11.2 er innføring av en ENØK-standard på bolighus. Med slike krav i byggeforskriftene vil folk naturlig premieres for å tenke miljø. Noe lignende er innført i Sveits.

Det er viktig at tiltakene som innføres er langsiktige, slik at folk kan få en økonomisk trygghet. For å holde utgiftene på et lavest mulig nivå er det viktig å ikke kalibrere utstyret for de kaldeste dagene, men heller finne et gjennomsnitt. Slik unngår man overdimensjonering.

Folk ser på elektrisitet som en ren og miljøvennlig energikilde. Siden ethvert hus trenger elektrisitet, er det enklest å basere oppvarmingen av boligen på panelovner, elektriske varmekabler og ved-/oljefyring på de kaldeste dager. Alt en trenger er to skruer for å henge panelovnen på og så sette kontakten i veggen. Skal en derimot investere i grunnvarme trengs mer planlegging og jobb, noe som mange kvier seg for. Det har vist seg at vi ofte er skeptiske til å ta i bruk nye teknologier. Dessuten finnes det nok en viss tiltaksløshet blant oss nordmenn. Videre er mange redde for "vannskaderisiko" knyttet til distribusjonssystemet i huset. Det viser seg derimot at dette ikke stemmer. I Sverige er vannbåren varme mer utbredt enn i Norge, og der meldes det at vannskadeandelen er lavere enn 1,5 % av de totale vannskadene.

Som tidligere nevnt er folk ganske ukritiske til eget energiforbruk. Folk har vanskelig for å forstå at deres eget strømforbruk har innvirkning på den globale energisituasjonen. Man føler

seg veldig liten i den store sammenheng, og anser sine miljøtiltak som nytteløse uten hjelp fra andre. Skal allikevel Kyoto-avtalen oppfølges må hver enkelt av oss ta ansvar og gå foran som et godt eksempel. En holdningsendring må til.

Skal holdningene blant folk endres er det viktig at det drives et kontinuerlig holdningsskapende arbeid. Grundig planlegging må gjøres før arbeidet starter. Det er viktig at ting virker troverdig og at innholdet har en positiv verdiladning. En må prøve å finne de bakenforliggende årsakene til at folk handler og tenker slik de gjør. Mennesker er forskjellige, og hvis en forutsetter at alle tenker likt, risikerer en å bomme med budskapet eller kun nå ut til en begrenset gruppe. Det bør fokuseres på synliggjøring for og øke bevisstheten for energibruk, men også adferdsorientert strategi for å endre vaner er nødvendig. Synliggjøring er nødvendig for at andre tiltak skal virke på en effektiv måte.

Holdningsskapende arbeid blant rådgivende firmaer er nødvendig, slik at de blir mer bevisst på at selv om ting koster litt, er det ikke alt som kan måles i kroner og øre. Miljø, komfort og inneklima er viktige verdier som det bør fokuseres på når folk skal gjøre sine valg.

Entreprenører opererer alltid med to budsjett, et investerings- og et driftsbudsjett. Et grunnvarmeanlegg vil ha så høye investeringskostnader at få entreprenører har økonomi til å gjennomføre slike prosjekt. Bruk av grunnvarme vil gi en økonomisk fortjeneste over tid, men dette kommer ikke til uttrykk på investeringsbudsjettet. Grunnvarmealternativet vil derfor i de fleste tilfeller bli forkastet. En bedre samkjøring av budsjettene, samt større synliggjøring av fordelene med grunnvarme kunne være med på å fremme investeringslysten.

I følge Norges naturvernforbund er grunnvarme et godt alternativ til miljøfiendtlig energi. Forbundet vil gå inn for en innføring av vannbåren varme i byggeforskriftene og en stopp av energiforbruksveksten i Norge. Med den utviklingen vi har i dag vil det ikke være nok å supplere med alternative energikilder, vi må også redusere forbruket for at vi skal kunne benytte oss av en miljøvennlig energi. Miljøorganisasjoner og interesseorganisasjoner har en viktig oppgave i det holdningsskapende arbeidet. De sitter ofte på en del kunnskap, og har i tillegg iver og engasjement som skal til for å gjøre en god jobb.

EU vil øke sin andel av fornybar energi fra 14 % til 22 % innen år 2010. Da vil det også være naturlig at Norge øker sin fornybare energiandel i samme periode. Siden Norge er rik på olje og gass, har markedskreftene så stor påvirkning at supplementet til vannkraft mest sannsynlig vil bli gasskraft. I dag eksporteres gassen og av den grunn fås veldig lite igjen av energipotensialet som ligger i den.

Selv med en stor satsing på gasskraft, bør Norge også utnytte sitt potensial innenfor andre fornybare energikilder. For å legge bedre til rette for grunnvarme er det viktig at en kommer opp med gode økonomiske tiltak som virkelig monner, samtidig med en utstrakt kompetansebygging på alle plan. Sammen med holdningsskapende arbeid vil det kunne skape grobunn for en satsing på denne formen for fornybare energikilder her i landet. Det er viktig at styresmakter, tekniske- og vitenskapelige institusjoner og bransjen er med på et felles løft.

18. Konklusjon

Mulighetene for bruk av grunnvarme til oppvarmingsformål i Norge er absolutt tilstede. Istiden har ført til et gjennomgående tynt løsmassedekke over berggrunnen, noe som er gunstig med hensyn til borekostnader i fjellanlegg. Store breavsetninger med god grunnvannsgjennomstrømning gir gode forutsetninger for løsmasseanlegg.

Slik vi ser det er det klare fordeler ved bruk av grunnvarme. Bokvaliteten bedres gjennom økt komfort og et bedre inneklima. Videre senkes elektrisitetsforbruket slik at høyverdig energi frigis og kan erstatte forurensende energikilder, for eksempel i industrien. Når vi vet at ca. 75 % av elektrisitetsforbruket i en husstand går med til oppvarming av bolig og vann, ser vi at det er store mengder med høyverdig energi som kan frigis.

Oppgaven peker på tre barrierer som hindrer utstrakt bruk av grunnvarme til privat bruk. Med dagens strømpriser, få støtteordninger og høye investeringsutgifter vil det ikke være økonomisk lønnsomt å installere slike anlegg i eneboliger. Mangelfull kunnskap blant fagfolk og potensielle brukere hindrer en større utbredelse av grunnvarme som varmekilde. Myndighetene har et ansvar med tanke på bevilgning til forskning og utvikling, samt økonomiske støtteordninger til folk som ønsker å investere i grunnvarmeanlegg. Selv om økonomi kanskje er den største barrieren må likevel en holdningsendring til for å gjøre folk mer bevisst på energibruk og alternative energikilder. Det som er viktig er å se alle tre barrierer i sammenheng.

Referanser

- Aquifer drilling& testing inc: www.aquiferdrilling.com
- Aune Margrethe, (1997): "Nøktern eller nytende? Energiforbruk og hverdagsliv i norske husholdninger". Dr.polit.avhandling.
- Bladet Forskning:
<http://www.forskningsradet.no/bibliotek/forskning/200003/2000031421.html>
- Enova, (2002): "Enova offisielt åpnet i Norge"
http://www.enoknorge.no/articles/show_article2.asp?did=300
- Enøk
- sentrene i Norge: <http://www.enok.no/>
- Enøk Norge: http://www.enoknorge.no/Ny_Web/energikilder/varmepumper.asp
- Enøk-senteret i Hordaland: "Veien til riktig varmepumpe". <http://www.enok-hl.no>
- European hot dry rock project: <http://www.soultz.net/>
- Fallsvik Jan, Gabriellsson Anna, Nilsson Gunnel, Rosen Bengt, (2001): "System for varme och kyla ur mark –En nulaesbeskrivning", Swedish geotechnical institute.
- Geo Logic inc: www.geologicinc.com
- Hilmo, Morland, Skarphagen, (1998): "Grunnvarme – en energikilde for fremtiden."
- Husbanken:
<http://www.husbanken.no/kunder/husbanken/hjem.nsf/LookupSymbol/DocumentID/B0DA2C90104C2A60C1256A3B00472DA3?OpenDocument>
- Høst, Midttømme, Skarphagen, (2000): "Nytt sentralsykehus med grønn oppvarming i Lørenskog". NGU årsrapport.
- Høst, Midttømme, Skarphagen, (2000): "Norge i bakleksa". NGU årsrapport.
- NGU: "Alternative energikilder. Grunnvarme – miljøvennlig og billig".
- NGU: "Fakta om grunnvarme" <http://www.ngu.no/prosjekter/Grunnvarme/Gv5.htm>
- NGU: "Grunnvarme". <http://www.ngu.no/prosjekter/Grunnvarme/gv1-1.htm>
- NGU, (1999): "Miljøet vi lever på, lever av, lever med". NGU.
- NGU: "Rapporter og publikasjoner". <http://www.ngu.no/prosjekter/Grunnvarme/Gv4.htm>
- NGU, (2002): Samtale med Kirsti Midttømme og Randi Kalskin.
- NGU: "Temperaturmålinger og termisk responstest".
<http://www.ngu.no/prosjekter/Grunnvarme/Gv9.htm>

- Norges Forskningsråd og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), (2001): “Andre fornybare energikilder”. Nye fornybare energikilder, revidert utgave.
- Norsk solenergiforening (NSF), (1999): “Strategi for å fremme solvarme i Norge”. NSF.
- Norsk varmepumpeforening: <http://www.novap.no/Nyheter/sparer100.html>
- Næsje, Pål Coldevin, (2000): “Pumps and circumstances. The political configuration of Heat Pump Technology in Norway”.
- Seminar, (2002): “Hvordan skal vi møte Norges økende energiforbruk”. NTNU.
- Sentermenigheten: <http://www.sentermenigheten.no/bygget/teknisk.shtml>
- SINTEF, (1996): “Enøk i bygninger – Effektiv energibruk”, Universitetsforlaget AS.
- SINTEF: <http://www.energy.sintef.no/publ/xergi/99/1/art-8.htm>
- Skarphagen, (1997): “Grunnvarmebaserte varmepumper –geologiske forhold og geografisk lokalisering”. NGU.
- Statens Næringsmiddel Tilsyn(SNT): <http://www.snt.no/nytt/tema/vann/grunnvann.htm>
- Steensgaard Lars, Rolfsen Christian Nordahl (2000): ”Anleggsdrift og fjellarbeid”, Gyldendal.

Vedlegg

1. Regneeksempel uten tiltak
2. Tiltak 1, fjerning av fordelsskatt.
3. Tiltak 2, skattefratrekk som følge av strømbesparelse.
4. Tiltak 3a, avskrivning av 10 000 kroner hvert år til investeringen er nedskrevet.
5. Tiltak 3b, skriver av 10 % hvert år, og regner med en forringelse på 10 000 kroner årlig.
6. Tiltak 4a, fritak for moms på investering.
7. Tiltak 4b, halv moms på investering.
8. Kombinerer tiltak 1 og 2.
9. Kombinerer tiltak 1 og 4a.
10. Kombinerer tiltak 1, 2 og 4a.