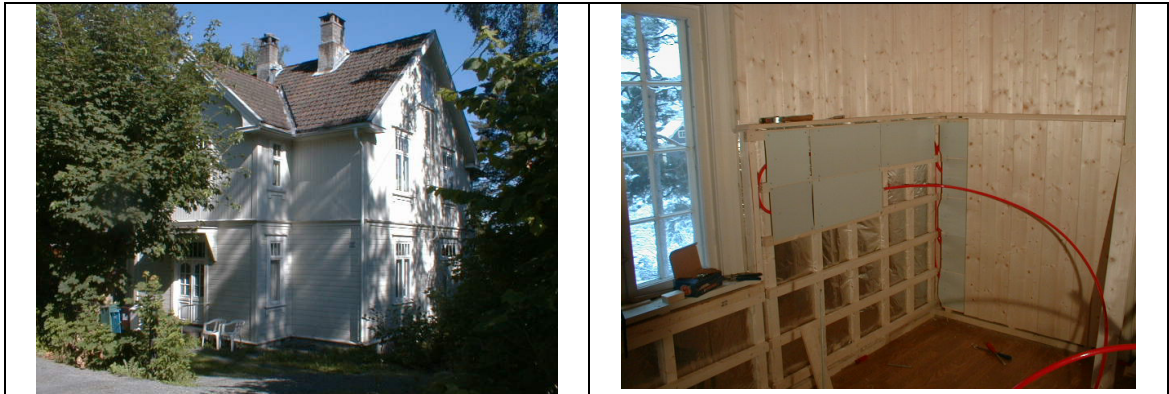


Norges byggforskningsinstitutt

El-konvertering Vannbåren varme i eksisterende småhus

Utvikling av nye løsninger for lavtemperatur, vannbåren varme for småhus med direkte elektrisk oppvarming



Samarbeidspartnere:

Enovas Byggoperatør
Dr.ing. Ole-Gunnar Søgne
<http://www.enova.no>

Probata AS
<http://www.probata.no>

Rockwool AS
<http://www.rockwool.no>



Aker Byggteknikk AS
<http://www.aker-byggteknikk.no>



El-konvertering Vannbåren varme i eksisterende småhus

Utvikling av nye løsninger for lavtemperatur, vannbåren varme for småhus med direkte elektrisk oppvarming

1. Innledning

Ved Norges byggforskningsinstitutt pågår det et FoU-prosjekt på temaet el-konvertering i eksisterende småhus. Målet er å utvikle og utprøve kostnadseffektive løsninger for vannbåren varme som kan installeres i eksisterende småhus og erstatte direkte elektrisk oppvarming. Det legges særlig vekt på å utvikle lavtemperaturløsninger som kan utnytte lavest mulig vanntemperatur.

I vurderingene av varmeløsningene tas det hensyn til varmetekniske egenskaper, rasjonell utførelse og kostnadmessige forhold. Prosjektet inkluderer datasimulering av de varmetekniske egenskapene til ulike vannbårne oppvarmingsløsninger, utprøving av de mest lovende løsningene i NBIs energi- og miljølaboratorium i Oslo, og endelig installasjon av de mest interessante løsningene i forsøkshus.

Prosjektet startet i oktober 2000 og skal avsluttes i løpet av 2002. Enova SF ved Byggoperatør Ole-Gunnar Søgne dekker 50 % av prosjektkostnadene, de resterende kostnadene dekkes gjennom samarbeidspartnerne Rockwool AS, Aker Byggteknikk AS og Probata AS.

2. Bakgrunn

Myndighetene legger opp til en energipolitikk som underbygger en ambisiøs miljøpolitikk. Det er mål om å begrense energibruken og erstatte elektrisitet med ny fornybar energi der det er hensiktsmessig. Elektrisitet til oppvarming skal begrenses ved å legge til rette for mer bruk av vannbåren varme, og det er etablert et konkret mål om å bruke 4 TWh mer vannbåren varme årlig basert på nye fornybare energikilder, varmpumper og spillvarme innen år 2010.

Avhengigheten av direkte elektrisk oppvarming er stor i Norge, spesielt i småhusbebyggelsen (eneboliger og delte småhus). Boliger utgjør rundt to-tredeler av det samlede bygningsarealet og står for nær 60 % av den totale energibruken i bygningsmassen. Nybyggingen er beskjedent, og nye boliger som oppføres vil være mer energieffektive enn eksisterende boliger. I et 30 – 40 års perspektiv vil derfor boligene som allerede er bygget være dominerende for den totale energibruken i boligmassen. For å påvirke den samlede energibruken og effektbehovet i boligmassen av betydning, må det iverksettes tiltak i disse eksisterende boliger.

Stigende strømpriser har bidratt til å øke oppmerksomheten omkring vannbåren varme og alternative energikilder. Mange huseiere skulle nok ønske de kunne bruke noe annet enn elektrisitet, men har ikke noe valg så lenge det kun er installert direkte elektrisk oppvarming i huset.

Målet er at prosjektet "El-konvertering i eksisterende småhus" skal bidra til å frambringe kostnadseffektive, vannbårne oppvarmingsløsninger som kan installeres i eksisterende

boliger. Løsningene skal øke energifleksibiliteten og bruken av fornybare energikilder og samtidig bidra til en generell kvalitetsheving av boligen i form av bedre lydisolasjon og redusert varmetap.

3. Varmedistribusjon fra lavtemperatur varmeanlegg

For å utnytte fornybare energikilder på en effektiv måte er det en fordel å kunne bruke lavest mulig vannetemperatur i varmeanlegget. Effektfaktoren til en varmepumpe blir f.eks. lavere jo høyere vannetemperaturen skal heves i varmepumpa. For en varmepumpeløsning der varmen hentes fra grunnen, kan det oppnås en effektfaktor opp mot 5,0 dersom vannet heves til bare 30 grader Celsius, mot 3,0-3,5 som det ellers er vanlig å regne med i varmepumpesammenheng. Lavtemperaturvarme er også fordelaktig når det er behov for å lagre varmen før den brukes (solvarme, nattekraft m.m.).

Varmemotstanden fra varmerørene og varmefordelingssjiktet til overflaten bør være minst mulig for å sikre en god varmedistribusjon fra varmeanlegget. Tykke og varmeisolerende materiallag bør unngås. Dette kan medføre enkelte begrensninger når det gjelder materialvalg. For golvvarme vil f.eks. tynn parkett (7 – 8 mm) være gunstig, mens tykke golvbord (25 – 30 mm) isolerer godt og reduserer varmedistribusjonen betraktelig.

Lavtemperatur varmeanlegg krever stor areal for å dekke effektbehovet. Det er mulig å anlegge lavtemperatur areal i golv, tak og vegg. Varmen avgis fra arealene som konveksjon (luftsirkulasjon) og langbølget stråling.

Mengden varme som avgis fra arealene til luften gjennom konveksjon er gitt av temperaturforskjellen mellom arealene og lufttemperaturen, plasseringen av arealene (tak, vegg eller golv), og eventuelle luftbevegelser i rommet (tvungen konveksjon).

Golvvarme er gunstig med tanke på konveksjon fordi luften som varmes opp ved golvoverflaten stiger oppover og bidrar til god varmefordeling i rommet. For takvarme derimot, vil den oppvarmede luften i større grad bli liggende oppunder den varme takflaten og ikke fordele seg i rommet på samme måte som for golvvarme. Men varmedistribusjonen fra et takvarmeanlegg skjer hovedsakelig i form av stråling som jevner ut overflatetemperaturene i rommet. I tillegg kommer at aktivitet i rommet (personer som beveger seg) og luftbevegelser på grunn av ventilasjon vil kunne bidra til omrøring av luften. Merkbar temperatursjiktning i rommet vil derfor i praksis ikke være et problem i forbindelse med lavtemperatur takvarme.

Varmedistribusjonen fra en varm overflate gjennom konveksjon beregnes som:

$$q_k = \alpha_k \cdot \Delta T \quad [\text{W/m}^2]$$

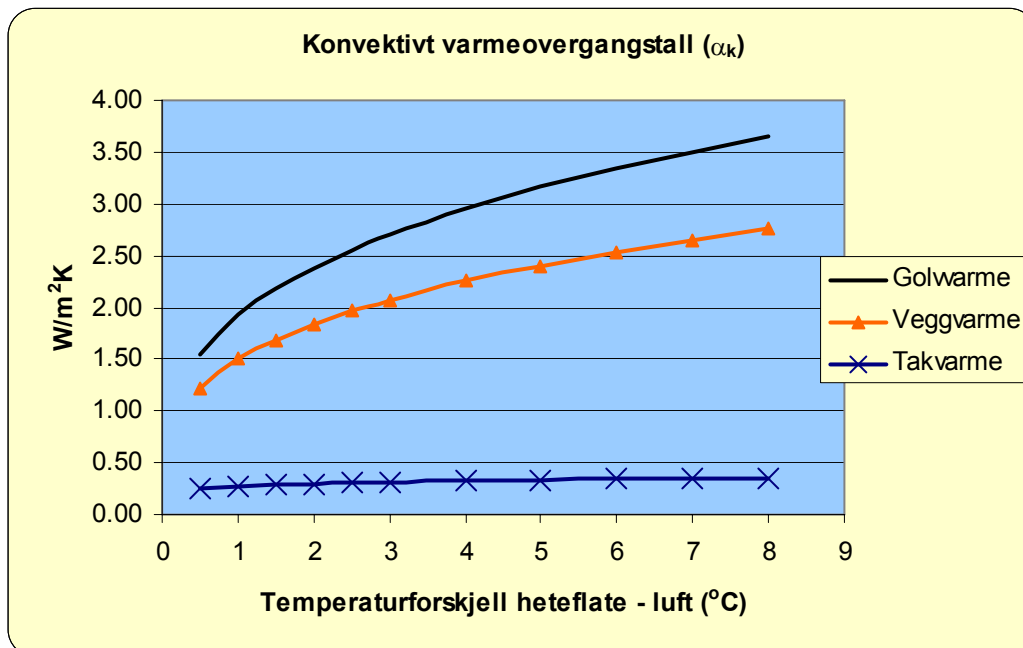
der:

α_k er det konvektive varmeovergangstallet ($\text{W/m}^2\text{K}$)

ΔT er temperaturforskjellen mellom overflaten og luften (K)

Figur 3.1 viser beregnet naturlig, konvektivt varmeovergangstall for golv-, vegg- og takvarme. Varmeovergangstallet øker med økende temperaturforskjell mellom arealene og romluften. Figuren viser at det konvektive varmeovergangstallet er klart lavest for takvarme, men det er da ikke tatt hensyn til eventuell tvungen konveksjon i rommet. Ventilasjon vil for eksempel bidra til omrøring av luften, og dette har spesielt stor betydning for varmedistribusjonen fra takvarme. Beregninger viser at tvungen konveksjon kan mangedobles den konvektive

varmeavgivelsen fra en takflate, mens innvirkningen er betraktelig mindre for veggvarme og golvvarme (Awbi og Hatton, 1999). Dette gjør at den konvektive varmeavgivelsen i praksis ikke blir så forskjellig mellom tak-, golv- og veggvarme som figuren antyder.



Figur 3.1. Beregnet naturlig, konvektivt varmeovergangstall (W/m^2K) fra golv-, vegg- og takvarme som funksjon av temperaturforskjellen mellom heteplaten og romlufta. Det er ikke tatt hensyn til tvungen konveksjon. (Kilde: Awbi og Hatton, 1999).

En varm overflate avgir varme til andre overflater i form av langbølget stråling. Netto strålingsutveksling mellom to flater kan beregnes eksakt etter følgende formel:

$$Q_{12} = \varepsilon_{12} \cdot F_{12} \cdot A_1 \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad [W]$$

der:

ε_{12} = resulterende emittans,

F_{12} = synsfaktoren fra flate 1 til flate 2,

A_1 = arealet av flate 1,

σ er en konstant lik $5,672 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$,

T_1 og T_2 er overflatetemperaturene til flate 1 og 2 i grader Kelvin.

For å kunne beregne varmestrålingen må det tas hensyn til flatenes størrelse og orientering i forhold til hverandre. Videre må overflatetemperaturen være kjent for flatene som varmeanlegget stråler mot. Disse overflatetemperaturene påvirkes av hvor godt flatene er isolert, og hvor kaldt det er inne og ute. Mange faktorer påvirker derfor den faktiske varmeavgivelsen fra en lavtemperatur heteplate.

I 2002 vil varmeavgivelsen fra ulike former for lavtemperatur varmeanlegg bli nærmere studert i NBIs laboratorier. Målet er å kunne utarbeide generelle retningslinjer for varmeavgivelsen fra lavtemperaturvarme for ulike bruksbetingelser.

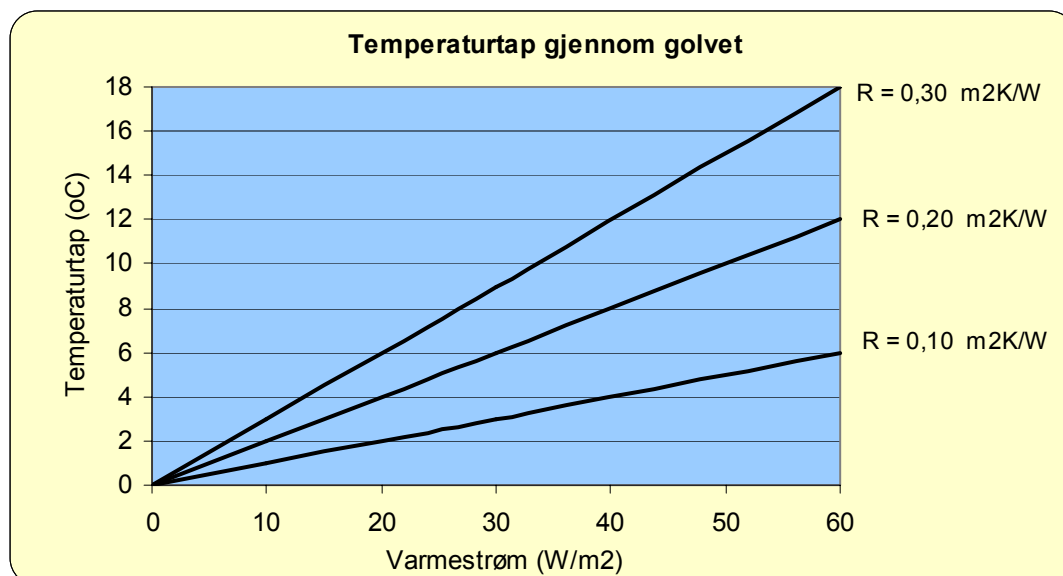
4. Golvvarme

Varmemotstanden fra varmerørene og varmfordelingssjiktet opp til golvoverflaten bør være minst mulig. Stor varmemotstand vil kreve høyere vanntemperatur i varmerørene for å avgi den samme varmen fra golvoverflaten. Samtidig vil golvet respondere tregere når vanntemperaturen endres. Alle golvbelegg og golvoppbygninger egner seg derfor ikke like godt i forbindelse med golvvarme. Tabell 4.1 viser varmemotstanden for ulike golvoppbygninger.

Tabell 4.1 Varmemotstand for ulike golvoppbygninger.

Golvkonstruksjon	Varmemotstand
	$\text{m}^2\text{K/W}$
13 mm gipsplate og gulvbelegg	0,06
2 stk 13 mm gipsplate og gulvbelegg	0,10
22 mm sponplate og gulvbelegg	0,21
14 mm furugolv og ullpapp	0,17
21 mm furugolv og ullpapp	0,23
30 mm furugolv og ullpapp	0,30
7 mm parkett og ullpapp	0,11
7 mm parkett og 3 mm PE-parkettunderlag	0,14
14 mm parkett og ullpapp	0,16
23 mm parkett og ullpapp	0,23

Temperaturtapet gjennom golvet er proporsjonalt med varmemotstanden i golvet og varmestrømmen. Figur 4.1 viser temperaturtapet som en funksjon av varmestrømmen gjennom golvet og golvets varmemotstand. Med varmemotstand $0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$ (tilsvarende en løsning med 7 mm parkett og ullpapp) vil temperaturtapet gjennom golvet være 3°C ved varmeavgivelse 30 W/m^2 . Med varmemotstand $0,3 \text{ m}^2\text{K/W}$ (30 mm golvbord) er tilsvarende temperaturtap 9°C . Dette betyr at den siste løsningen krever minst 6°C høyere vanntemperatur i varmerørene for å oppnå samme varmeavgivelse fra golvoverflaten, samtidig som golvet også blir mer varmetregt.



Figur 4.1 Temperaturtap gjennom golvet som funksjon av varmestrømmen (W/m^2) og golvets varmemotstand ($\text{m}^2\text{K/W}$).

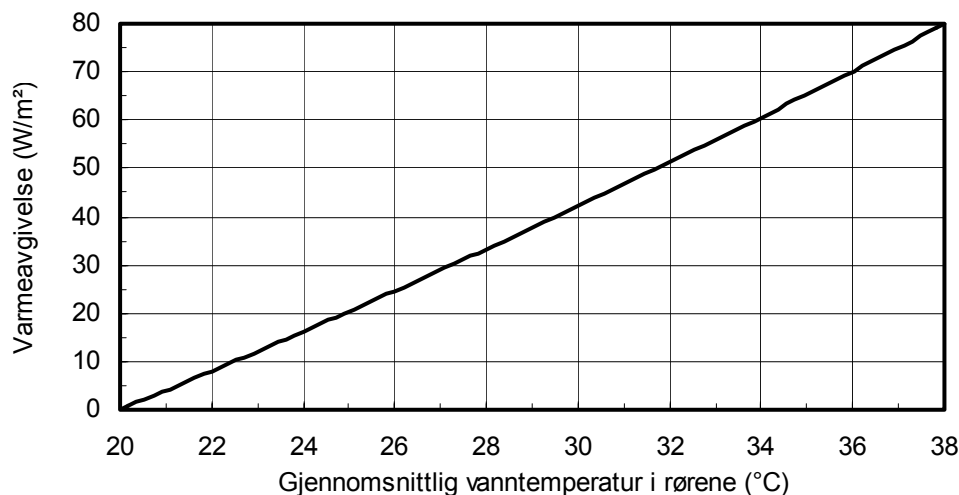
Tunge golv

Varmerørene støpes ofte ut i betong. Varmekonduktiviteten (varmeledningsevnen) til fuktig betong er rundt 1,7 W/mK, mens den er ned mot 1,2 W/mK når betongen har tørket ut. Den lavere varmeledningsevnen for tørr betong gjør at varmen sprer seg noe dårligere mellom varmerørene, og dette kan føre til ujevn temperaturfordeling over golvoverflaten.

Golv blir varmetregt når varmerørene støpes ut i betong. Tregheten øker med tykkelsen på betonglaget og avstanden mellom varmerørene. Varmetrege golv egner seg best i rom hvor man ønsker å holde temperaturen konstant og hvor varmetilskuddet ikke svinger så mye. Varmetrege golv er mindre godt egnet i rom hvor det er varierende varmetilskudd (f.eks. mye soltilskudd), eller hvor man ønsker å senke temperaturen når rommet ikke er i bruk.

Selvtjevne anhydritmasse er et interessant alternativ til betong. Anhydritmassen har en varmeledningsevne på 1,9 W/mK og kan støpes i tynnere lag enn betong. Bedre varmeledningsevne og muligheten for å støpe ut anhydriten i tynnere lag gjør at et golv reagerer betraktelig raskere enn en tradisjonell løsning med varmerør støpt ut i betong. Tidskonstanten er tiden fra effektpådraget skjer (varmt vann sendes gjennom varmerørene) til 63 % av full varmeavgivelse er oppnådd på overflaten. Målinger ved Byggforsk viser at tidskonstanten er rundt 1,5 timer for et 35 mm anhydritgolv med varmerør. Til sammenligning er tidskonstanten for et tradisjonelt betonggolv rundt 6-7 timer.

Figur 4.2 viser målt varmeavgivelse fra et naturanhydrit-varmegolv som funksjon av vanntemperaturen i varmerørene. Overgolvet er 7 mm parkett og lufttemperaturen 20 °C. Varmeavgivelsen er vel 40 W/m² ved 30 °C gjennomsnittlig vanntemperatur. Figuren viser også at varmeavgivelsen fra golvflaten øker med ca 4 W/m² for hver grad vanntemperaturen øker.



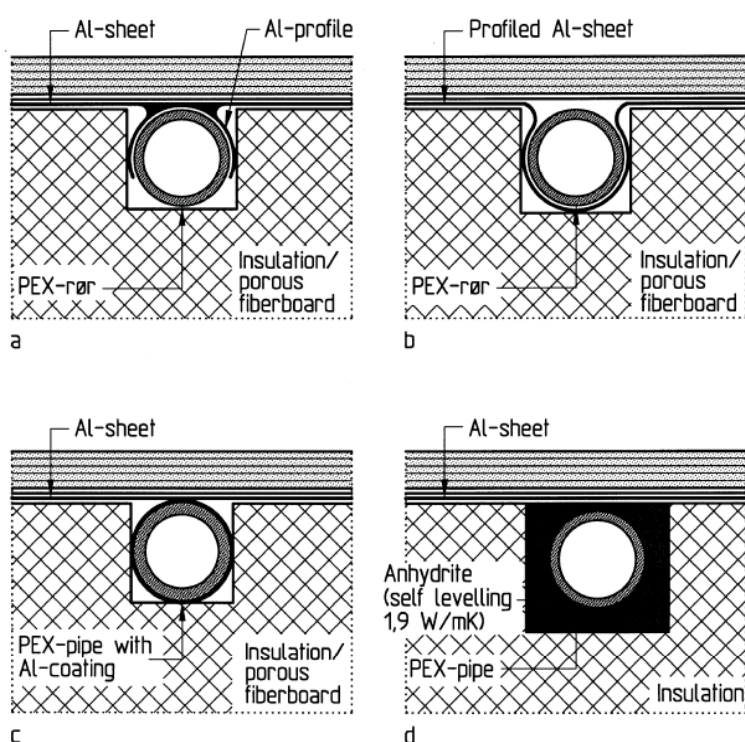
Figur 4.2. Målt varmeavgivelse fra golvvarmeanlegg som funksjon av vanntemperaturen i varmerørene. PEX varmerør (14 x 1,5 mm) med c/c-avstand 200 mm støpt ut i 35 mm anhydritmasse og 7 mm parkett som overgolv. Lufttemperatur 20 °C.

Påstøp er godt egnet for kjellergolv og golv på grunnen løsninger, mens den høye vekten (ca. 60-100 kg for 3-5 cm påstøp) kan være et problem i forbindelse med etasjeskillere.

Dersom gulver er dårlig isolert, bør det legges trykksterk isolasjon under påstøpen for å lede mest mulig av varmen oppover til golvoverflaten. Med liten varmemotstand i golvbelegget (f.eks. 7-10 mm parkett) er det være tilstrekkelig med 15-20 mm varmeisolasjon under påstøpen, mens det for tykkere og mer isolerende golvbelegg behøves mer isolasjon for å unngå stort varmetap nedover i gulvet.

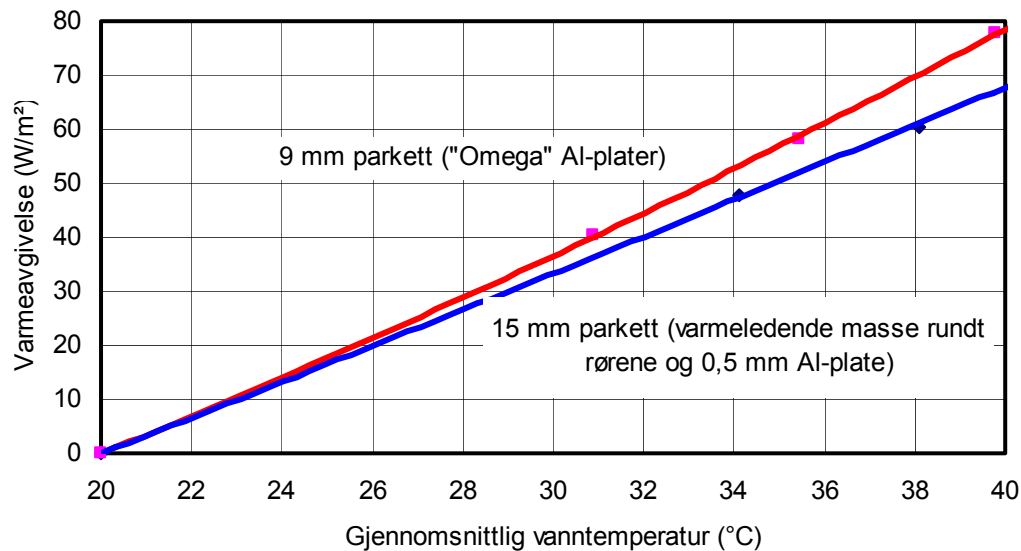
Lette golv

Golvvarme kan anlegges i en lett golvkonstruksjon ved å legge varmerørene i spor i underlaget (trykksterk isolasjon, fiberplater, bord). Men det behøves da varmedelingsplater for å lede varmen fra varmerørene til golvoverflaten. Figur 4.3 viser alternative utførelser. Alternativ b er en vanlig utførelse med rørene montert i profilerte aluminiumsplater (Ω -plater). I alternativ d er varmerørene lagt i spor i isolasjonen med varmeledende masse rundt, og med aluminiumsplate over dette som varmedelingsnett.



Figur 4.3. Alternative utførelser av lette golvvarmeanlegg.

Figur 4.4 viser laboratoriemålte verdier for varmeavgivelsen fra to lette golvvarmeløsninger tilsvarende alternativ b og d i figur 4.3. Figuren viser at varmeavgivelsen er noe bedre for løsningen med Ω -plater, men dette skyldes at det er brukt tynnere parkett for denne løsningen (9 mm) enn for den andre (15 mm parkett). For samme type golvbelegg vil varmeavgivelsen bli tilnærmet lik for de to løsningene.

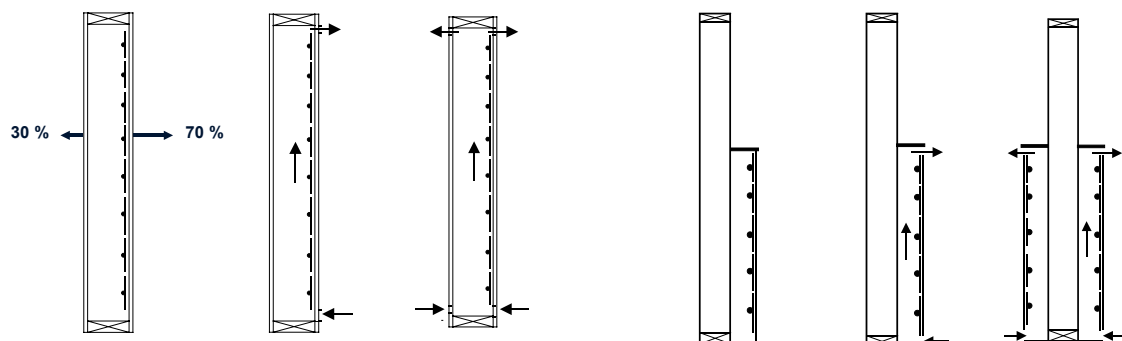


Figur 4.4. Målt varmeavgivelse fra to lette gulvvarmeløsninger som funksjon av vanntemperaturen i varmerørene. PEX varmerør (17 x 2 mm) med c/c-avstand 200 mm og lufttemperatur 20 °C. En løsning med Ω -varmefordelingsplater og 9 mm parkett, og en annen løsning hvor varmerørene er lagt i spor i isolasjonen med varmeledende masse rundt, og 0,5 mm aluminiumsplate over dette for å spre varmen.

5. Veggvarme

Veggvarme er interessant i forbindelse med eksisterende boliger. I innervegger av bindingsverk kan veggvarme installeres relativt enkelt i hulrommet i veggen ved å demontere kledningen på den ene siden. Rørene monteres i aluminiumsplater som festes til kledningen i hulrommet i veggen. Rundt 70 % av varmen vil da avgis til rommet på den siden av innerveggen hvor varmerørene og varmefordelingsplatene er festet, og de resterende 30 % til den andre siden. Varmerør og aluminiumsplater kan også monteres på begge sider av hulrommet i veggen for å øke den samlede varmeavgivelsen.

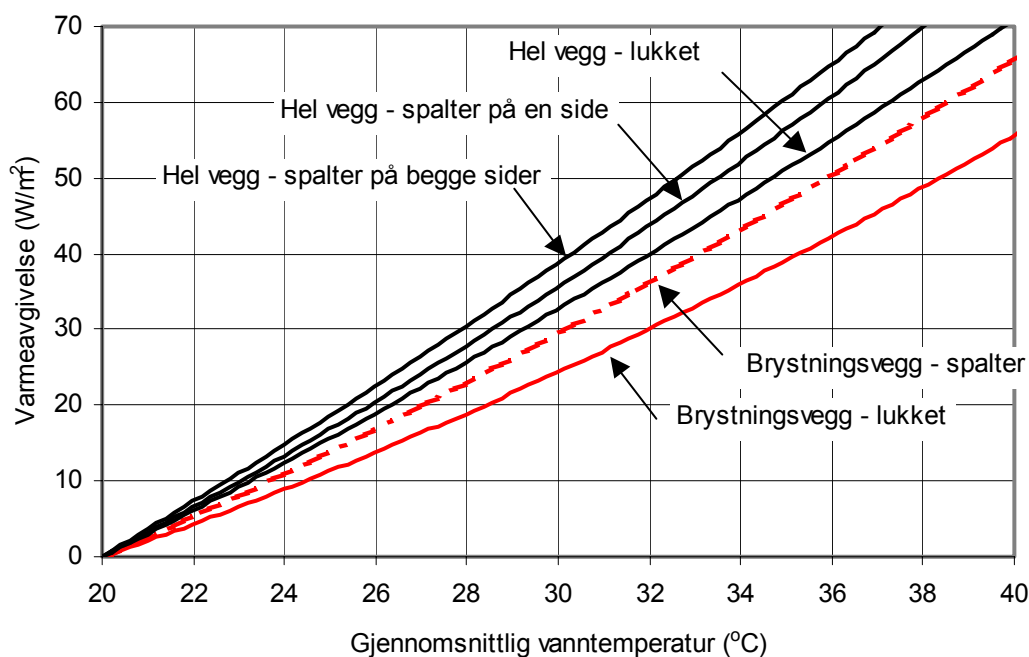
Figur 5.1 viser ulike løsninger for veggvarme. Varmeplatene kan monteres i full vegg høyde, eller bare som en halvvegg (brystningsvegg). Veggen kan også utføres med luftspalt på innsiden av kledningen for å øke den konvektive varmeavgivelsen fra varmerørene.



Figur 5.1. Hel- og halvvegger med veggvarme. Innervegger vil avgi varme til rom på begge sider. Veggkledningen kan utføres med spalter oppe og nede for å øke varmeavgivelsen.

Plassering av varmeanlegget på yttervegg øker varmetapet gjennom vegg. For å redusere varmetapet bør veggene fores ut med 5 - 10 cm isolasjon og dekket med en reflekterende folie før varmeanlegget installeres på innsiden av vegg. Et utforet "brystningsbånd" langs ytterveggene vil f.eks. være godt egnet i sokkeletasjer, og utseendemessig være lik en løsning med brystningspanel som mange har.

Forsøk i NBIs laboratorier viser at varmeavgivelsen fra veggvarmeanlegg kan være meget god. Figur 5.2 viser varmeavgivelsen fra fem ulike veggvarmeløsninger. Tre av disse er 2,4 m høye innervegger hvor varmeanlegget er installert i tilnærmet hele vegg høyden. De to andre er 1,4 m høye brystningsvegger med veggvarme. Samlet varmeavgivelse ved 30 °C gjennomsnittlig vanntemperatur i rørene er 39 W/m² for helveggen med spalter på begge sider, 36 W/m² for løsningen med spalter på bare en side, og 33 W/m² for den lukkede helveggen uten spalter. Den spesifikke varmeavgivelsen er noe lavere for brystningsveggene. Ved samme vanntemperatur (30 °C) er varmeavgivelsen 29 W/m² for brystningsveggen med spalter, og 24 W/m² for veggen uten spalter. En viktig grunn til at den spesifikke varmeavgivelsen er høyere for helveggene er at disse veggene avgir varme til begge sider, mens brystningsveggene er isolert og avgir tilnærmet all varme til en side.



Figur 5.2. Målt varmeavgivelse fra varmeanlegg i hele vegger (2,4 m høye) og brystningsvegger (1,4 m høye) som funksjon av vanntemperaturen i varmerørene. Noen av veggene har luftspalter opp og nede for å øke den konvektive varmeavgivelsen. Omtrent 70 % av veggflaten er dekket med varmefordelingsplater. PEX varmerør (20 x 2 mm) med c/c-avstand 280 mm og romtemperatur 20 °C.

Varmeavgivelsen til rommet fra en lukket brystningsvegg kan økes ved å legge en varmereflekterende folie i vegg før montering av varmerørene.

6. Takvarme

Den konvektive varmeavgivelsen er mye mindre fra en varm takflate enn fra en varm golvflate. Men konveksjonen utgjør bare en mindre andel av den samlede varmeavgivelsen. Normalt vil takflaten være fri, mens golvet ofte tildekkes av tepper, møbler og gjenstander som reduserer varmeavgivelsen. I praksis kan det derfor antas at den samlede varmeavgivelsen fra et takvarmeanlegg vil være mer lik varmeavgivelsen fra et golvvarmeanlegg med samme overflatetemperatur.

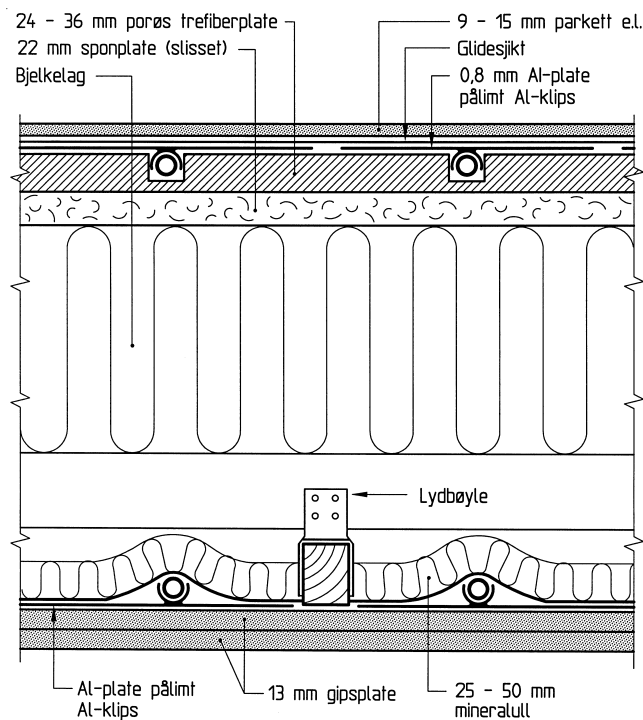
Det innvendes mot takvarme at det er ubehagelig med varmt tak. Men overflatetemperaturen vil være lav i et lavtemperaturanlegg, og hovedandelen av varmeavgivelsen vil skje i form av langbølget stråling. Denne strålingen treffer andre flater i rommet og varmer opp disse. Varmestrålingen fra taket vil treffe vegger, golv og vinduer. Hvor mye av strålingen som treffer golvet, avhenger av rommets størrelse. Nær 40 % av varmemestrålingen fra taket vil treffe golvet i et lite rom (3 x 4 m), mens over 70 % av strålingen vil treffe golvet i et større rom (6 x 8 meter). Golvet blir varmet opp av varmemestrålingen fra taket, og dette vil redusere strålingstemperaturassymmetrien i rommet og bedre komforten for personene som oppholder seg der.

Takvarme i boliger med kaldt loft

Småhus med kaldt loft er velegnet for etterinstallasjon av vannbåren varme. Slike hus ble typisk oppført mellom ca 1955 og 1980. Husene har svært ofte direkte elektrisk oppvarming, de er underisolert i forhold til dagens varmeisolasjonskrav, samtidig som de vil møte et omfattende vedlikeholds- og utbedringsbehov i årene som kommer. Ved å fjerne den gamle isolasjonen på loftsgulvet, kan vannbårent varmeanlegg (PEX-rør med aluminium varmfordelingsplate) monteres direkte på himlingen til etasjen under. Tykk isolasjon legges deretter tilbake over varmerørene slik at det samtidig oppnås en etterisoleringseffekt for loftsbjelkelaget. Takvarmeanlegget vil kunne dekke grunnlasten (anslagsvis 80-90 % av oppvarmingsbehovet), mens eksisterende eller nye, elektriske varmeovner besørger temperaturreguleringen.

Takvarme i etasjeskiller

Vannbåren takvarme kan også installeres i mellombjelkelag, f.eks. i forbindelse med lydisolering av etasjeskillere. I mange småhus er det ønske om bedre lydisolering mellom etasjene, særlig hvis det er separate boenheter i etasjene (horisontaldelt flermannsbolig). For å gi tilstrekkelig lyddemping er det nødvendig med en nedsenkt himling, og det er relativt enkelt å integrere takvarmeanlegg i denne himlingen som vist i figur 6.1.



Figur 6.1 Eksempel på hvordan tak- og golvvarme kan integreres i et lydbjelkelag med nedsenket himling og flytende golv.

7. Forsøkshus

Nye el-konverteringsløsninger utprøve i praksis i utvalgte forsøkshus som en del av prosjektet ”O 9841 El-konvertering - Vannbåren varme i eksisterende småhus”. To forsøkshus inngår foreløpig i prosjektet. Begge disse har i dag direkte elektrisk oppvarming som hovedoppvarmingskilde.

Forsøkshus 1 - Tomannsbolig oppført ca 1920

Det ene forsøkshuset er en større villa oppført ca 1920 (figur 7.1). Huset har to fulle etasjer i tillegg til kjeller og loft. Det er i dag en leilighet i hver av de to etasjene. Huset har et generelt behov for oppgradering/utbedring og et spesielt behov for bedre lydisolering mellom etasjene. Etasjeskillerne blir derfor lydisolert med flytende golv og nedsenket himling.

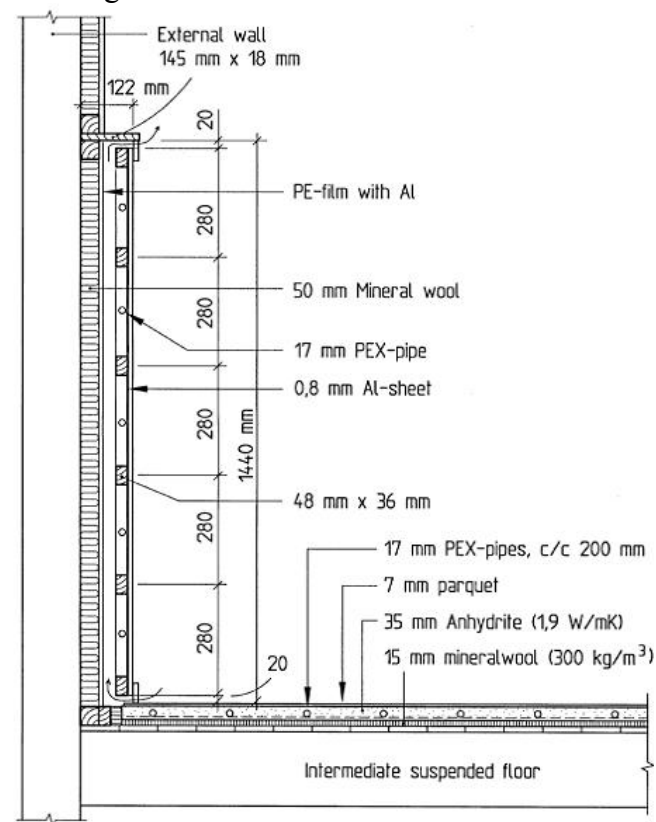
I første etasje installeres det vannbåren golvvarme i alle rom i form av PEX-rør støpt i anhydritt. Golvet isoleres med 30 mm under anhydrittstøpen for å redusere varmetapet til kjelleren. I stua installeres det i tillegg takvarme integrert i den nedsenkede himlingen. I de andre rommene installeres det veggvarme (brystningsvegg) i tillegg til golvvarmen.

I andre etasje installeres det golv- og veggvarme i alle rommene. For golvvarmen velges det også her en løsning med rør innstøpt i anhydritt. Under anhydritten brukes det 15 mm tung mineralull som trinnlyddemping og for å lede varmen oppover til golvoverflaten.



Figur 7.1 Forsøkshus 1 – Horisontaldelt tomannsbolig oppført ca. 1920.

Figur 7.2 viser en skisse av vegg- og gulvvarmeanlegget som skal utprøves i forsøkshus 1. Figuren viser også to bilder fra installasjonen av veggvarmeanlegget (brystningsvegg). Det er montert en reflekterende folie i veggen for å redusere varmetapet mot det fri og øke varmeavgivelsen til rommet.



Figur 7.2. Installasjon av kombinert vegg- og gulvvarme i forsøkshus 1. Venstre: Skisse av systemet. Høyre: to bilder fra montering av varmeanlegget med reflekterende aluminiumsfolie, PEX varmerør og aluminium varmedelingsplater.

Forsøkshus 2 - Enebolig oppført 1967/68

Det andre forsøkshuset er en enebolig oppført i 1967/68. Huset er et tidstypisk med hovedetasje og sokkeletasje, og kaldt loft med W-takstoler (22 graders takvinkel). I hovedetasjen skal det installeres vannbåren, lavtemperaturvarme i taket og i veggen mellom stue og kjøkken. Det kalde loftet etterisoleres med 400 mm isolasjon etter at takvarmeanlegget er lagt ned på himlingen. Kledningen på veggen mellom kjøkken og stue fjernes på den ene siden, og varmerør og varmfordelingsplater monteres i hulrommet i veggen. I den oppvarmede kjellerstua i sokkeletasjen skal det installeres lavtemperaturvarme som et brystningsbånd langs innerveggene.



Bilde: Forsøkshus 2 – Enebolig oppført 1967/1968.

8. Mer informasjon**Kontaktperson:**

Lars Myhre (lars.myhre@byggforsk.no)

Referanser:

H.B. Awbi, A. Hatton, Natural convection from heated room surfaces, Energy and Buildings 30 (1999) pp. 233-244.

NBI prosjektrapporter:

Gundersen, Per: "Energifleksible varmeanlegg : energieffektiv vannbåren lavtemperaturvarme" Prosjektrapport 270, Norges byggforskningsinstitutt; 2000.

Pris: 185 kroner

Gundersen, Per: Rimelige lavenergiboliger med rasjonelle installasjoner. Prosjektrapport 196. Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 1996

Pris: 215 kroner

NBI Byggetalblader:

552.109 Varmtvannssentraler og varmeanlegg (1995)

552.111 Vannbåret golvvarme (1995)

552.122 Vannbåret lavtemperatur golvvarmeanlegg med stor energifleksibilitet (2001)

552.124 Vannbåret lavtemperatur golvvarme i lette flytende golv (2001)

Prosjektrapporter og Byggetalblader kan bestilles gjennom salg@byggforsk.no