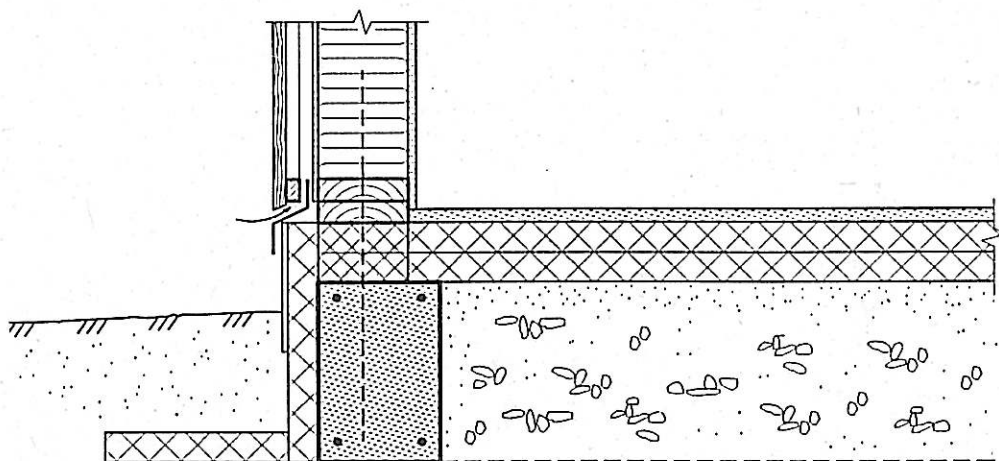


Per Gundersen

# Rimelige lavenergiboliger

Gulv på grunnen – forsøksbygging



BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Per Gundersen

# **Rimelige lavenergiboliger**

Gulv på grunnen – forsøksbygging

Prosjektrapport 167 – 1994

Prosjektrapport 167  
Per Gundersen  
**Rimelige lavenergiboliger**  
Gulv på grunnen – forsøksbygging

ISSN 0801-6461  
ISBN 82-536-0476-9  
100 eks. trykt av  
Lobo Grafisk as  
Cyclus resirkulert papir  
omslag 200 g, innmat 100 g

© Norges byggforskningsinstitutt 1994

Adr.: Forskningsveien 3B  
Postboks 123 Blindern  
0314 OSLO  
Tlf.: 22 96 55 00  
Fax: 22 96 55 42

**Emneord:**

Energi  
gulv  
isolasjon  
frost  
varmetap

**FORORD**

Utvikling av en energi- og kostnadseffektiv gulv på grunnen konstruksjon inngår som vesentlig element i NFR-prosjektet BA 30541 "Rimelige lavenergiboliger". I denne sammenhengen er det utprøvet i fullskala en ny type gulv på grunnen konstruksjon med meget lavt varmetap. Det er bygget tre stk. forsøksboliger på Basberg i Tønsberg. Som utbygger står A/S Prosjekfinans der A/S Prosjektas ha stått for prosjekteringen. I tillegg til innsatsen til adm. dir. Ole-Johan Olsen i A/S Prosjektas som har muliggjort forsøksbyggingen, vil vi spesielt fremheve ing. Jørn Willy Olavsen som med sin praktiske erfaring og tekniske innsikt har funnet frem til gode detaljløsninger. Jackon A/S ved markedssjef Bent Bøyesen har stått for produksjon og utvikling av sokkelementet i ekstrudert polystyren.

Oslo, november 1994

Per Gundersen

## Innhold

<b>Forord</b> .....	3
<b>Sammendrag</b> .....	5
<b>1. Fullskala utprøving av en lett gulvkonstruksjon</b> .....	7
1.1 Bakgrunn .....	7
1.2 Anleggsbeskrivelse .....	9
1.3 Beskrivelse av konstruksjonen .....	9
1.3.1 Ringmuren og pukk-/grusavrettingen .....	10
1.3.2 Sokkelementet .....	11
1.3.3 Overføring av større punktlaster til ringmuren .....	14
1.3.4 Fundamentplan for forsøkshuset .....	15
1.3.5 Gulvisolasjon og gulvplate .....	16
1.3.6 Mekanisk beskyttelse av sokkelementet .....	16
1.4 Tradisjonell utførelse av gulvet i badet med varmekabler .....	17
1.5 Lett gulvkonstruksjon med gulvvarme .....	18
1.6 Bestemmelse av gulvets U-verdi .....	19
16.1 Beregningsforutsetninger .....	19
16.2 U-verdi for gulvet i forsøksboligene uten ringmursisolasjon .....	20
16.3 U-verdi for gulvkonstruksjonen med 50 mm innvendig ringmursisolasjon .....	21
1.7 Frostsikring av gulvkonstruksjonen og vannoppstikk .....	23
1.7.1 Beregningsgrunnlag .....	23
1.7.2 Frostsikring av vannoppstikk ved ringmuren .....	24
1.7.3 Frostsikring av ringmuren .....	26
Utvendig ringmursisolasjon .....	27
Utvendig ringmursisolasjon med markisolasjon .....	31
Innvendig ringmursisolasjon med markisolasjon .....	33
1.7.4 Kobling mellom U-verdi og frostsirking .....	36
<b>2. Konvensjonell gulvkonstruksjon</b> .....	38
2.1 Beskrivelse av konstruksjonen som er brukt som referanse .....	38
2.2 Alternativ utførelse av en konvensjonell gulv-på-grunnen-løsning .....	41
<b>3. Kostnadsanalyse</b> .....	43
3.1 Reelle kostnader for tradisjonell utførelse av gulv på grunnen med betongplate .....	43
3.2 Kostnader for gulv på grunnen uten betongplate .....	44
3.3 Kommentarer til kostnadssammenlikningen .....	45
<b>4. Monteringserfaringer</b> .....	47
<b>5. Klargjøring for temperaturmålinger</b> .....	47
<b>6. Vurdering av den ferdige gulvkonstruksjonen</b> .....	50
<b>7. Referanser</b> .....	50
<b>Bilag</b>	
1. Ny konstruksjon brukt på Heistadtangen .....	51
1.1 Sammenheng mellom U-verdi og tykkelse på gulvisolasjonen .....	55

## SAMMENDRAG

Som ledd i utvikling av rimelige lavenergiboliger er det utprøvd i fullskala en ny type gulv på grunnen. Det er bygget tre stk. frittstående eneboliger på Basberg i Tønsberg med en ny gulvkonstruksjon. Som referanse er det i samme feltet bygget flere boliger av samme hustype som forsøksboligene med tradisjonell gulvkonstruksjon. Dette gir oss meget gode muligheter for direkte sammenlikninger både når det gjelder kostnader og brukeregenskaper.

Målet er å utvikle en gulv på grunnen løsning som har et varmetap som ligger godt under det halve av det som er kravet i gjeldende byggeforskrifter. I tillegg skal produksjonskostnadene for tradisjonell og ny utførelse være tilnærmet de samme. Det er også av vesentlig betydning at gulvkonstruksjonen er rasjonell å produsere og ikke gir samme begrensninger når det gjelder byggets fremdrift som man opplever med dagens betonggulv. Uttørking av betonggulv er i dag blitt en flaskehals i moderne husbygging. Gulvløsninger uten bruk av vann som må tørkes ut gir store produksjonsmessige fordeler, og vil kunne eliminere problemer som kan oppstå med tett gulvbelegg på fuktig betong.

Beregninger viser at over halve varmetapet fra gulv på grunnen i småhus avgis fra en sone på ca. 1,0 m langs husets yttervegg. Da denne sonen for et normalhus utgjør ca. 40 % av samlet gulvflate, betyr dette at man må legge betydelig vekt på å utvikle løsninger som eliminerer enhver form for kuldebroer i denne sonen. Beregning av U-verdier for tradisjonelle gulv på grunnen løsninger viser da også at man nettopp har store problemer med å tilfredstille byggeforskriftenes krav til maksimalt tillatt varmetap i randsonen.

For å oppfylle ovennevnte kriterier, er det utviklet en lett gulvkonstruksjon uten bruk av betong der huset er satt på et sokkelement av trykksterke høyverdige isolasjonsmaterialer. Det er i dag utviklet høyverdige isolasjonsmaterialer med stor kort- og langtidstrykkstyrke: Dette er materialer som er utnyttet konstruktivt for å eliminere kuldebroer mellom ringmuren og svillen. Det er også utviklet forskjellige typer puss beregnet brukt på disse isolasjonsmaterialene og som gjør dem meget motstandsdyktige for mekaniske påkjenninger.

Et relativt kostbart betonggulv er erstattet med gulvisolasjon. Isteden for vanlig tykkelse på gulvisolasjonen på 50 - 60 mm, er gulvisolasjonen i forsøkshusene 150 mm. Dette gir en gjennomsnittlig U-verdi for den nye gulvkonstruksjonen på 0,14 W/m<sup>2</sup>K. Sammenliknet med referanseboligene vil den nye gulvløsningens gjennomsnittlig U-verdi være redusert med 44 % og 53 % i forhold til gjeldende byggeforskrifter. Når det gjelder U-verdien i en randsonen på 0 - 1 m

fra ytterveggen, gir den nye løsningen en reduksjon i U-verdi på nær 50 % i forhold til referanse utførelsen.

Ved å foreta etterkalkyle av kostnadene for tradisjonell og ny utførelse av gulvkonstruksjonen, fremgår det at den nye utførelsen er kr 660,- rimeligere. Når man tar hensyn til en årlig energibesparelse på ca. 1200 kWh med bruk av den nye utførelsen, vil man over en 10 års periode i gjennomsnitt ha en årlig besparelse på ca. kr 1 000. I tillegg vil man få et gulv med betydelig høyere overflatetemperaturer i husets randsone. Det er ikke tatt hensyn til de besparelsen man oppnår ved å unngå enhver form for tids- og energikrevende uttørring av gulvkonstruksjonen.

I to av forsøksboligene er det også brukt en enkel type gulvvarme som er tilpasset en lett gulvkonstruksjon uten bruk av betong.

Som en konsekvens av at man får en vesentlig reduksjon av gulvets varmetap til grunnen, vil dette også ha betydning for gulvkonstruksjonens frostsikkerhet i telefarlig grunn. Det er derfor nødvendig å revidere dagens dimensjoneringsregler for frostsikring av gulv på grunnen konstruksjoner. For å redusere tilleggs kostnadene til frostsikring, er det viktig å velge en effektiv frostisolering som samtidig gir størst mulig reduksjonen i gulvets varmetap. Foreløpige undersøkelser viser at en utvendig ringmursisolasjon i kombinasjon med en beskjeden horisontal markisolasjon er en meget effektiv løsning. Denne løsningen bør også kunne ligge godt til rette for utvikling av et prefabrikkert ringmurselement.

## GULV PÅ GRUNNEN, FORSØKSBYGGING

### 1 Fullskala utprøving av en lett gulvkonstruksjon

#### 1.1 Bakgrunn

Som ledd i utvikling av rimelige lavenergiboliger er det utprøvd i fullskala en ny type gulv på grunnen løsning. Figur 1.1 viser en prinsippsskisse av gulv på grunnen løsning som er forutsatt brukt i telefarlig grunn. Den viste gulvkonstruksjonen har en gjennomsnittlig U-verdi på ca.  $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Varmetapet til omgivelsene og grunnen sammenlignet med tradisjonelle utførelser er derfor vesentlig lavere. Sett i relasjon til en gulvkonstruksjon utført etter gjeldende forskrifter med U-verdi  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , vil den nye utførelsen redusere enegibehovet for en mindre enebolig med grunnflate ca.  $85 \text{ m}^2$  med ca.  $1700 \text{ kWh/år}$ . Det er da forutsatt Tønsberg klima. Med en energipris på  $50 \text{ øre/kWh}$  betyr dette en årlig besparelse på kr 850,-. I tillegg får man en vesentlig bedre komfort på grunn av høyere overflatetemperaturer på gulvet. Sammenlignet med en tradisjonell utførelse vil en økning av overflatetemperaturen særlig gjøre seg gjeldene i randsonen mot yttervegger der varmetapet er størst. Dette er oppnådd ved å sette huset på et sokkelement av høyverdige isolasjonsmaterialer. Man unngår dermed enhver form for kuldebroer i overgangen mellom fundament og yttervegger. Ved å øke tykkelsen på gulvisolasjonen og dermed redusere varmetapet til grunnen, vil dette kunne ha betydning for gulvets frostsikkerhet. I motsetning til dagens gulv på grunnen konstruksjoner der man under moderate klimaforhold har et varmeoverskudd til grunnen, vil godt isolerte gulv kreve en mer aktiv frostsikring med en kobling mellom U-verdier og frostsikring.

Samtidig er et relativt kostbart betongdekke erstattet med isolasjon og sponplate. Man unngår dermed problemer med uttørring av betongdekket som er en flaskehals i moderne husproduksjon. Man får også en lett gulvkonstruksjon der overflatetemperaturen hurtig innstiller seg etter romlufttemperaturen. Dette er en fordel spesielt i rom med varierende lufttemperaturer der man ønsker en hurtig avkjøling og oppvarming f.eks. soverom.



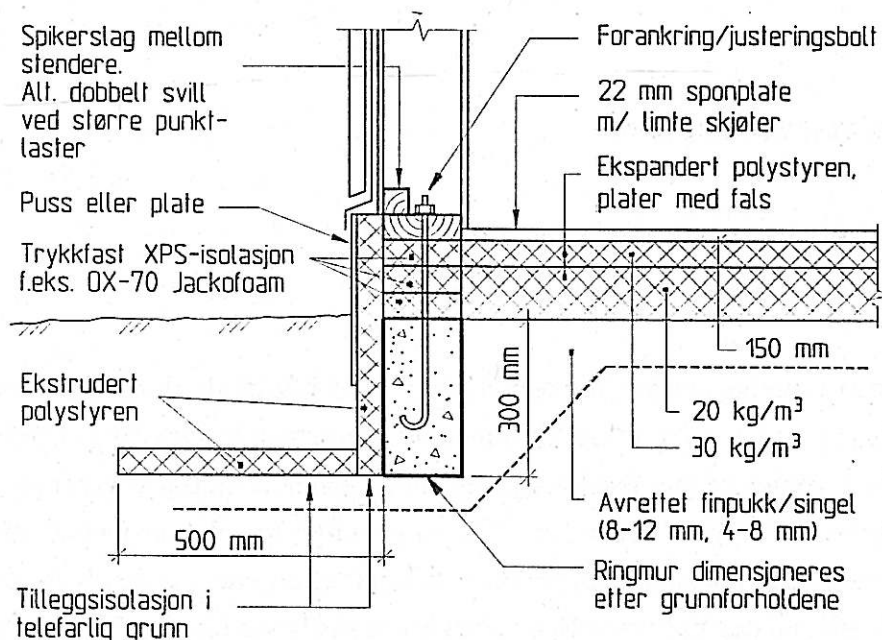


Fig. 1.1. Gulv på grunnen. Lett gulvkonstruksjon uten kuldebroer.  
Gjennomsnittlig U- verdi  $\approx 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

I tilknytning til dette prosjektet er det særlig tre forhold som det er viktig å få utprøvd ved hjelp av fullskala forsøksbygging.

1. Sokkelement (Trykkfast isolasjon som underlag for ringmursvillen)
2. Lett gulvkonstruksjon uten betong
3. Kostnader

Det er videre en rekke detaljer som må løses og forhold som må avklares.

Dette omfatter bl.a. følgende forhold som både gjelder anleggs- og driftsfasen:

- Forankring av svill til ringmur
- Kraftoverføring av større punktlaste til ringmuren
- Utvendig beskyttelse av sokkelement (f.eks. puss)
- Avretting av masse innenfor ringmuren før legging av gulvisolasjon
- Fremdriftsplan (Når er det mest hensiktsmessig å legge gulvisolasjonen)
- Brukeregenskaper mm.
- Varmetap
- Frostsikring
- Temperaturmålinger (Verifisering av beregninger)

For ikke å trekke inn for mange parametre i forsøksbygget som kan påvirke resultatet, er det valgt å utprøve gulvløsningen i et område med ikke telefarlige grunnforhold.

## 1.2 Anleggsbeskrivelse

Det er oppført tre stk. frittliggende eneboliger på byggefelt Basberg D3 i Tønsberg. Det er brukt en ny type gulv på grunnen konstruksjon, se fig 1.1. Grunnforholdene er komprimert steinfylling på eksisterende løsmasser. Eksisterende masser er undersøkt av bygningsteknisk konsulent (Prosjektas A/S) og klassifisert som ikke telefarlige. Disse grunnforholdene forenkler fundamenteringen idet det ikke er nødvendig med ekstra tiltak for å frostsikre gulvkonstruksjonen. Energi- og kostnadsbetraktninger har derfor vært et vesentlig element ved prosjektering av gulvkonstruksjonen.

## 1.3 Beskrivelse av konstruksjonen

Figur 1.3 a viser et snitt av gulvkonstruksjonen. Det er valgt en tykkelse på gulvisolasjonen på 150 mm. Normal tykkelse på gulvisolasjonen i Tønsbergområdet er 60 mm. Forsøksbyggene har en veggtykkelse på 150 mm.

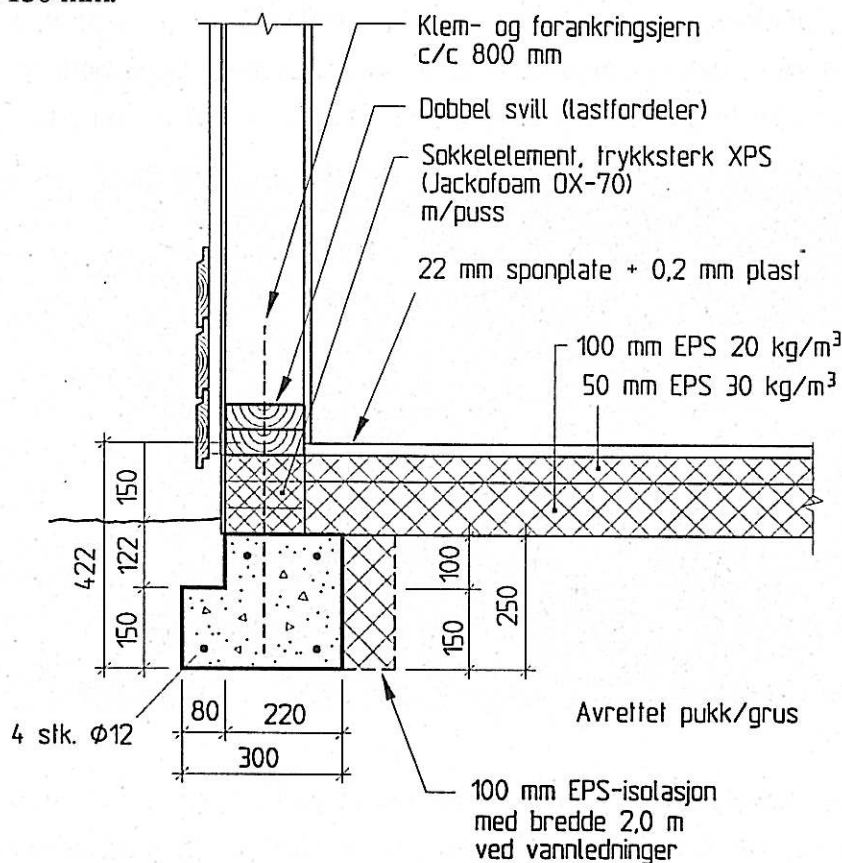


Fig. 1.3 a. Snitt av gulv på grunnen konstruksjonen som er brukt i forsøksboligene

I lavenergisammenheng vil sannsynligvis gulv- og veggisolasjonen økes til 200 mm. Dette har ingen prinsipiell betydning for vurderingene idet det er meget enkelt å øke tykkelsen på gulvisolasjonen. Høyden på ringmuren er 250 mm, og det er bare brukt innvendig ringmursisolasjon der det har vært nødvendig å frostsikre røroppstikk som er lagt ut mot ringmuren. Ringmursisolasjonen har her en tykkelse på 100 mm og en lengde på 2,0 m.

### 1.3.1 Ringmuren og pukkg/grusavrettingen

Som det fremgår av fig. 1.3 a har ringmuren en total bredde på 300 mm som er tilpasset grunnens bæreevne. Det fremgår også at ringmurtoppen er 70 mm bredere enn sokkelementet. Dette forenkler finavrettingen av pukkg/gruslaget innenfor ringmuren hvis denne utføres etter at veggene er satt opp. Man unngår også problemer som kan oppstå ved gulvlisten hvis det skulle opptre mindre setninger spesielt ved inngangspartiet. Som det fremgår av fig. 1.3.1 er komprimering og avrettingen av gruslaget i dette tilfellet foretatt umiddelbart etter at ringmuren er ferdig. Dette er en fordel da løsningen krever en god komprimering av massene innenfor ringmuren. Man har da en plattform for det videre monteringsarbeidet på huset. Også såkalt "selvkomprimerende" masser som pukkg skal komprimeres for å sikre god kontakt med undergrunnen og ringmuren og dermed unngå setninger. Metoden forutsetter en relativt god overflatefinish av ringmurskrona, se fig. 1.3.1. Det er støpt ned bolter i ringmuren for forankring av svillen. Disse boltene er også supplert med ekspansjonsbolter som er boret ned i ringmuren etter at svillen er montert.

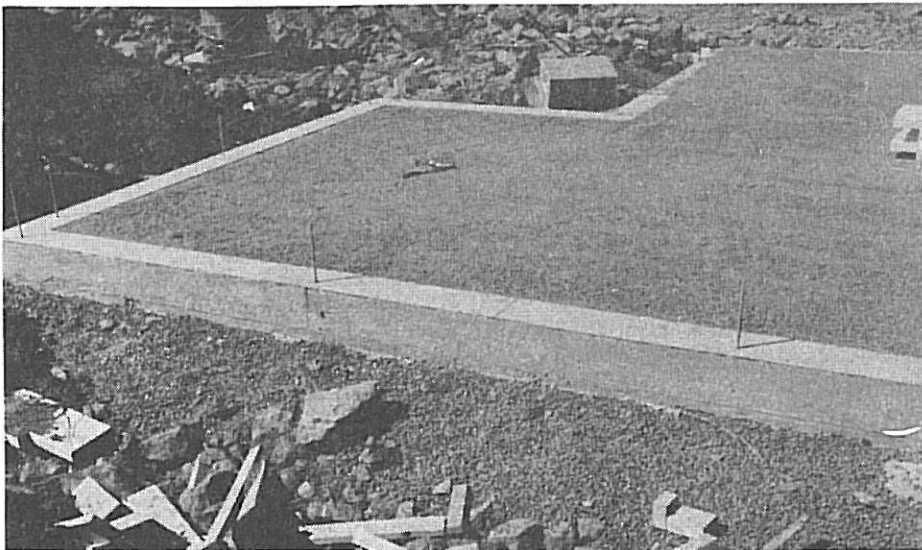


Fig. 1.3.1. Finavretting og komprimering av massene innenfor ringmuren er utført før legging av sokkelementet og svillen. Det er viktig å få en god avretting av ringmurskrona som er brukt som høydereferanse for pukkg/grusmassene

### 1.3.2 Sokkelementet

For å eliminere den kuldebroen som kan oppstå i forbindelsen mellom veggen og ringmuren, er det brukt et lastbærende varmeisolerende sokkelement som består av ekstrudert polystyren isolasjon (XPS) av typen Jackofoam OX-70. XPS- isolasjonen inneholder et flammehemmende stoff som forhindrer utilsiktet antenning. Sokkelementet ligger også nede i gulvkonstruksjonen, innvendig dekket av svillen og tilstøtende gulvsponplate. Utvendig er sokkelementet pusset.

Sokkelementet er derfor vurdert som unntatt for brannteknisk godgjenningsplikt.

Sokkelementet er 150 mm høyt, og er limt sammen av 3 stk. isolasjonsplater med tykkelsen 50 mm og bredden 150 mm. Sokkelementene har en lengde på 2.4 m og skjøtene er utført med not og fjær, se fig. 1.3.2 a og b. Hensikten med å bruke en not og fjær forbindelse er å sikre en god skjøt uten luftlekkasje. Not og fjær forbindelsen gir en tilfredstillende løsning hvis det brukes ekspansjonsbolter for forankring av svillen etter at denne er lagt. I dette tilfellet var det også støpt inn forankringsbolter i ringmuren. Det er da bedre å skjøte platene med en enkel falsforbindelse. I tillegg til enklere montering vil dette også gi et enklere sokkelement.

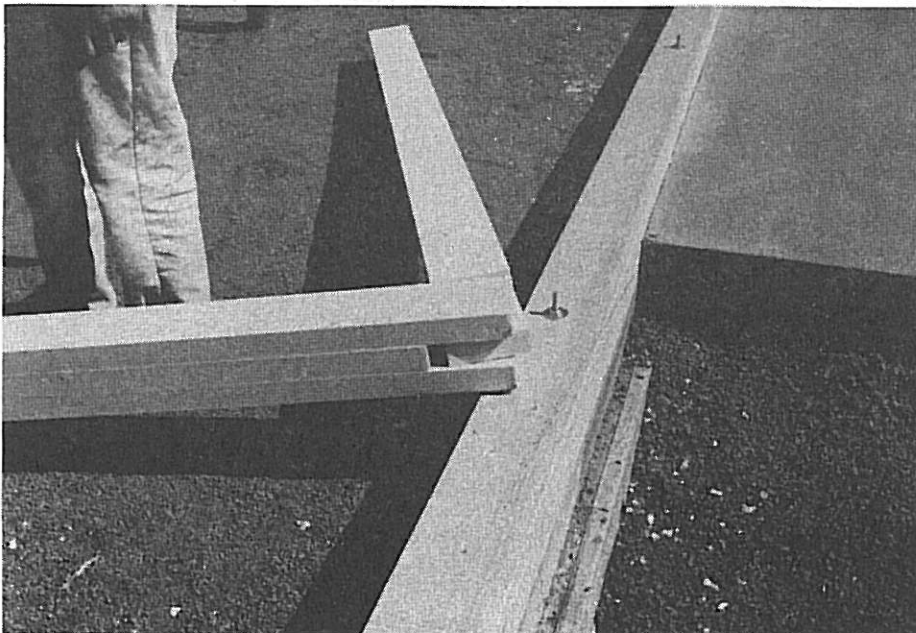


Fig. 1.3.2 a. Sokkelementer i ekstrudert polystyren. Skjøtene har not og fjær

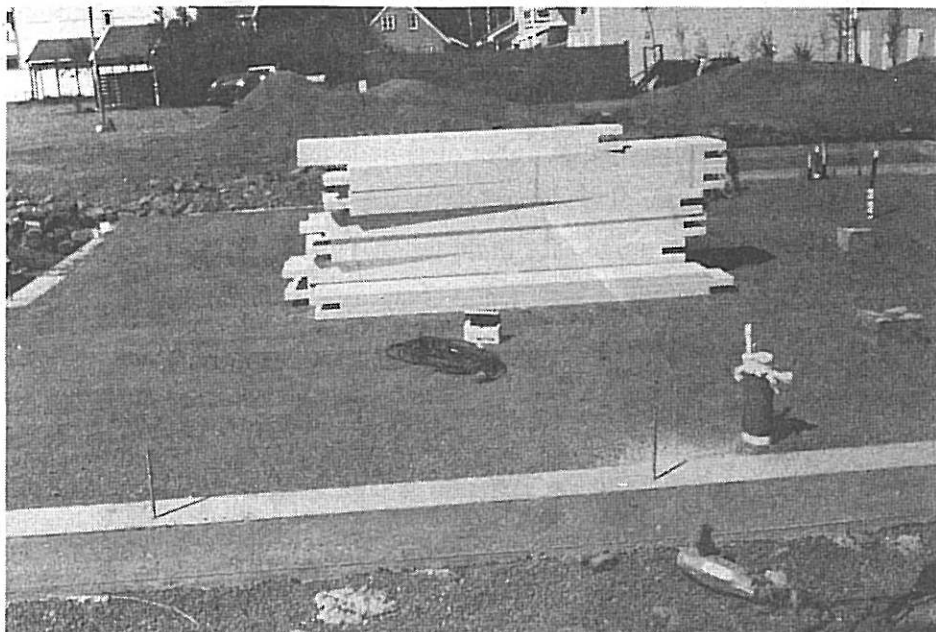


Fig. 1.3.2 b. Ringmuren er klargjort for legging av sokkelementene

For å fordele lastene fra bygningskonstruksjonen og unngå konsentrerte punktlaster på sokkelementet er det brukt dobbelt svill 2 x 36 x 148 mm. Dimensjonerende last på ringmuren fra en 1½ etasjes bolig i husbankstørrelse er angitt i {1}. Svillen er boltet fast til ringmuren, se fig. 1.3.2 c. Ved inngangs- og terrassedøren der svillen er fjernet, er viktig å forankre begge svillendene. I spalten mellom dørterskelen og ringmursisolasjon er det skummet inn polyuretanisolasjon, se fig. 1.3.2 d.

#### *Materialeegenskaper*

XPS-isolasjonen i sokkelementet har følgende materialeegenskaper, se tabell 1.3.2.

Tabell 1.3.2.

Materialdata for XPS-isolasjonen er av typen Jackofoam OX-70

Trykkfasthet korttidslast 10 % deformasjon	700 kN/m <sup>2</sup>
" langtidslast (2 % , 50 år)	250 kN/m <sup>2</sup>
Varmeledningsevne i bygningsdeler	0,030 W/mK
" i grunnen	0,033 W/mK

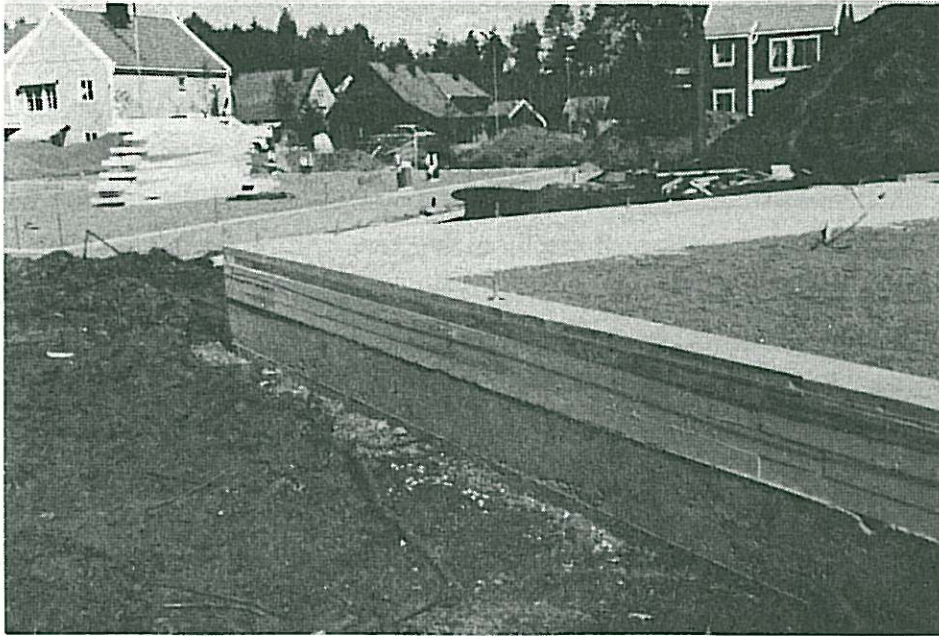


Fig. 1.3.2 c. Det er brukt dobbelt svill over sokkelementet. Svillen er forankret til ringmuren med bolter



Fig. 1.3.2 d. Terrassedør. Det er brukt polyuretanisolasjon i spalten mellom ringmurisolasjonen og dørterskelen der det ikke er svill. Svillen er forankret på begge sider av døren med ekspansjonsbolter.

### 1.3.3 Overføring av større punktlaster til ringmuren

Som det fremgår av fundamentplanen for forsøksboligen fig. 1.3.4, får vi overført laster fra en bærende ståldrager i etasjeskillet via en søyle til ringmuren. For å unngå spesielt store punktlaster på svill og sokkelement fra disse søylene, er det boret et 60 mm hull i svillen og sokkelementet ned til betongringmuren. Hullet er fylt med betong til overkant svill, se fig. 1.3.3. Denne forsterkningen er utført etter at svillen er montert på sokkelementet. En alternativ utførelse er å utføre forsterkningen før montering av svillen. Forsterkningen siter da ikke fast i svillen, slik at det da blir jevne setninger i hele veggseksjonen ved svinn i svillen.

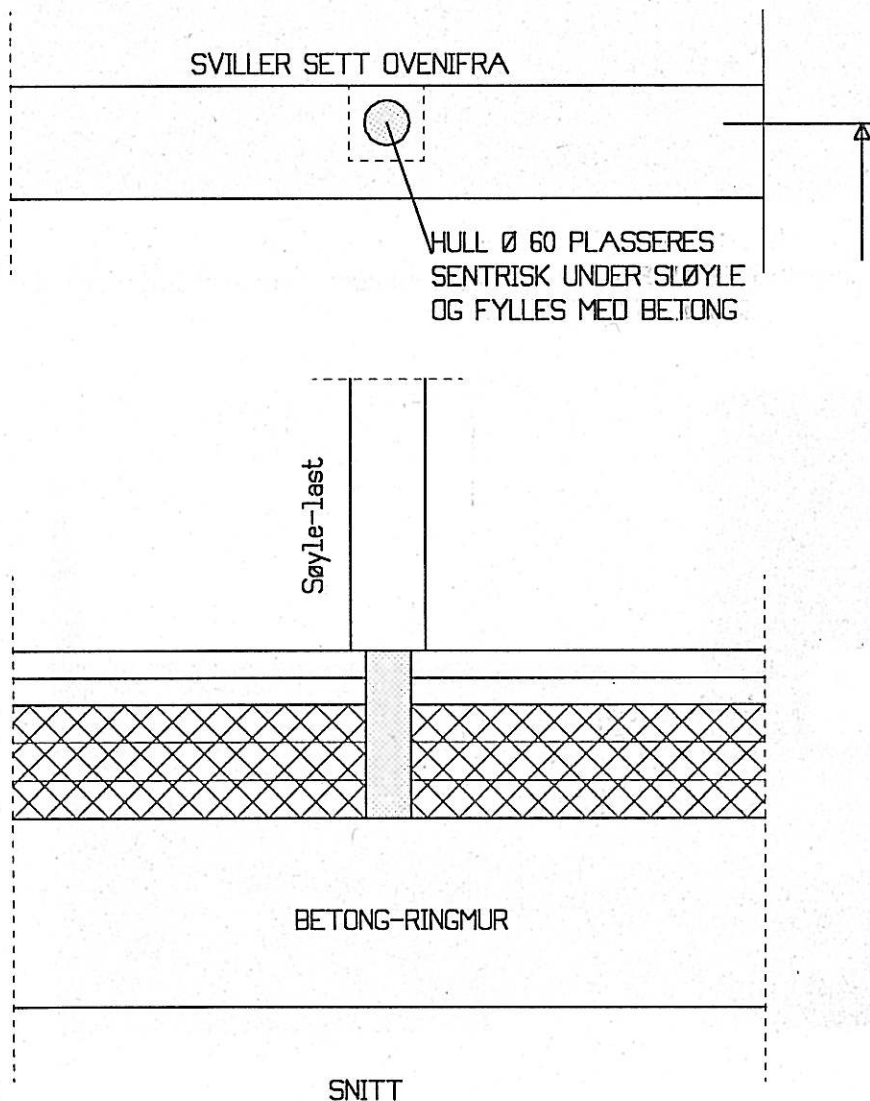
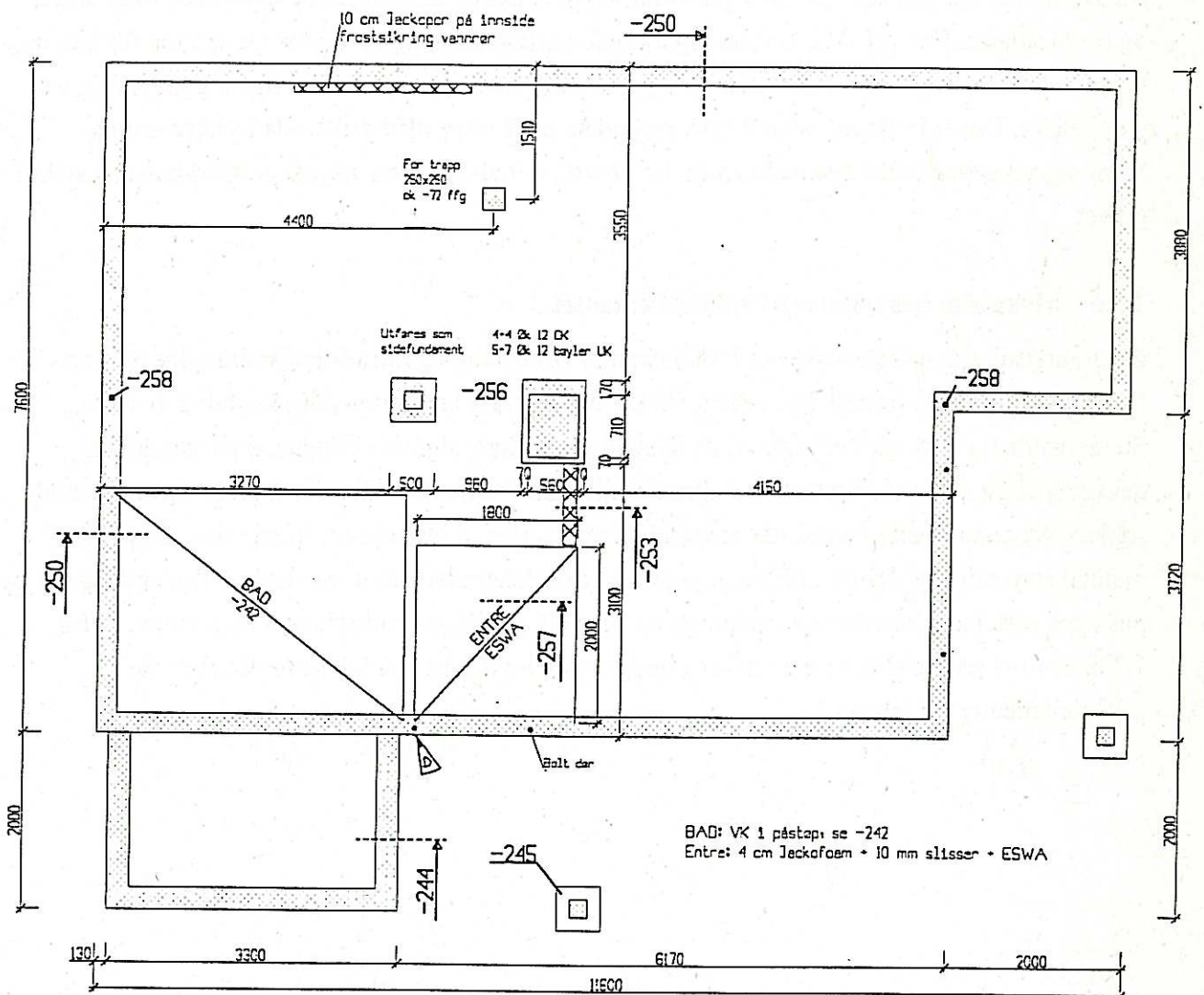


Fig. 1.3.3. Overføring av store punktlaster fra søyle og bjelkelagsdrager til ringmuren

### 1.3.4 Fundamentplan for forsøkshuset

Figur 1.3.4 viser fundamentplanen for et av forsøkshusene "Astri 36". Det er brukt gulvvarme i baderom og entre. Plassering av forankringsbolter ved dører, og der store punktlaster fra bjelkelagsdragere skal overføres til ringmuren er angitt på planen. Ringmuren er isolert med 100 mm tykk plateisolasjon med lengde 2,0 m ved vannoppstikk. Det er generelt en fordel å ha et hoved oppstikk for vannledningen mer sentralt i huset og la fordelingsledningene ligger over gulvnivået. Man unngår da problemer med frostsikring og forenkler vedlikeholdet ved evt. vannlekkasjer.



Figur 1.3.4 viser en fundamentplan for en av forsøksboligene, "Astri 36"



### 1.3.5 Gulvisolasjon og gulvplate

Gulvisolasjonen har tykkelsen 150 mm og består av to lag, med 100 mm ekspandert polystyrenplate med densitet  $20 \text{ kg/m}^3$  som bunnplate, og 50 mm ekspandert polystyrenplate med densitet  $30 \text{ kg/m}^3$  som topplate. Trykkfastheten (korttidslast) for ekspandert polystyren med densitet  $20 \text{ kg/m}^3$  er  $100 \text{ kN/m}^2$  og tilsvarende  $170 \text{ kN/m}^2$  når densiteten er  $30 \text{ kg/m}^3$ . Det er brukt isolasjon med høyere trykkfasthet i toppsjiktet for å forbedre gulvets evne til å tåle store punktlaster. Isolasjonsplatenene er utført med falser og det er vesentlig brukt store isolasjonsplater med dimensjonen  $1200 \times 2400 \text{ mm}$ . Disse platene er noe rimeligere enn mindre plater med dimensjonen  $600 \times 1200 \text{ mm}$ , og vil lettere utligne mindre ujevnheter i undergrunnen. Over isolasjonen er det lagt  $0,2 \text{ mm}$  tykk plastfolie og over denne  $22 \text{ mm}$  tykke sponplater med falsede og limte skjøter. Det var ikke nødvendig å bruke parkettunderlag el. under sponplaten for å ta opp evt. ujevnheter i isolasjonsoverflaten. Over sponplaten skal det i det vesentlige legges vanlig tett gulvbelegg. Det er brukt en relativt tykk sponplate for å sikre tilfredstillende trykkfordeling. Samtidig vil sponplatenes egenvekt sørge for en viss initiallast. Man unngår dermed uønsket svikt i gulvet.

### 1.3.6 Mekanisk beskyttelse av sokkelementet

Ringmursisolasjonen må beskyttes mot mekanisk belastning og ultrafiolett stråling fra sollyset. Dette kan utføres på forskjellige måter. En metode er for å bruke utvendig kledning av f.eks. Steniplater som beskyttelse. Man vil da få synlige vertikale skjøter i platene, men samtidig få dekket spalten mellom ringmur og ringmursisolasjon. En annen metode er å bruke ferdig pussede sokkelementer. Dette forutsetter at man kan pusse over skjøtene etter montering. En tredje metode som er valgt i dette tilfellet, er å pusse sokkelementet etter montering. Det er da brukt en pusstype som har tilnærmet samme farge og struktur som betongoverflaten i ringmuren, se fig. 1.3.6. Som vi senere skal vise er det kostnadmessig lønnsomt å få levert ferdig pussede sokkelementer fra fabrikk.

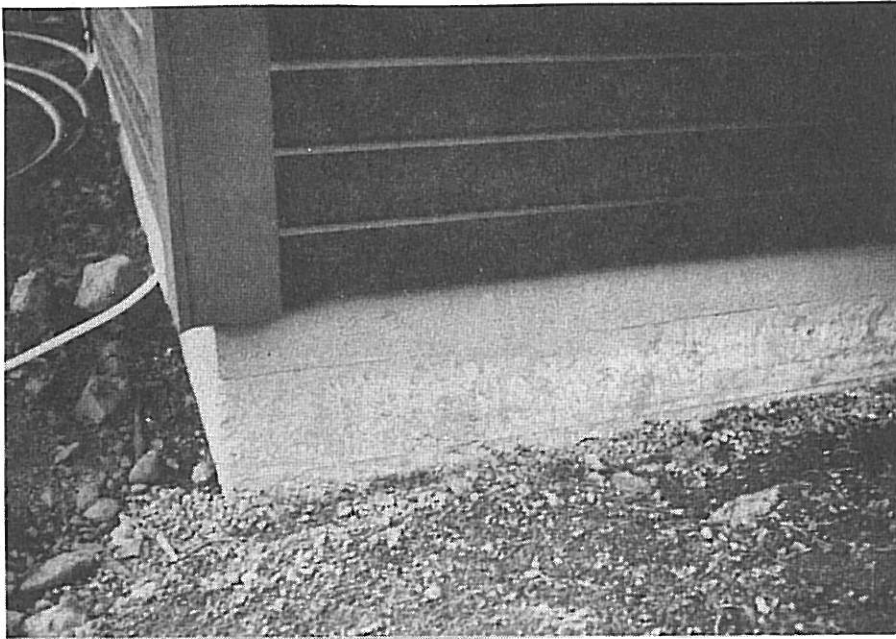


Fig. 1.3.6. Sokkelementet er pusset utvendig etter montering

#### 1.4 Tradisjonell utførelse av gulvet i badet med varmekabler

I baderomsgulvet er det valgt å bruke et tradisjonelt gulv av 50 mm betong med varmekabler over gulvisolasjonen. For å få samme høyde på gulvoverflaten på badet og i den øverige boligen, er det bare brukt 100 mm tykk gulvisolasjon i badet. For å kompensere noe for redusert gulvisolasjon i badegulvet, er det brukt ekstrudert polystyren (XPS) isolasjon med varmeledningsevne 0,03 W/mK. Dette svarer til 120 mm ekspandert polystyren (EPS) isolasjon. Detaljer i overgangen mellom en lett og en konvensjonell gulvkonstruksjon er vist på fig. 1.4. Som angitt i {1} er det fullt ut mulig å bruke en lett gulvkonstruksjon også i baderommet. Man kan da opprettholde samme tykkelse på gulvisolasjonen. Dette er viktig da man ofte holder noe høyere temperaturer i baderommet eller bruker gulvvarme. For å forenkle utførelsen med en lett gulvkonstruksjon i badet kan all rørføring legges over gulvflaten samtidig som det monteres veggsluk med mekanisk luktlås.

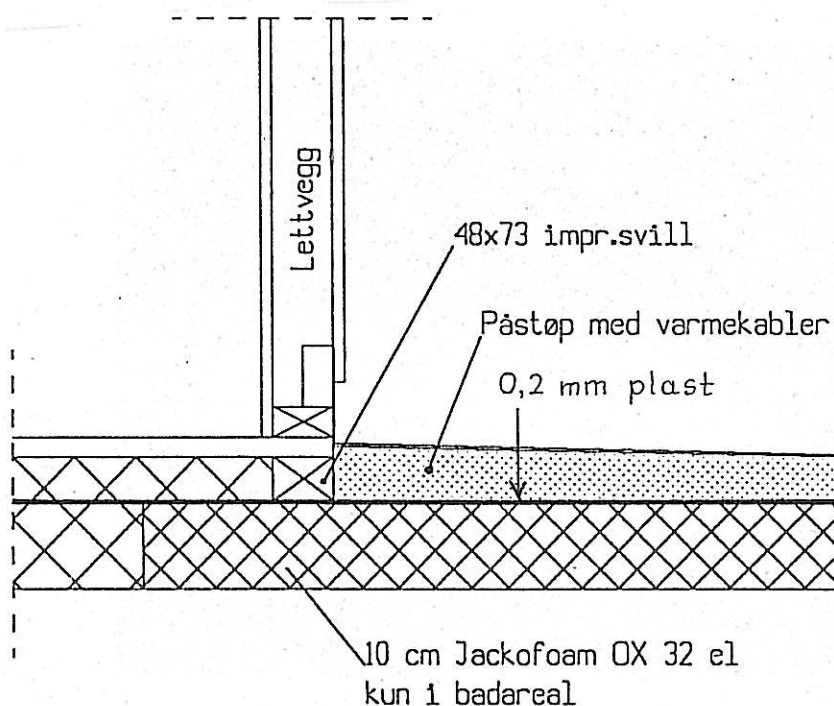


Fig 1.4. Detaljer i utførelsen ved overgang fra en lett gulvkonstruksjon til en tradisjonell badegulvsløsning med betongdekke og varmekabler

### 1.5 Lett gulvkonstruksjon med gulvvarme

I to av forsøksboligene ønsket beboerne også gulvvarme i entreen. Dette kan f.eks. utføres som vist på fig. 1.5 a. Det er her brukt en varmemefolie og 10 mm luftspalte. Varmefolien er av typen FLEXEL MARK 1V som har bredden 600 mm og maksimal varmeavgivelse  $60 \text{ W/m}^2$ . Denne varmemefolien har en jevnt fordelt varmeavgivelse over hele flaten. På fig. 1.5 a er det lagt inn en 8 mm spon- eller gipsplate over gulvisolasjonen. I stedet for en plate kan isolasjonen evt. dekkes med mineralullisolasjon mellom tilfarenne. Det er ikke brukt plate eller mineralullisolasjon i den aktuelle utførelsen. Om det i dette tilfellet er nødvendig av branntekniske hensyn å dekke den ekstruderte polystyren isolasjonen med plate eller mineralull, må avklares nærmere hvis utførelsen skal brukes i større målestokk. Smeltetemperaturen for ekstrudert polystyren  $> 80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Det er her brukt 11 mm tykke tilfarenne som er lagt direkte på isolasjonsplatene. Spesielt i en entre med periodevis store punktlaster bør tilfarenne ha en bredde på 98 mm. For å kompensere for økte punktlaster og varmetap er den øvre 50 mm tykke platen i ekspandert polystyren erstattet med en 40 mm tykk plate i ekstrudert polystyren. Denne toppisolasjonen kan f.eks. være Jackofoam OX-

40 mm tykk plate i ekstrudert polystyren. Denne toppisolasjonen kan f.eks. være Jackofoam OX-40 eller OX-50 med korttidstrykkstyrke 400 - 500 kN/m<sup>2</sup> eller tilsvarende. Da entreen bare er på 4.0 m<sup>2</sup> er det ikke tykkelsen på gulvisolasjonen økt ytterligere. For større gulvflater med gulvvarme bør isolasjonstykkelsen økes til 200 mm.

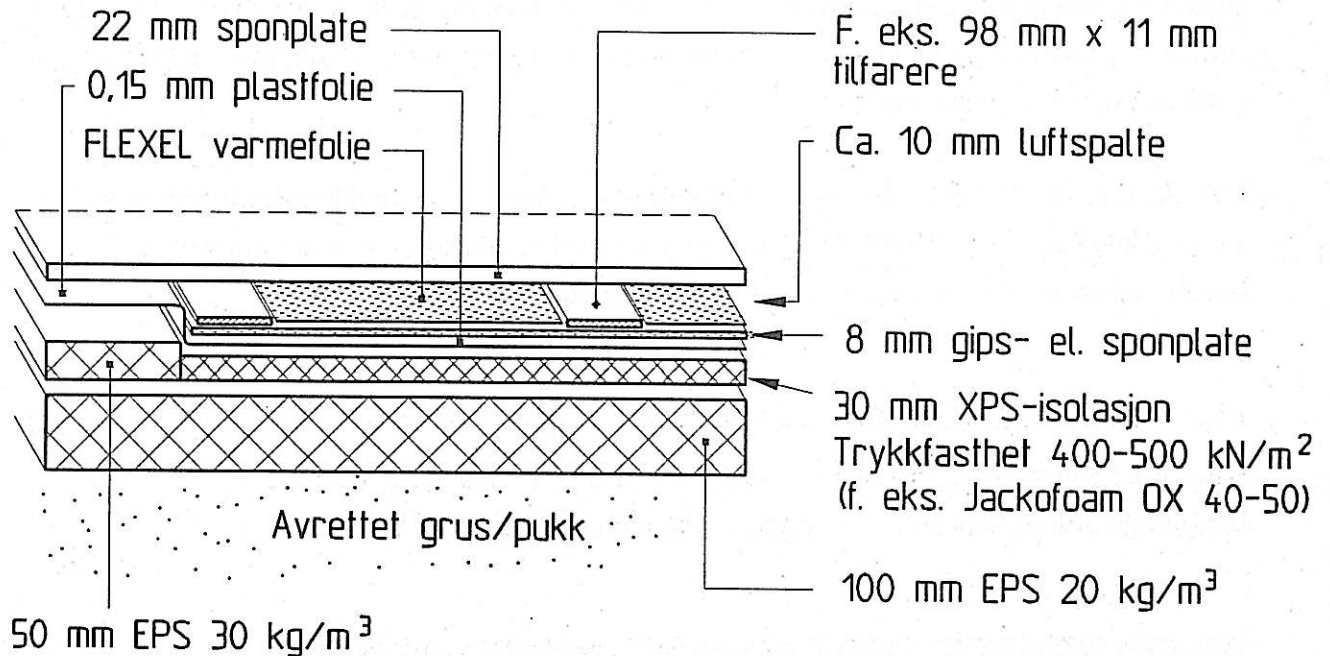


Fig. 1.5 a. Lett gulvkonstruksjon med gulvvarme

## 1.6 Bestemmelse av gulvets U-verdi

Det er foretatt EDB-beregninger for å bestemme varmetapet fra forskjellige gulvutførelser. På bakgrunn av todimensjonale stasjonære beregninger er det mulig med relativt god nøyaktighet å fastlegge gulvets U-verdi sett over året.

### 1.6.1 Beregningsforutsetninger

I beregningene som gjelder for Tønsbergområdet er det forutsett en konstant temperatur på 6,5 °C, 20 m nede i grunnen. Som grunnlag for U-verdi beregningene, er det tilsvarende brukt en konstant utelufttemperatur lik årsmiddeltemperaturen som for Tønsberg er 6.5 °C.

Innelufttemperaturen er satt til 20 °C. Disse U-verdiene vil ikke nødvendigvis være i overensstemmelse med tilsvarende U-verdier etter NS 3031 som er fastlagt på bakgrunn av

varmetapet over fyringssesongen. U-verdier etter NS 3031 som danner grunnlaget for U-verdikravet for gulv på grunnen er ikke i overensstemmelse med forslaget til nye europeiske beregningsstandarder der varmetapet over året er brukt som referanse.

Da vi her primært er interessert i relative endringer i U-verdien for forskjellige utførelser, har vi angitt U-verdien med tre desimaler for bedre å skille de forskjellige konstruksjonene. Absolutte U-verdier til praktisk bruk ved varmetapsberegninger har forøvrig så stor usikkerhet at bruk av tre desimaler ikke har noen mening.

Hvis det ikke spesielt er nevnt, er det i beregningene forutsatt brukt pukke innenfor ringmuren med varmeledningsevne  $0,6 \text{ W/mK}$ . Pukken er avrettet med et gruslag som er komprimert. I undergrunnen er det forutsatt løsmasser med varmeledningsevne  $2,0 \text{ W/mK}$ .

### 1.6.2 U-verdi for gulvet i forsøksboligene uten ringmursisolasjon

Figur 1.6.2 a viser beliggenheten av isotermene med de angitte stasjonære beregningsforutsetningene som er brukt som grunnlag for U-verdi bestemmelser.

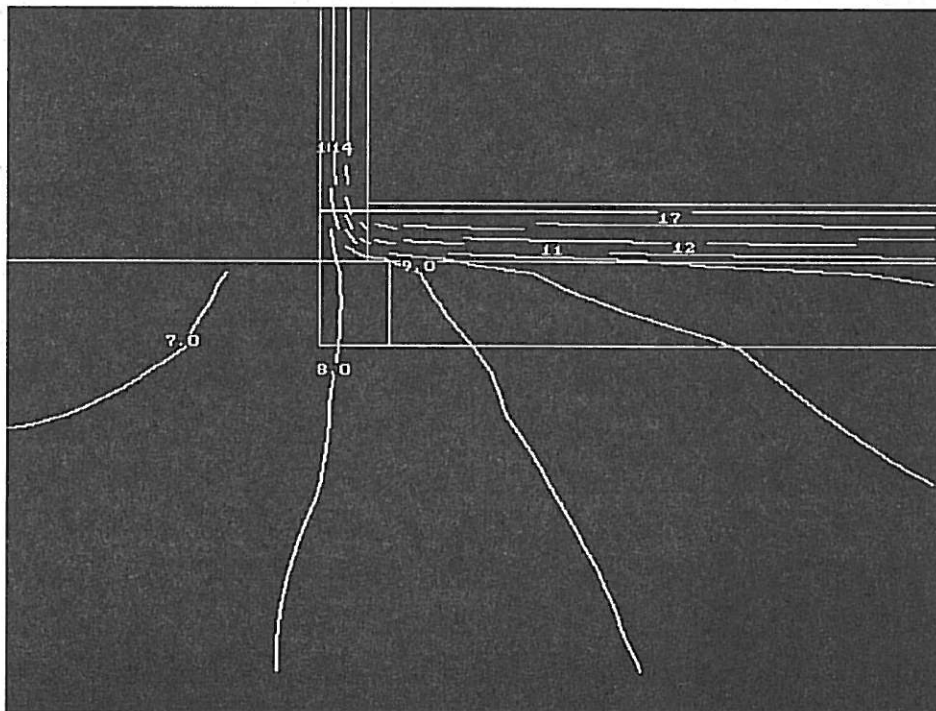


Fig. 1.6.2 a. Beliggenhet av isotermene i grunnen som er brukt som grunnlag for U-verdi beregninger. Det er ikke brukt ringmursisolasjon og gulvisolasjonen er 150 mm tykk

## U-verdi beregninger

Tabell 1.6.2

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1.3 a.

Det er ikke brukt ringmursisolasjon

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,163
Gjennomsnitt for gulvflaten	0.141

Hvis man f.eks. erstatter sokkelementet i ekstrudert polystyren med en tilsvarende lettklinkerblokk med varmeledningsevne 0.23 W/mK, vil randverdi U-verdien økes med 11 % til 0,181 W/m<sup>2</sup>K og gjennomsnittlig U-verdi med ca. 5 % til 0,148 W/m<sup>2</sup>K. Dette understreker betydningen av å bruke et sokkelement med lav varmeledningsevne.

### 1.6.3 U-verdi for gulvkonstruksjonen med 50 mm innvendig ringmursisolasjon

Det er også foretatt U-verdi beregninger med 50 mm tykk innvendig ringmursisolasjon, fig. 1.6.3 a. Forøvrig er beregningsforutsetningene de samme. Figur 1.6.3 b viser isotermeenes beliggenhet i dette tilfellet.

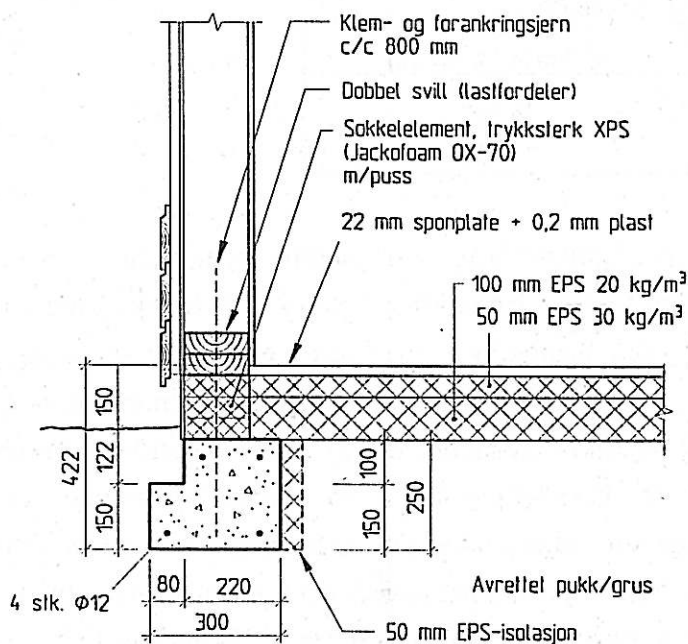


Fig. 1.6.3 a. Utførelse med 50 mm innvendig ringmursisolasjon

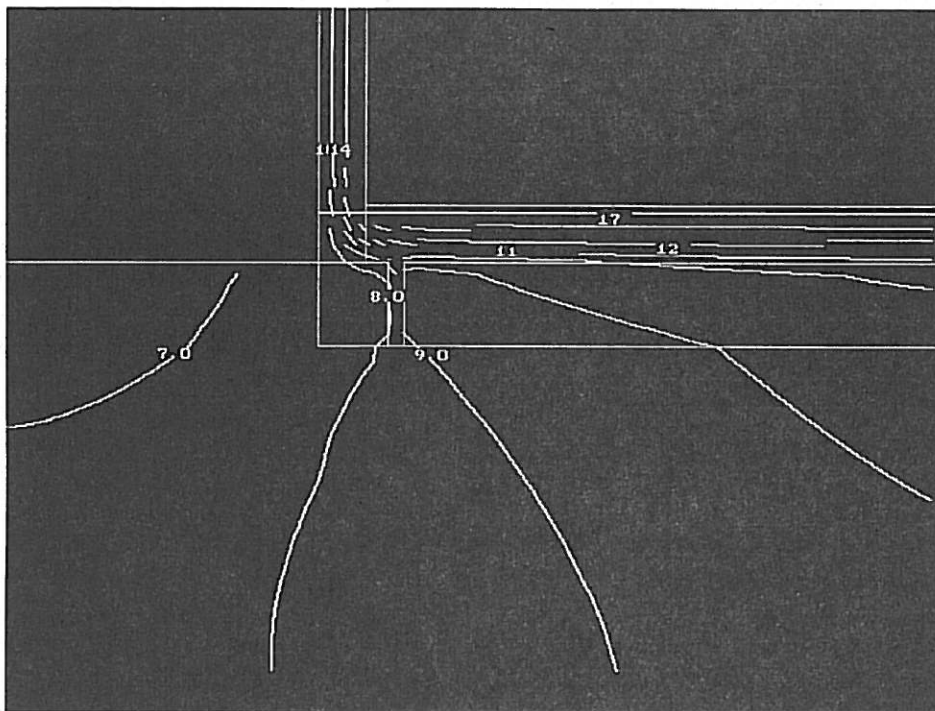


Fig. 1.6.3 b. Beliggenhet av isothermene når det er brukt en 50 mm tykk ringmursisolasjon.

### *U-verdi beregninger*

Tabell 1.6.3

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1.6.3 a.

Det er brukt 50 mm tykk ringmursisolasjon

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,159
Gjennomsnitt for gulvflaten	0.139

Beregningene viser at isolasjon av ringmuren bare gir en marginal reduksjon (1,4 %) i gulvets gjennomsnittlige U-verdi. Randsone U-verdien reduseres med 2,5 %. Sett på bakgrunn av rene energibetraktninger, vil det ikke være regningsssvarende å foreta en ringmursisolering. Årsaken i dette tilfellet til de små endringene i gulvets U-verdi ved å bruke en ringmursisolasjon, er lav ringmur og god gulvisolasjon. Imidlertid fremgår det at man får en viss endring i isothermenes beliggenhet i grunnen. Isothermenes lokale beliggenhet ved ringmuren kan være av vesentlig betydning for frostsikring av ringmuren eller vannoppstikk nær ringmuren. I dette tilfellet er planløsningen slik at det er ført opp en vannledning umiddelbart på innsiden av ringmuren. Denne plasseringen av vannoppstikket er generelt uheldig, og bør om mulig unngås. For å undersøke frostsikkerheten av dette vannoppstikket er det nødvendig å foreta beregninger under dimensjonerende klimaforhold.

## 1.7 Frostsikring av gulvkonstruksjonen og vannoppstikk

Normalt vurderes et fundaments frostsikkerhet ved å foreta varmestrømsberegninger som viser temperaturbildet i grunnen under dimensjonerende klimaforhold. Dimensjonerende forhold inntreffer gjerne på senvinteren med maksimal teledybde og lave utelufttemperaturer. Ved disse simuleringen er det viktig å ta hensyn til utfrysingsvarmen på grunn av fuktinnholdet i grunnmaterialene. Innenfor rammen av dette prosjektet er det særlig koblingen mellom forskjellige konstruksjonens U-verdi og frostsonens relative beliggenhet i grunnen for forskjellige gulvutførelser som er undersøkt. Disse forholdene kan belyses ved hjelp av todimensjonale stasjonære beregninger. Konstruksjonens absolutte frostsikkerhet må kontrolleres ved å gjennomføre mer omfattende beregninger som ligger utenfor rammen av dette prosjektet.

### 1.7.1 Beregningsgrunnlag

I beregningene er det lagt relativt konservative forutsetninger til grunn for å bestemme beliggenheten av frostsonen ved ringmuren under dimensjonerende klimaforhold.

#### *Klimaforutsetninger for Tønsberg*

Årsmiddeltemperatur	$t_m = 6,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Maksimal frostmengde	$F = 20\,000 \text{ h}^\circ\text{C}$
Laveste overflatetemperatur	$t_o = -9,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Dimensjonerende frostdybde i sand og grus	$z = 1.5 \text{ m.}$

Laveste overflatetemperatur på jordoverflaten er fastsatt under forutsetning at luftens årlige temperaturvariasjoner følger en harmonisk svingning, se fig. 1.7.1.



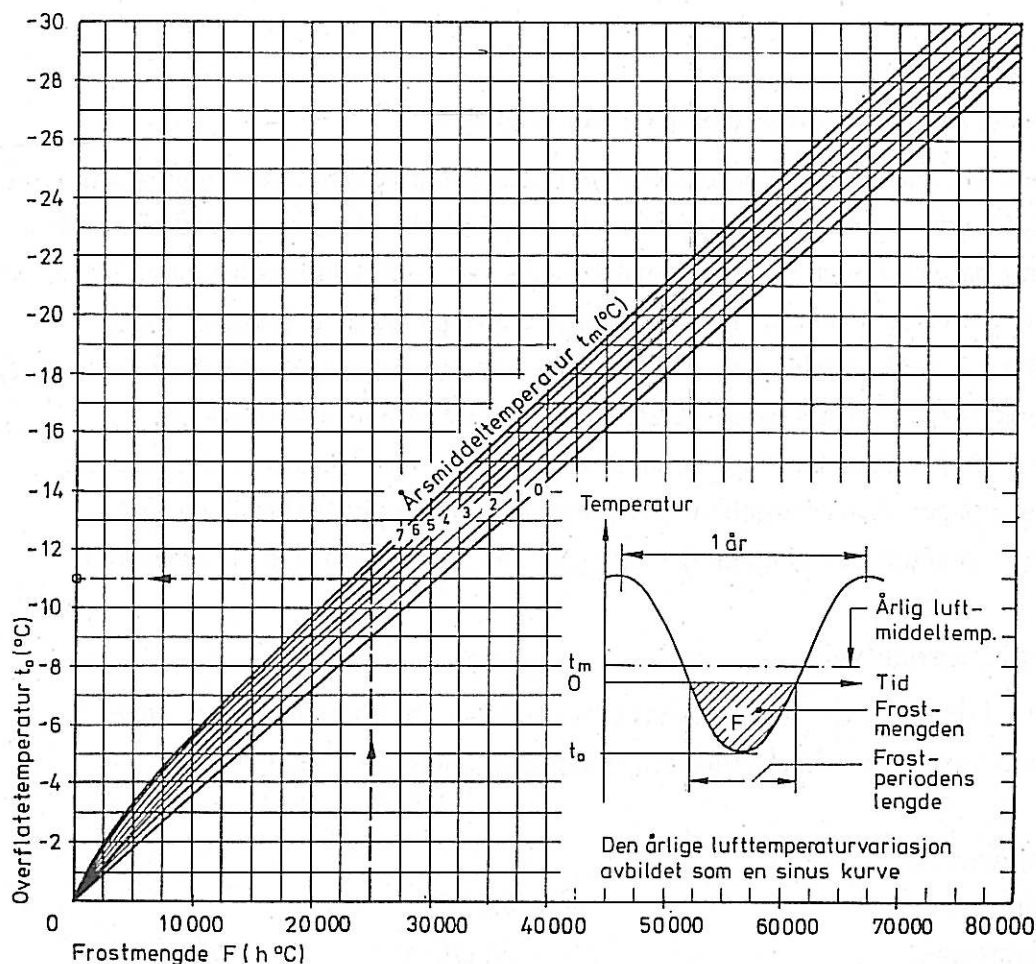


Fig. 1.7.1. Amplitudeverdien for utelufttemperaturen som funksjon av frostmengden og årsmiddeltemperaturen når variasjonene i utelufttemperaturen over året følger en harmonisk svingning

### 1.7.2 Frostsikring av vannoppstikk ved ringmuren

Forsøksboligene er fundamentert på ikke telefarlig grunn. Da man i dette tilfellet bare oppnår en marginal reduksjon i gulvets gjennomsnittlige U-verdi ved å bruke en ringmurusolasjon er denne utelatt. Med bruk av de angitte beregningsforutsetningene er beliggenheten av isotermene og spesielt frostsonen i dette tilfellet vist på fig. 1.7.2 a.

Det fremgår av fig. 1.7.2 a at uten bruk av ringmurusolasjon vil det være sannsynlig at frostsonen vil ligge betydelig innenfor ringmuren. Et vannoppstikk umiddelbart ved ringmuren vil derfor være utsatt for frost. Det er derfor nødvendig isolere ringmuren ved vannoppstikket. Figur 1.7.2 b viser beliggenheten av isotermene når ringmuren er isolert innvendig med 50 mm tykke isolasjonsplater.

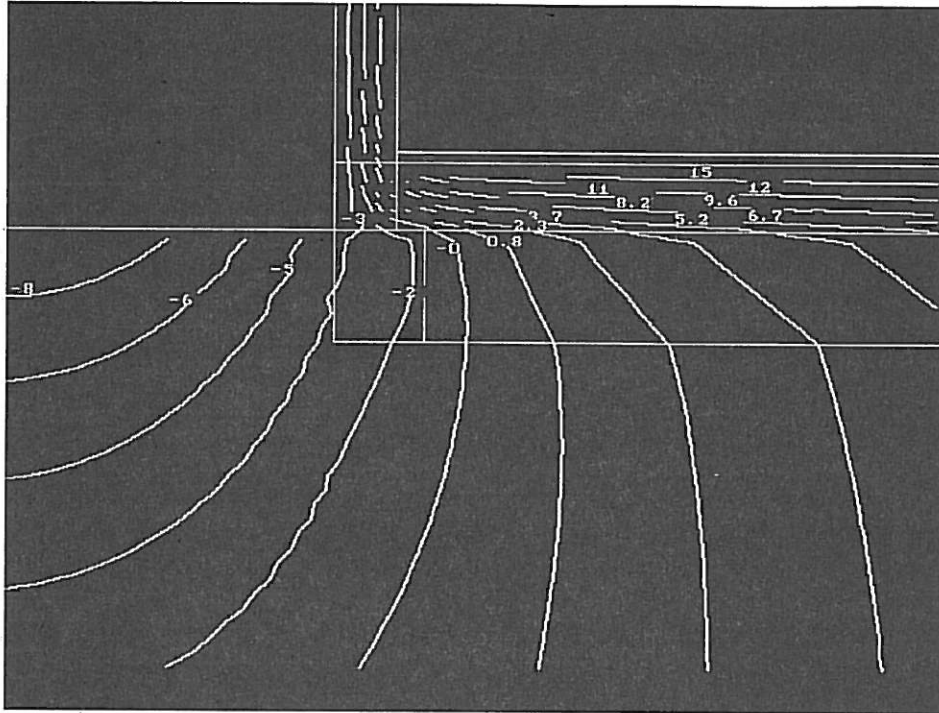


Fig. 1.7.2 a. Beliggenhet av isothermene og frostsonen i grunnen ved ringmuren for gulvkonstruksjonen fig. 1.3 a.. Det er ikke brukt ringmursisolasjon

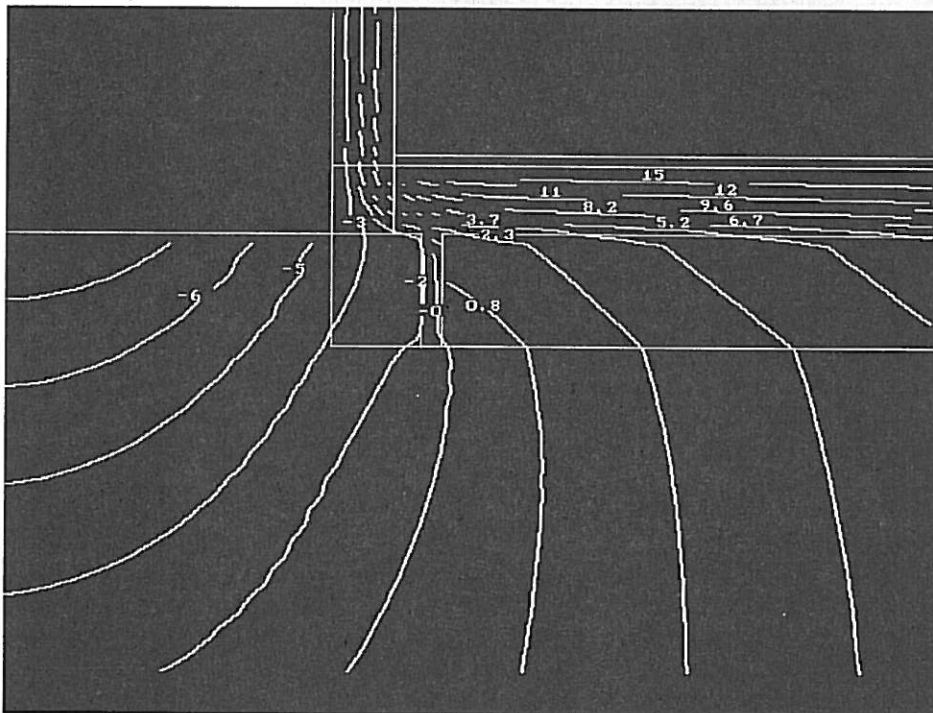


Fig. 1.7.2 b. Beliggenhet av isothermene og frostsonen når ringmuren er isolert innvendig med 50 mm tykke isolasjonsplater. Gulvisolasjonen er 150 mm

Ved å foreta en innvendig isolering av ringmuren med 50 mm tykke isolasjonsplater vil man i dette tilfellet kunne unngå at frosten trenger innenfor ringmuren. Derimot vil frosten kunne trenge under fundamentet som bare har en dybde i grunnen på 270 mm. Ved å øke ringmursisolasjonen til 100 mm som brukt i forsøksanlegget, vil frostsikringen for vannoppstikket forbedres vesentlig fordi oppstikket trekkes lengere bort fra ringmuren, se fig. 1.7.2 c. Som hovedregel bør man imidlertid unngå å la vannoppstikket komme for nær ringmuren.

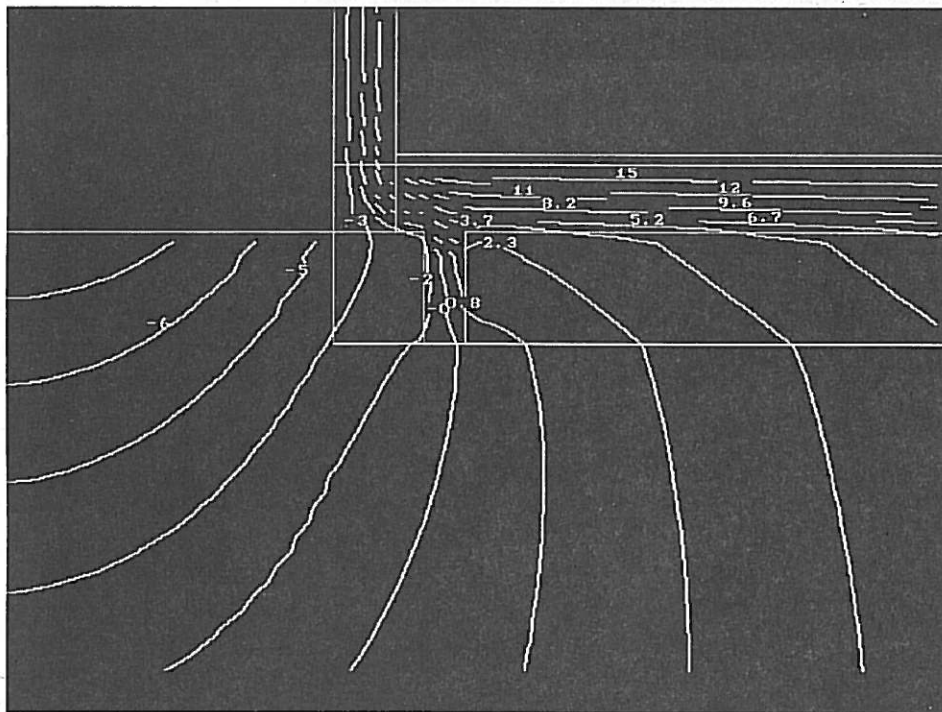


Fig. 1.7.2 c. Beliggenhet av isotermene i ikke telefarlig grunn når tykkelsen på ringmursisolasjonen er 100 mm

Gulvkonstruksjon med 60 mm gulvisolasjon og innvendig ringmursisolasjon er en normal utførelse i Tønsbergklima i telefarlig grunn. Det fremgår imidlertid av fig. 1.7.2 b og c at når gulvisolasjonen økes til 150 mm og alle kuldebroer i randsonen samtidig elimineres, fås et sterkt redusert varmetap til grunnen som gjør frostsikkerheten av ringmuren usikker.

### 1.7.3 Frostsikring av ringmuren

Hvis man ikke direkte har påvist at grunnforholdene i løsmasser ikke er telefarlig (kornfordelingsanalyse, etc.), er det riktig å anta at jordmassene generelt er telefarlig. Det betyr at det er nødvendig å foreta en spesiell frostdimensjonering av ringmuren. På grunn av vesentlig redusert varmeavgivelse fra gulvet, kan man ikke ukritisk ta i bruk tidligere utviklede dimensjoneringsregler for frostsikring av ringmuren.

### Utvendig ringmursisolasjon

I telefarlig grunn, moderat kaldt klima (Frostmengden  $F \leq 30000 \text{ h}^\circ\text{C}$ ) og normal gulvisolasjon (60 mm), er det tilstrekkelig med en innvendig eller utvendig ringmursisolasjon for å frostsikre ringmuren. Det er ikke nødvendig med frostisolering i form av en horisontal markisolasjonen utenfor ringmuren. Det er da forutsatt en fundamentdybde på 0,4 m inkludert et 100 mm tykt drengslag.

Som det fremgår av fig. 1.7.2 b og c vil en innvendig ringmursisolasjon i dette tilfellet med 150 mm tykk gulvisolasjon sannsynligvis ikke gi tilfredstillende frostsikkerhet. På grunn av ikke telefarlige grunnforhold, er dybden på ringmuren i forsøksboligene ca. 0,25 m. Selv med en fundamentdybde på 0,4 m vil denne utførelsen, på grunn av redusert varmetilførsel til grunnen, sannsynligvis ikke ha tilstrekkelig frostsikkerhet.

Det er undersøkt om en tilsvarende konstruksjonen med 150 mm gulvisolasjon og 50 mm tykk utvendig ringmursisolasjon gir en større sikkerhet mot frost. Den konstruksjonen som er beregnet er vist på fig. 1.7.3 a. Dybden på ringmuren er her økt til ca. 0,35 m. Det er brukt samme tilnærmede beregningsforutsetninger som i de foregående eksemplene.

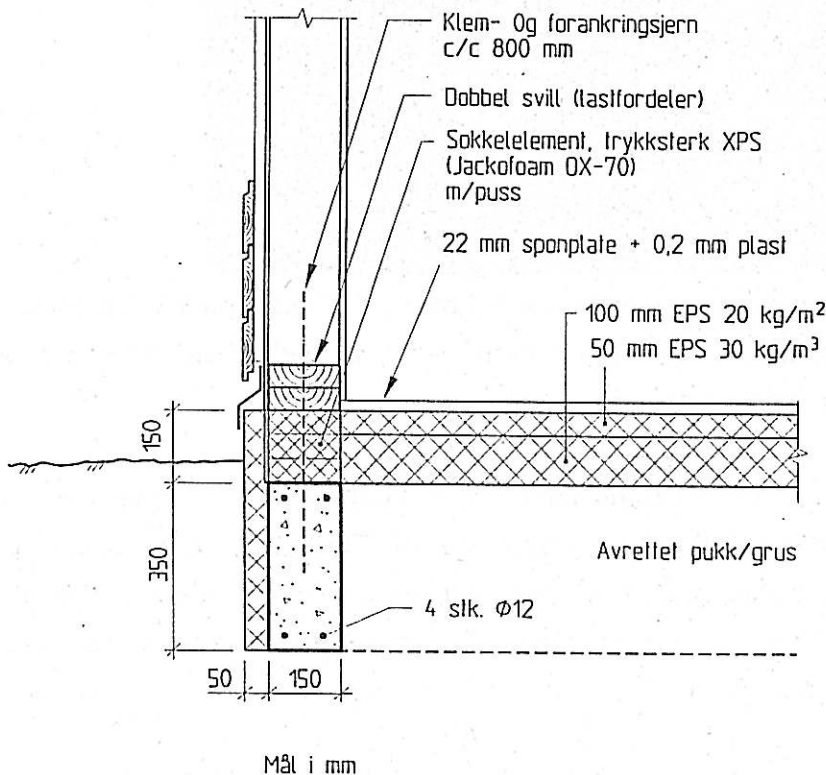


Fig. 1.7.3 a. Prinsippskisse. Snitt av ringmuren med 50 mm tykk utvendig ringmursisolasjon. Gulvisolasjonen er 150 mm. Fundamentdybden er ca. 350 mm

Figur 1.7.3 b viser beliggenheten av isotermene når det er brukt en utvendig ringmursisolasjon. Det fremgår her at konstruksjonen er noe bedre når det gjelder frostsikkerhet enn når det brukes en innvendig ringmursisolasjon. Imidlertid vil heller ikke en utvendig ringmursisolasjon forhindre at frostsone trenger gjennom ringmuren. Med de benyttede beregningsforutsetningene vil også denne ringmurløsningen være frostutsatt.

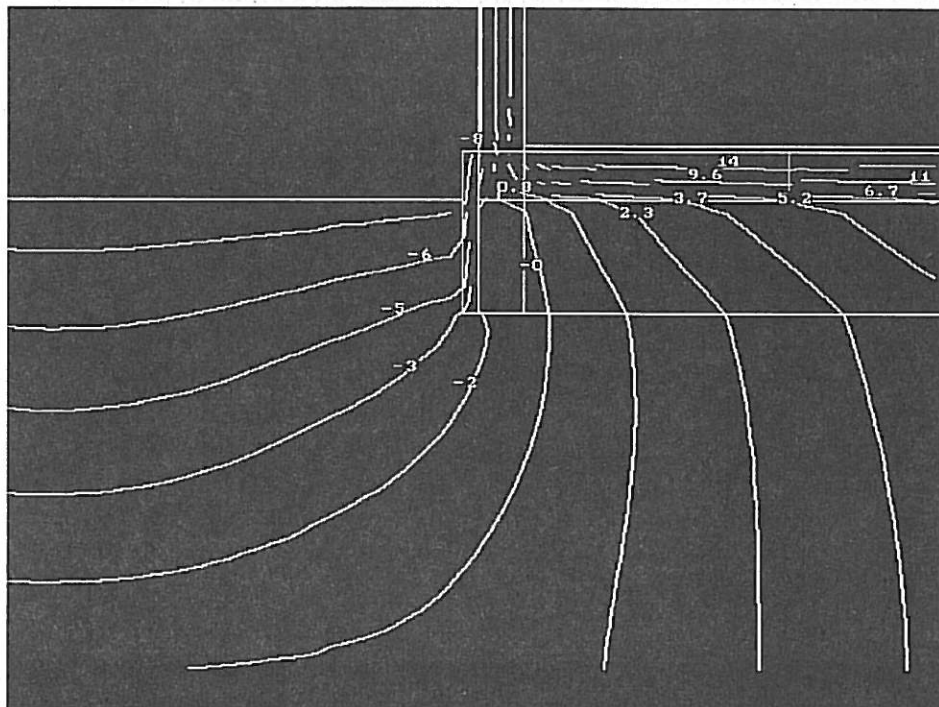


Fig. 1.7.3 b. Beliggenhet av frostsone under dimensjonerende klimaforhold når det bare brukes 50 mm tykk utvendig ringmursisolasjon. Det er forutsatt tilnærmet dimensjonerende forhold med en frostmengde på 20 000 h°C (Tønsbergklima)

Når varmen fra gulvet til grunnen reduseres ved å øke isolasjonsstykkelsen, kan det altså være nødvendig med ytterligere frostsikring av ringmuren. En effektiv metode i denne sammenhengen er å bruke en horisontal markisolasjon. Dette er tiltak som er nødvendig i kalde bygninger eller bygninger i meget kaldt klima. Utvendige hushjørner, der man har en tredimensjonal varmemestrøm, er enda mer utsatt enn langveggene.

Et interessant spørsmål er om denne tilleggisolasjonen kan utføres slik at den også kan bidra til å redusere gulvets U-verdi. For å kunne gi svar på dette er det nødvendig å se på koblingen mellom gulvets U-verdi og frostsikring.

### *U-verdi beregninger*

Det er foretatt en U-verdi beregning av gulvkonstruksjonen vist på fig 1.7.3 b. Det er brukt samme beregningsmetode som beskrevet tidligere. Figur 1.7.3 c viser beliggenheten av isothermene i grunnen som er brukt som grunnlag for de aktuelle U-verdi beregningene.

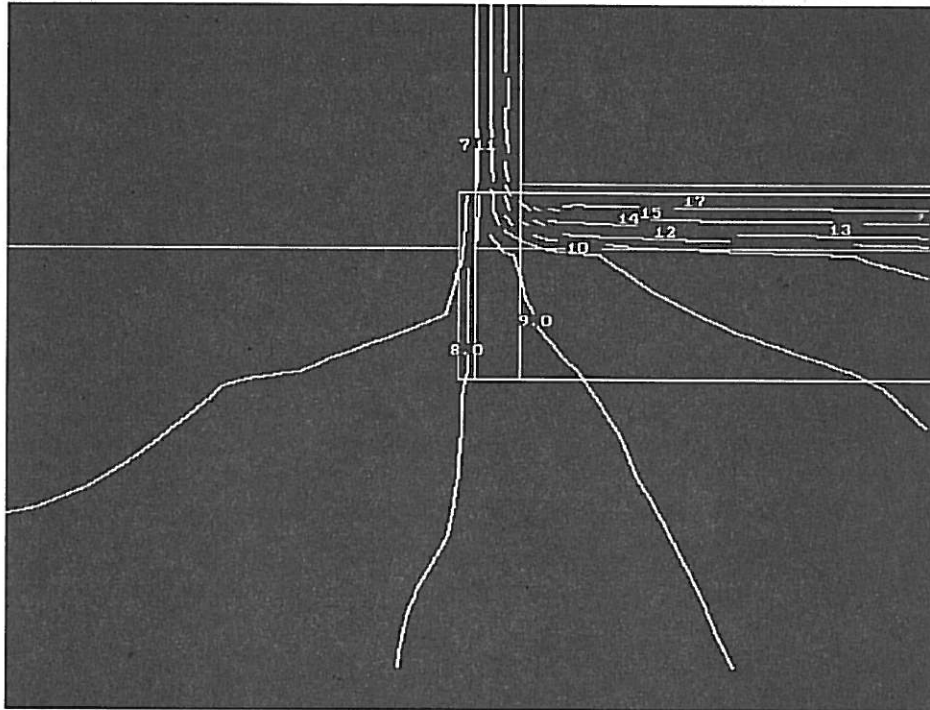


Fig. 1.7.3 c. Beliggenheten av isothermene i grunnen som grunnlag for U-verdi beregninger for gulvkonstruksjonen med utvendig ringmursisolasjon uten markisolasjon

Tabell 1.7.3 a angir U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1.7.3 a med utvendig ringmursisolasjon. For å kunne sammenlikne helt like konstruksjoner er det også utført U-verdi beregning av tilsvarende konstruksjon som vist på fig 1.7.3 a, uten og med 50 mm innvendig ringmursisolasjon, se fig. 1.7.3 d.

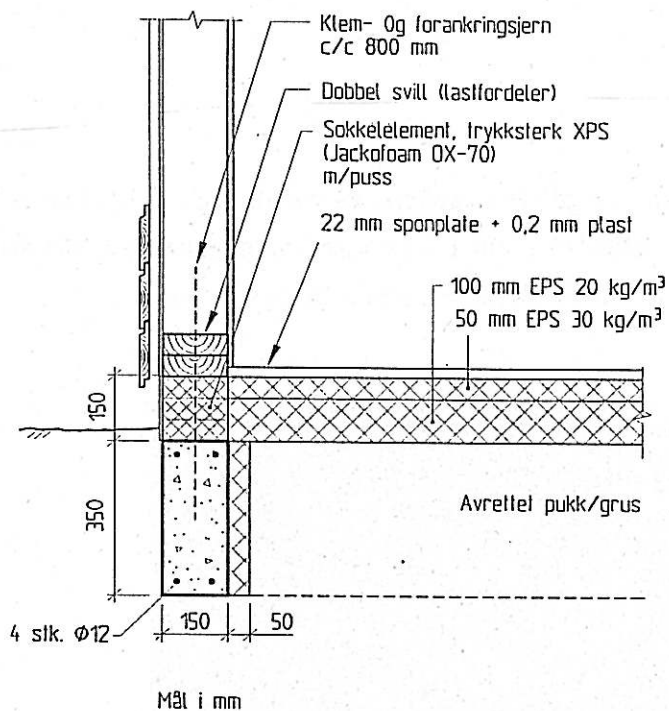


Fig. 1.7.3 d. Prinsippskisse. Snitt av ringmur med 50 mm tykk innvendig ringmursisolasjon. Gulvisolasjonen er 150 mm. Fundamentdybden er ca. 350 mm

Tabell 1.7.3 a

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1.7.3 a med utvendig ringmursisolasjon

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,153
Totalt for gulvflaten	0,135

Tabell 1.7.3 b

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1.7.3 d med innvendig ringmursisolasjon

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,157
Totalt for gulvflaten	0,137

Tabell 1.7.3 c

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1.7.3 a uten ringmursisolasjon

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,164
Totalt for gulvflaten	0,140

Som vist tidligere oppnår man en relativt beskjeden reduksjon i gulvets gjennomsnittlige U-verdi ved å bruke en inn- eller utvendig ringmursisolasjon. Det er noe gunstigere å bruke en utvendig ringmursisolasjon som er trukket noe høyere opp i konstruksjonen. Det fremgår imidlertid også at denne tilleggisolasjonen sannsynligvis ikke er tilstrekkelig til å gi ringmuren tilfredstillende frostsikkerhet med de aktuelle klimaforutsetningene. En effektiv måte å frostsikre konstruksjonen er da å bruke en horisontal markisolasjon utenfor ringmuren.

### ***Utvendig ringmursisolasjon med markisolasjon***

Figur 1.7.3 e viser gulv på grunnen løsningen fig. 1.7.3 a der er det brukt en utvendig ringmursisolasjon og en 500 mm bred markisolasjon. Isolasjonstykkelsen for både ringmur- og markisolasjonen er 50 mm.

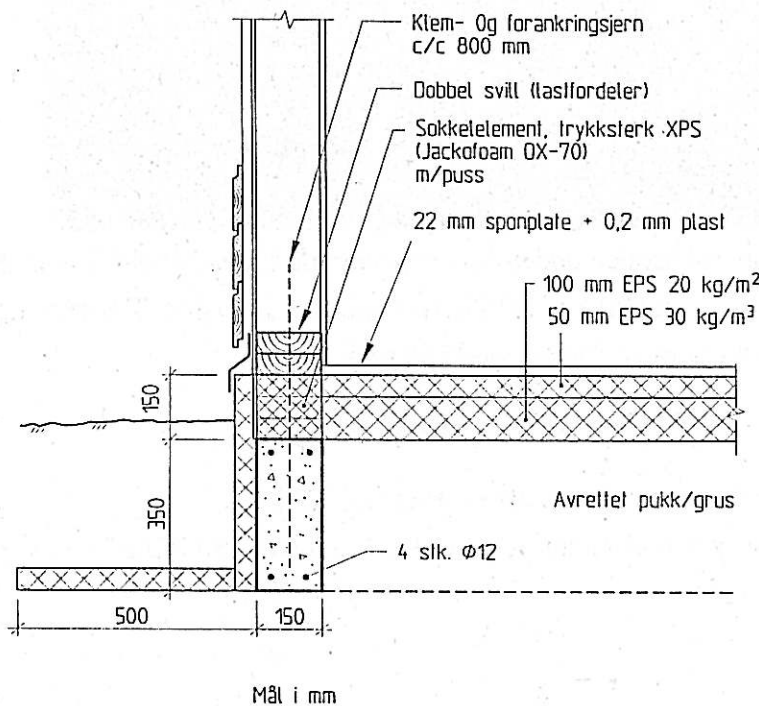


Fig. 1.7.3 e. Prinsippkisse. Gulv på grunnen med utvendig ringmursisolasjon og markisolasjon

Vi har foretatt tilsvarende beregninger som tidligere for å fastlegge frostsoneens beliggenhet under dimensjonerende klimaforhold, se fig. 1.7.3 f. I dette tilfellet vil frostsoneen ligge godt utenfor ringmuren. Beregninger viser at bredden på den horisontale markisolasjonen kan reduseres til 0,3 m og allikevel gi ringmuren tilfredstillende frostsikkerhet. Det fremgår av fig. 1.7.3 f at en relativt beskjeden markisolasjon er meget effektiv når det gjelder å trekke frostsoneen bort fra ringmuren.



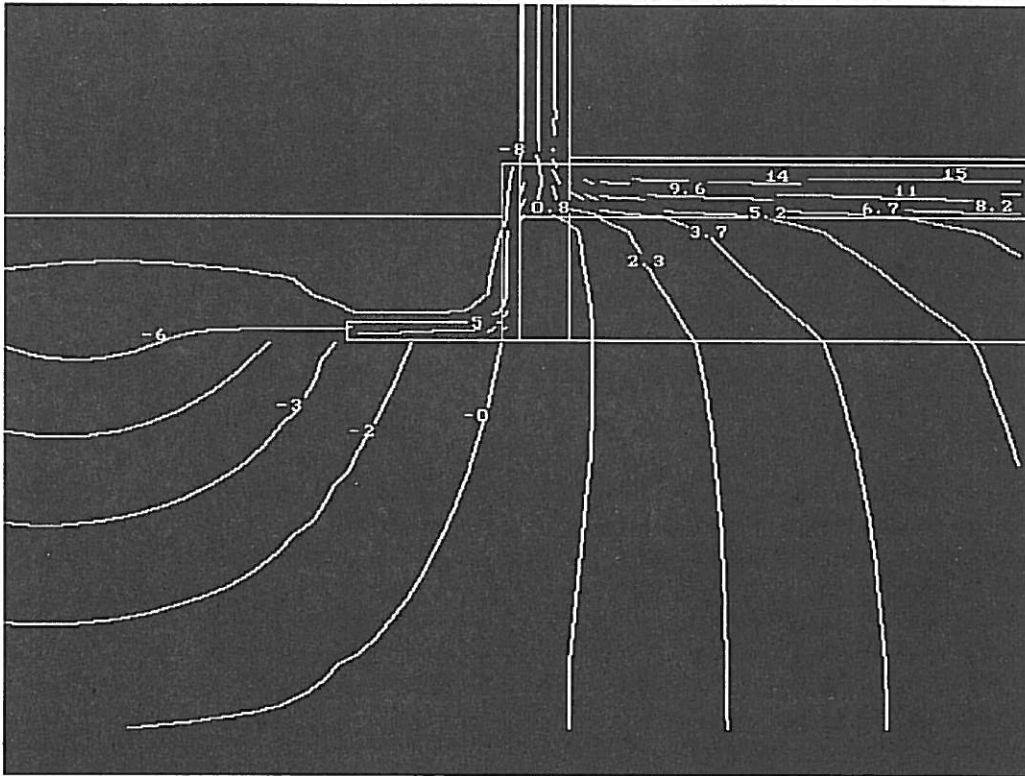


Fig. 1.7.3 f. Beliggenhet av frostsonen under dimensjonerende klimaforhold. Det er brukt en utvendig ringmursisolasjon og en 500 mm bred horisontal markisolasjon. Tykkelsen på ringmur- og markisolasjonen er 50 mm og gulvisolasjonen 150 mm

#### *U-verdi beregninger*

Tabell 1.7.3 g viser U-verdien for gulvkonstruksjonen fig. 1.7.3 e.

Figur 1.7.3 g viser beliggenheten av isotermene som er brukt som grunnlag for U-verdi beregningene.

#### Tabell 1.7.3 g

U-verdier for en gulvkonstruksjon med markisolasjon og utvendig ringmursisolasjon, fig. 1.7.2 a

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,150
Totalt for gulvflaten	0.133

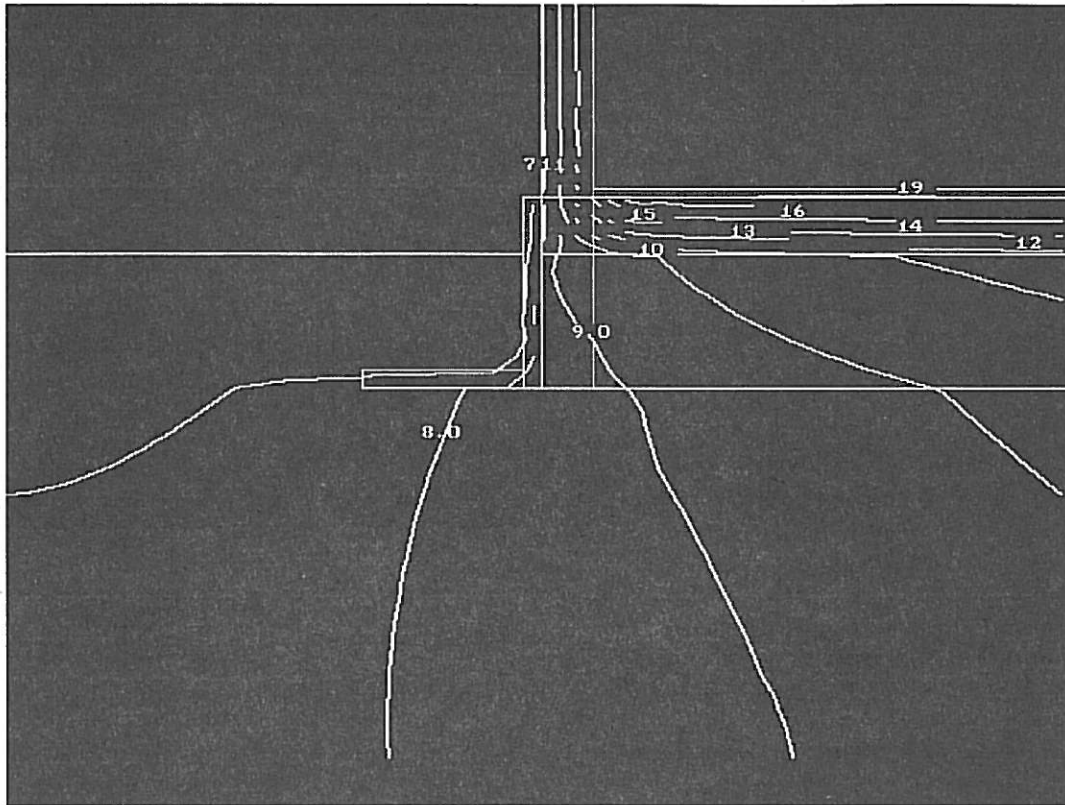


Fig 1.7.3 g. Beliggenheten av isotermene i grunnen som er brukt som grunnlag for U-verdi beregninger for gulvkonstruksjonen med utvendig ringmursisolasjon og markisolasjon

#### ***Innvendig ringmursisolasjon med markisolasjon***

Når konstruksjonen med innvendig ringmursisolasjon skal kombineres med en horisontal markisolasjon, er det nødvendig å sette ringmuren på en isolasjonsplate for å oppnå et kontinuerlig isolasjonssjikt, se fig. 1.7.3 h. Markisolasjonen må da dimensjoneres til å tåle de aktuelle belastningene. Det er som i foregående tilfellet brukt en utvendig markisolasjon med samlet bredde 700 mm der 500 mm ligger utenfor ringmuren. Tykkelsen på markisolasjonen og den innvendig ringmursisolasjonen er 50 mm. Fig. 1.7.3 i viser beliggenheten av frostsonen under dimensjonerende forhold i Tønsbergområdet.

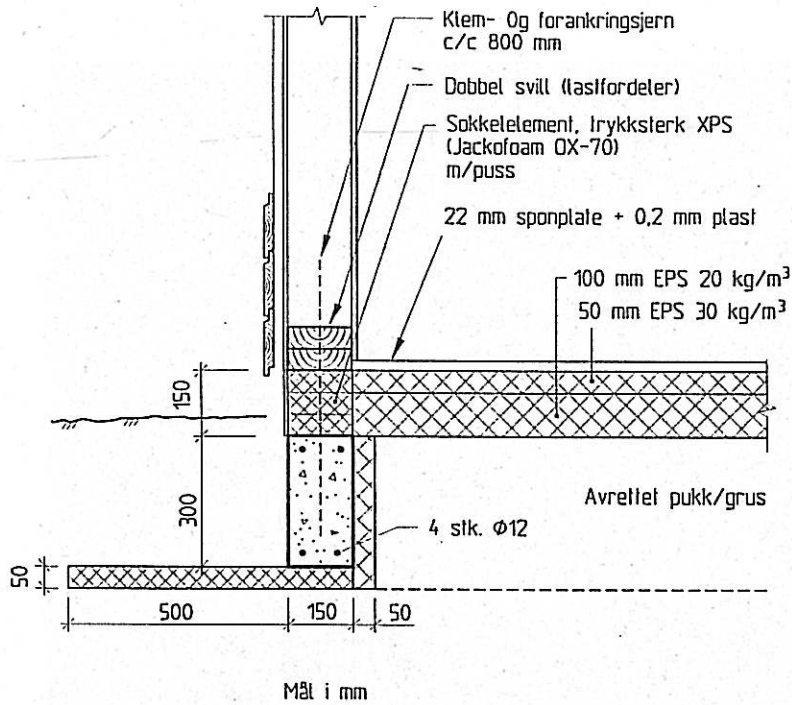


Fig. 1.7.3 h. Prinsippskisse. Gulv på grunnen med innvendig ringmursisolasjon og markisolasjon

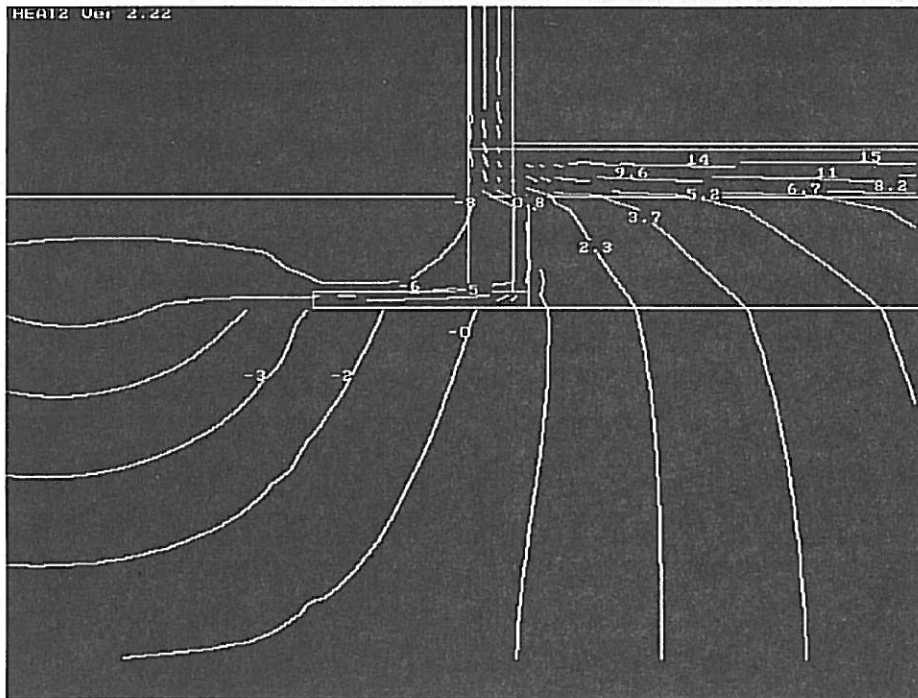


Fig. 1.7.3 i. Beliggenhet av frostsone under dimensjonerende klimaforhold. Det er brukt en innvendig ringmursisolasjon og en 700 mm bred horisontal markisolasjon der 500 mm ligger utenfor ringmuren. Tykkelsen på ringmur- og markisolasjonen er 50 mm og gulvisolasjonen 150 mm

Ved å sammenligne gulvkonstruksjonen med innvendig og utvendig ringmursisolasjon fig. 1.7.3 f og 1.7.3 i fremgår det at begge konstruksjonene er frostsikre, men at bruk av utvendig ringmursisolasjon er noe gunstigere. Konstruksjonen med innvendig ringmursisolasjon vil ha betydelige lavere temperaturer i randsonen. Det er foretatt beregninger for å undersøke hvilken innflydelse lavere temperaturer har på konstruksjonens U-verdi.

#### *U-verdi beregninger*

Det er brukt samme beregningsforutsetninger som U-verdi beregninger for utvendig ringmursisolasjon. Figur 1.7.3 j viser beliggenheten av isothermene i grunnen med innvendig ringmursisolasjon.

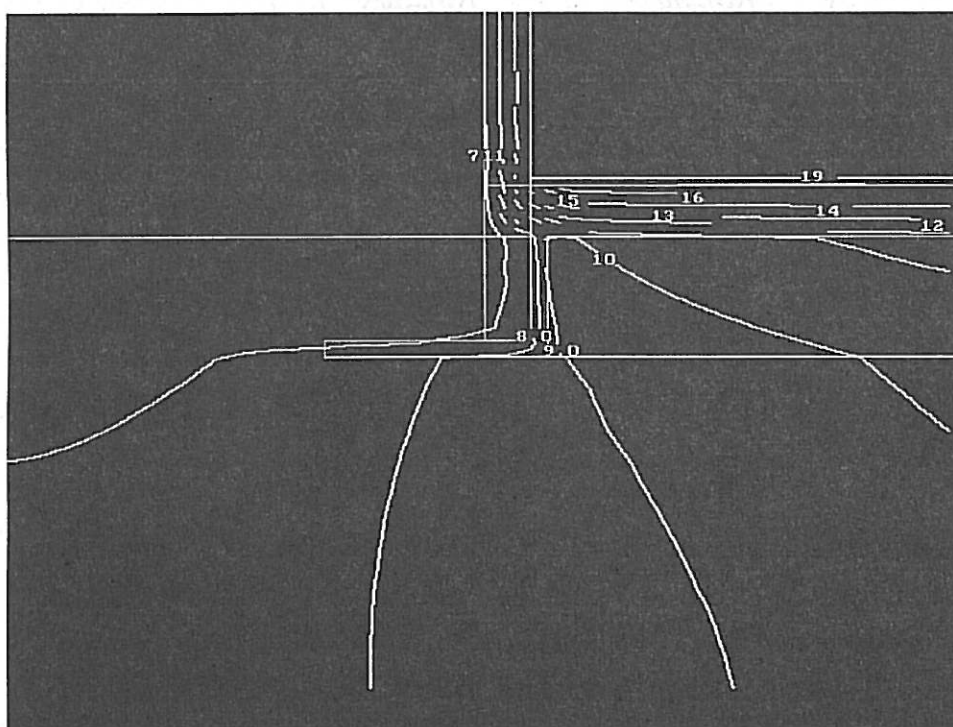


Fig. 1.7.3 j. Beliggenhet av isothermene i grunnen når det er brukt markisolasjon og innvendig ringmursisolasjon.

Tabell 1.7.3 j

U-verdier for gulvkonstruksjonen med markisolasjon og innvendig ringmursisolasjon, fig 1.7.3 h

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,154
Totalt for gulvflaten	0,135

### 1.7.4 Kobling mellom U-verdi og frostsikring

Tabell 1.7.4 gir en oversikt over U-verdier for gulv på grunnen konstruksjonen med 150 mm tykk gulvisolasjon med og uten frostisolering.

Tabell 1.7.4

U-verdier for gulv på grunnen med og uten frostisolering

Gulv på grunnen 150 mm gulvisolasjon	U-verdi randsone (W/m <sup>2</sup> K)	U-verdi gjennomsnitt (W/m <sup>2</sup> K)
Uten ringmursisolasjon	0,164	0,140
Utvendig ringmursisolasjon	0,153	0,135
" med markisolasjon	0,150	0,133
Innvendig ringmursisolasjon	0,157	0,137
" med markisolasjon	0,154	0,135

Det er tidligere vist at en utvendig ringmursisolasjon i kombinasjon med en markisolasjon gir den mest effektive frostsikringen av ringmuren. Oversikten over U-verdier i tabell 1.7.4 bekrefter at denne utførelsen også er mest effektiv når det gjelder å redusere gulvets U-verdi.

Ved å sammenligne gulvkonstruksjonen uten ringmursisolasjon som er brukt i ikke telefarlig grunn med en tilsvarende konstruksjon med utvendig ringmur- og markisolasjon fig. 1.7.3 e, fremgår det at frostisolasjonen reduserer gulvets gjennomsnittlige U-verdi med 5,3 %. Randsone U-verdien reduseres tilsvarende med 9,3 %. I telefarlig grunn med bruk av denne typen frostisolasjon kan man derfor redusere tykkelsen på gulvisolasjonen med ca. 15 mm og tilnærmet oppnå samme U-verdi som for konstruksjonen i ikke telefarlig grunn. Denne reduksjonen i gulvisolasjonen vil delvis kunne kompensere for de tilleggskostnadene man får på grunn av frostisoleringen. Det er derfor kostnadsmessig viktig at man velger en utførelse for frostisolering av konstruksjonen som gir størst reduksjon i gulvets U-verdi.

På grunn av en mer effektiv frostisolering kan bredden på markisolasjonen reduseres noe når man bruker en utvendig ringmursisolasjon. Når ringmuren skal settes på markisolasjonen kreves både en bedre planering av grunnen og mer trykkfast markisolasjon. Bruk av løsningen med utvendig ringmursisolasjon krever imidlertid at denne beskyttes mekanisk med et beslag og puss. Når man tar hensyn til at bruk av utvendig ringmursisolasjon gir noe lavere U-verdi og samtidig gir en mer

effektiv frostsikring, vil denne utførelsen totalt sett sannsynligvis være den mest kostnadseffektive løsningen. En utførelse med bruk av utvendig ringmursisolasjon egner seg godt for et prefabrikkert ringmurselement.

Når man bruker vesentlig bedre gulvisolasjon enn det som er vanlig i dag, krever dette forsterket frostisolering av ringmuren for gulv på grunnen i telefarlig grunn. Selv på steder med relativt moderat frostbelastning kan det være nødvendig å bruke en horisontal markisolasjon. Bredden på denne markisolasjonen vil variere, avhengig gulvisolasjon, klima og utførelse. I dette tilfellet med utvendig isolasjon og Tønsbergklima, vil bredden på markisolasjonen kunne være relativt beskjeden f.eks. 250 mm. Det er viktig å velge en utførelse som krever minst mulig bredde på markisolasjonen. Tabell 1.7.4 viser at markisolasjonen bare har beskjeden innvirkning når det gjelder å redusere gulvets U-verdi. Ved å bruke en utvendig ringmursisolasjon og 0.5 m bred markisolasjon, oppnår man bare en reduksjon når det gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for gulvet på 1,5 %. U-verdien i randsonen reduseres med 2,0 %. Man vil derfor ikke kunne kompensere for tilleggskostnadene for markisolasjonen ved redusert energibehov. For områder med moderat frostbelastning må markisolasjonen derfor regnes med som en ekstra kostnad. Det er derfor viktig å gjennomføre et mer omfattende beregningsprogram for å optimalisere gulv på grunnen konstruksjonen med henblikk på frostsikring og U-verdi.

## 2 KONVENSJONELL GULVKONSTRUKSJON

### 2.1 Beskrivelse av konstruksjonen som er brukt som referanse

Figur 2.1 a viser en tradisjonell utførelse av gulvkonstruksjonen. Denne gulvkonstruksjonen er brukt for de øvrige boligene i forsøksfeltet og vil danne grunnlaget for kostnadsvurderinger. Alle boligene i området er av samme type, 1½ etasjes frittstående eneboliger i Husbankstørrelse. Ringmuren har i dette tilfellet en innvendig isolering, og gulvisolasjonen har en tykkelse på 60 mm.

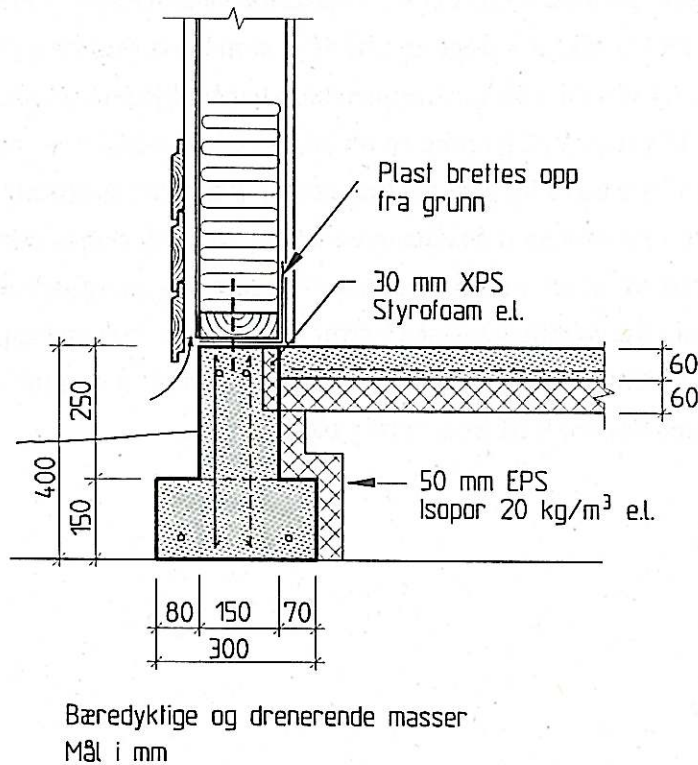


Fig. 2.1 a. Eksempel på en tradisjonell utforming av gulvkonstruksjonen

Som det fremgår av fig. 2.1 a er det selv i ikke telefarlig grunn vanlig å foreta en innvendig isolering av ringmuren. På grunn av relativt beskjeden gulvisolasjon (60 mm), vil ringmursisolasjonen være vesentlig for gulvets U-verdi. Bruk av pukk innenfor ringmuren vil ha betydning for varmetapet fra gulvet. Da utførelsen er forutsatt brukt i ikke telefarlig grunn, er ringmurens dybde bare 220 mm. Normalt vil en isolert ringmur i telefarlig grunn ha en dybde på 300 mm. I tillegg kommer et drenslag på 100 mm som gir en minste fundamentdybde i telefarlig grunn på 400 mm.

Det er foretatt beregning av frostsonens beliggenhet for ringmursløsningen fig. 2.1 a, med samme beregningsforutsetninger som tidligere eksempler, se fig. 2.1 b.

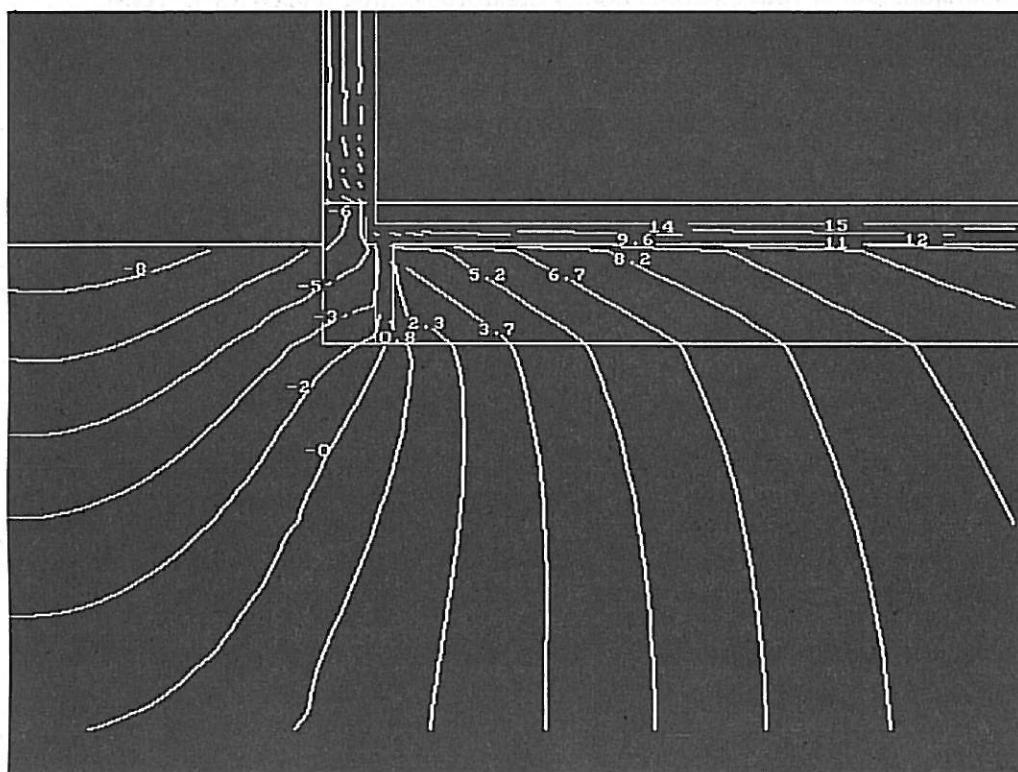


Fig. 2.1 b. Beliggenhet av frostsonen under dimensjonerende klimaforhold for gulvkonstruksjonen vist på fig. 2.1 a. Frostmengden er 20 000 h°C.

Den viste løsningen med redusert fundamentdybde vil ligge på grensen når det gjelder frostsikkerhet. Med en samlet fundamentdybde på 400 mm vil konstruksjonen imidlertid være frostsikker. Det er vanlig å regne at en gulv på grunnen konstruksjon er frostsikker når  $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  isotermer ligger ca.  $1/3$  av ringmursbredden innenfor ytre nedre kant av ringmuren inkludert et dreislagslag. Ved bruk av normal gulvisolasjon (50 - 60 mm) og innvendig ringmurisolasjon, er det derfor viktig at ringmuren ikke er for grunn når grunnen er telefarlig.

Det må igjen tas det forbehold at de utførte beregningene relativt konservative og må ved dimensjonering kontrolleres ved ikke stasjonære beregninger. I dette tilfellet er det særlig den relative forskjellen mellom konstruksjonene og varmetapet fra gulvet som er av interesse. For kostnadsvurderingene er det også viktig at konstruksjonene er direkte sammenlignbare.



### U-verdi beregninger

Figur 2.1 c viser plassering av isotermene i grunnen med konvensjonell oppbygd ringmur med innvendig ringmursisolasjon. Det er brukt samme beregningsforutsetninger som for U-verdi beregninger av gulvet i forsøkshuset.

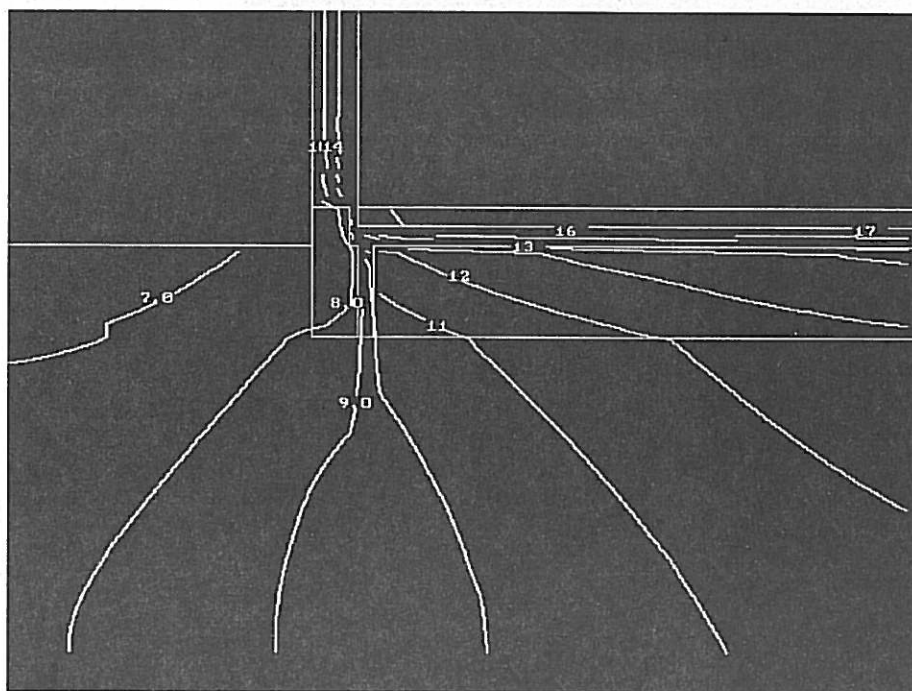


Fig. 2.1 c. Plassering av isotermene i grunnen for gulvkonstruksjonen fig. 2.1 a.  
Beregningsgrunnlaget for tilnærmede U-verdi beregninger

Tabell 2.1 a.

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 2.1 a

Grus innenfor ringmuren

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,335
Totalt for gulvflaten	0.262

Tabell 2.1 b.

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 2.1 a

Pukk innenfor ringmuren

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,317
Totalt for gulvflaten	0.245

Det fremgår av U-verdi beregningene at den konvensjonelle konstruksjonen har noe dårlig randsonenisolasjon. Den gjennomsnittlig U-verdien som danner grunnlaget for varmetapsberegninger er imidlertid vesentlig lavere. Det fremgår også at det har stor betydning for gulvets varmetap å bruke pukkmasser innenfor ringmuren med lav varmeledningsevne. I dette tilfellet reduserer gulvets gjennomsnittlige U-verdi med ca. 7.0 %.

De gjeldende byggeforskriftene setter krav til U-verdi for gulv på grunnen konstruksjonen. De angitte kravene ( $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  i henhold til NS 3031) gjelder for et 1 m bredt randfelt langs yttervegg og som gjennomsnitt for hele gulvet. Nye forskrifter som er på trappene vil ytterligere skjerpe disse kravene. Karakteristisk for mange konvensjonelle gulv på grunnen utførelser er den relativt store forskjellen på gulvets gjennomsnittlige U-verdi og randsones U-verdien. Det må derfor legges stor vekt på å unngå kuldebroer i husets randsoner.

## 2.2 Alternativ utførelse av en konvensjonell gulv på grunnen løsning

Figur 2.2 a viser en alternativ utførelse av en konvensjonell gulvkonstruksjon. Denne konstruksjonen er utviklet på bakgrunn av gjeldende byggeforskrifter og krav til frostsikring. Fundamentdybden inkl. drensag er 400 mm.

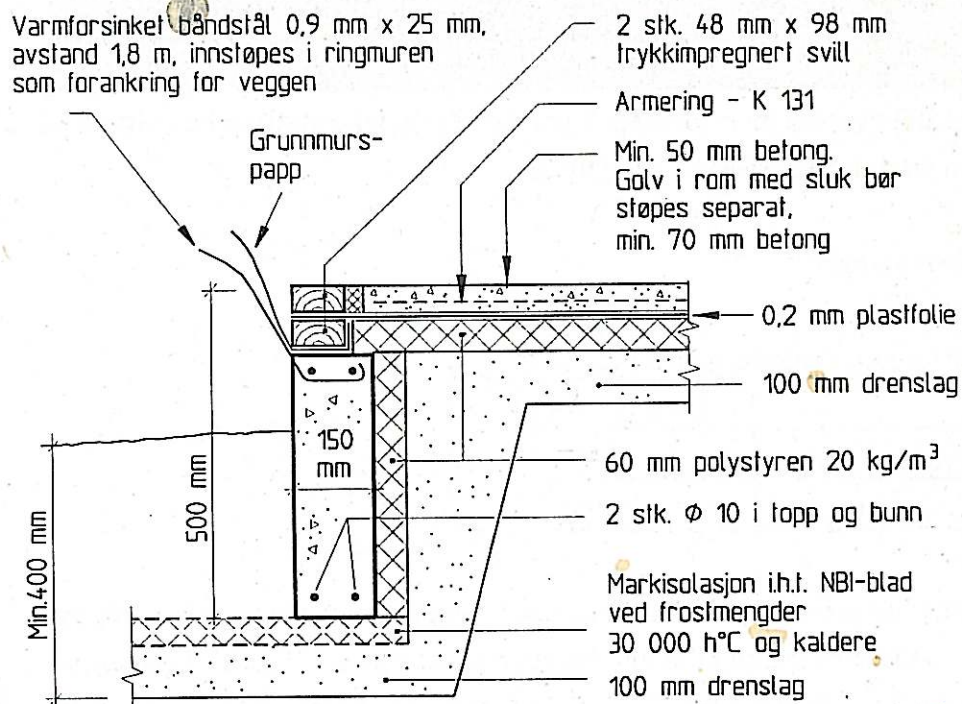


Fig. 2.2 a. Tradisjonell gulv på grunnen konstruksjon utført etter dagens krav til U-verdi og frostsikring

Figur 2.2 b viser beliggenheten av isotermene i grunnen som er brukt som grunnlag for U-verdi beregninger for gulvkonstruksjonen i fig. 2.2 a.

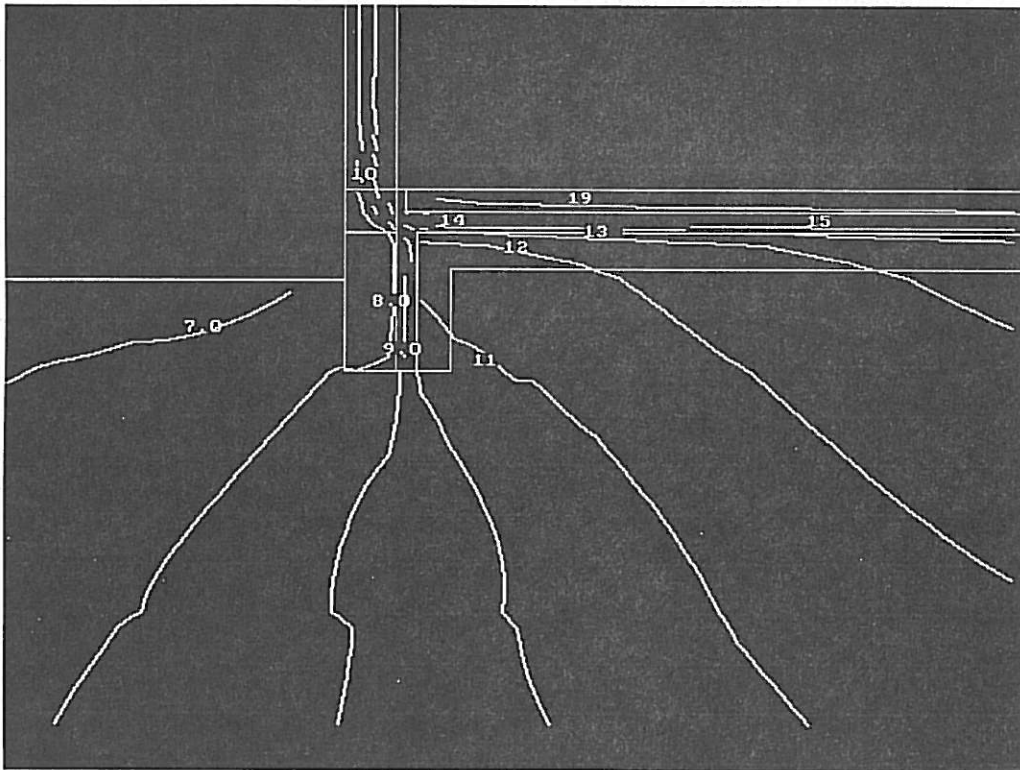


Fig. 2.1 e. Beliggenhet av isotermene i grunnen for gulvkonstruksjonen vist på fig. 2.1 d som er brukt som grunnlag for U-verdi beregninger

### *U-verdi beregninger*

Tabell 2.2

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 2.2 a

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,307
Totalt for gulvflaten	0.240

Det fremgår her at denne gulvkonstruksjonen, med de beregningsforutsetningene som er brukt i rapporten, tilnærmet har en U-verdi i husets randsoner på 0.3 W/m<sup>2</sup>K. Gjennomsnittlig U-verdi for gulvflaten er 28 % lavere. Dette viser igjen behovet for å forbedre gulvkonstruksjonen i randsonen. Det er her ikke tatt hensyn til hjørneeffekter med tredimensjonale varmestrømsforhold. Reell U-verdi for gulvet vil derfor bli noe høyere. Generelt bør ringmuren utføres med færrest mulig utvendige hjørner.

### 3 KOSTNADSANALYSE

På Basberg byggefelt er det bygd flere like boligtyper med tradisjonell og ny gulvkonstruksjon. Dette gir oss mulighet på et realistisk grunnlag å foreta en etterkalkyle av kostnadene for de forskjellige utførelsene.

#### 3.1 Reelle kostnader for tradisjonell utførelse av gulv på grunnen med betongplate

Tabell 3.1 viser reelle kostnader for gulv på grunnen utførelsen med betongplate, fig. 2.1 a.

Tabell 3.1

Hustype "Astri - 40" U-verdi rand = 0,32 W/m<sup>2</sup>K og U-verdi gjennomsnitt = 0,25 W/m<sup>2</sup>K

Post	Beskrivelse	Mengde	Enhetspris	Sum
1	Jordledning	40 lm	3,-	120,-
2	Ringmur med isolasjon	34,72 lm	425,-	14 756,-
3	Utv. punktfundament	2 stk.	380,-	760,-
4	Pipefundament enkel	1 "	341,-	341,-
5	Innv. punktfundament	1 "	341,-	341,-
6	Ringmur bod	6,5 lm	140,-	910,-
7	Gulv bod	5,0 m <sup>2</sup>	134,-	670,-
8	Netting for varmekabler, bad	6,0 m <sup>2</sup>	16,-	93,-
9	Betongdekke inkl. bad	72,0 m <sup>2</sup>	51,-	3 672,-
10	Armering	72,0 m <sup>2</sup>	17,-	1 224,-
11	Isolasjon 60 mm EPS	72,0 m <sup>2</sup>	38,-	2 736,-
12	Plastfolie	72,0 m <sup>2</sup>	9,-	648,-
13	Avretting	72,0 m <sup>2</sup>	65,-	4 680,-
14	Fall til sluk			350,-
	SUM			31 301,-

### 3.2 Kostnader for gulv på grunnen uten betongplate

Tabell 3.2 viser reelle kostnader for gulvkonstruksjonen uten betongplate, fig. 1.3 a.

Tabell 3.2

Hustype "Astri 40" U-verdi rand = 0,16 W/m<sup>2</sup>K og U-verdi gjennomsnitt = 0,14 W/m<sup>2</sup>K

	Beskrivelse	Mengde	Enhetspris	Sum
1	Jordledning	40 lm	3,-	120,-
2	Ringmur	34,72 lm	208,-	7 222,-
3	Utv. punktfundament	2 stk.	380,-	760,-
4	Pipefundament (Forsterket)	1 "	682,-	682,-
5	Innv. punktfundament	2 "	341,-	760,-
6	Ringmur bod	6,5 lm	140,-	910,-
7	Gulv bod	5,0 m <sup>2</sup>	134,-	670,-
8	Netting for varmekabler, bad	6,0 m <sup>2</sup>	16,-	93,-
9	Gulv i bad (100 mm XPS isol.)	5,8 m <sup>2</sup>	200,-	1 160,-
10	Fall til sluk			350,-
11	Arbeid med legging av gulvisol.	66,2 m <sup>2</sup>	32,-	2 118,-
12	100 mm gulvisolasjon 20 kg/m <sup>3</sup>	66,2 m <sup>2</sup>	33,60	2 224,-
13	50 mm gulvisolasjon 30 kg/m <sup>3</sup>	66,2 m <sup>2</sup>	16,89	1 112,-
14	Tillegg for korte plater	66,2 m <sup>2</sup>	12,60	834,-
15	Sokkelementene (Trykksterk isolasjon under svill)	34,72 lm	40,-	1 389,-
16	0,2 mm plastfolie	66,2 m <sup>2</sup>	9,-	596,-
17	22 mm sponplate	66,2 m <sup>2</sup>	75,-	4 965,-
18	Arbeid med montering av sokkelementet	8 timer	200 kr/time	1 600,-
19	Ekstra svill som lastforsterker	35 lm	30,-	1 050,-
20	Ekstra arbeide med grusavretting	4 timer	200 kr/time	800,-
21	Utvendig puss av sokkelement (Trykksterk isolasjon)	35 lm	35,-	1 225,-
	SUM			30 641,-

### 3.3 Kommentarer til kostnadsammenlikningen

Kostnadsoversikten viser at begge utførelser omtrent gir samme kostnad. Dette til tross for at man med den nye utførelsen nær halverer gulvets U-verdi. Prisene på ny utførelse må ses på bakgrunn at man alltid vil legge inn noen sikkerhetsmarginer i prisene i en ny uprøvet løsning. Ved mer erfaring med løsningen bør det derfor være mulig ytterligere å kunne senke kostnadene.

Når det gjelder utvendig puss av sokkelementet er dette priset med kr 35,- pr lm. Dette gir en m<sup>2</sup> pris på kr 233,-. Her vil det være vesentlig rimeligere å få pusset sokkelementene på fabikk der prisen ligger 80,- kr/m<sup>2</sup> eller kr 12,- pr lm. Når det gjelder sokkelementet er denne priset til kr 40,- pr lm. Dette svarer til en isolasjonspris på ca. kr 1 800,- pr m<sup>2</sup>. Denne prisen vil kunne bli justert noe opp avhengig av utførelsen. På grunn av en beskjeden mengde vil dette ikke bety noe vesentlig for totalkostnadene. Sannsynligvis vil et ferdig pusset sokkelement med falsede ender ligge i samme størrelsesorden som de prisene som er brukt i kostnadsoversikten.

Det er i begge tilfeller brukt støpt gulv i baderom med varmekabler. I hus med tradisjonell utførelse er det brukt 60 mm EPS-isolasjon ( $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$ ) i baderommet, mens det i den nye løsningen er brukt 100 mm XPS-isolasjon ( $\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$ ). Dette er årsaken til den høye enhetsprisen på badegulvet i den nye løsningen. Det bør imidlertid også være mulig å utføre badegulvet som en lett gulvkonstruksjon med eller uten gulvvarme, se {1}.

I to av forsøksboligene er det montert gulvvarme i entreen. Det er da brukt en type varmefolie der sponplaten er lagt på tilfarere direkte på gulvisolasjonen. Gulvisolasjonen har i dette tilfellet en tykkelse på 140 mm der de øverste 40 mm er trykksterk XPS isolasjon. Denne utførelsen er kostnadsmessig sammenlignbar med tradisjonell utførelse med varmekabler, betong og 60 mm gulvisolasjon. I tillegg er løsningen vesentlig mindre varmetreg. Man får hurtig tilført varme ved å slå på anlegget når man har et varmebehov. Det er ikke nødvendig å la gulvvarmen stå på permanent som er vanlig ved når man har et betonggulv med gulvvarme.

For forsøksboligen vil årlig energibesparelse ved å bruke den nye gulvkonstruksjonen være ca. 1200 kWh eller kr 600,- med en kWh pris på 50 øre. Når man også tar hensyn til forskjellen i anleggskostnader vil kostnadsbesparelsen over en 10 års periode ligge på ca. kr 9 100,- eller i gjennomsnitt nær kr 1 000,- pr. år. Det er da brukt en rentesats på 6,0 %. I tillegg vil beboerne få et gulv med betydelig høyere overflatetemperatur i husets randsoner. I rom med hurtig varierende lufttemperaturer f.eks soverom, vil man på grunn av en lett gulvkonstruksjon få et gulv der overflatetemperaturen nær følger lufttemperaturen. Dette i motsetning til et tregt betonggulv der

overflatetemperaturen instiller seg på en gjennomsnittstemperatur over døgnet som i et soverom med lave nattemperaturer kan ligge på ca. 15 °C.

En annen viktig faktor i moderne husbygging er tidsfaktoren. Ved rasjonell boligbygging vil produksjonstiden for en enkel husbankbolig kunne ligge på ca. 5 uker. Bruk av betonggulv og tett gulvbelegg vil da kunne representere et flaskehals i boligproduksjonen. Denne flaskehalsen kan man unngå ved å bruke en lett gulvkonstruksjon uten betongdekke. Når det skal legges et tett gulvbelegg som vinyl, linoleum, kork el. på betong må denne tørke ut til et fuktnivå tilsvarende 90 % RF. Ved bruk av gulvvarme og tett gulvbelegg bør fuktnivået i betongen helst ned på 60 % RF for å unngå problemer. I praksis betyr dette en uttørkingstid på fra 4 til 8 uker før man kan legge gulvbelegget. Tørring av byggfukt krever oppvarming og ventilasjon eller bruk av avfuktningsaggregater. Dette krever tilskudd av energi. Forsert uttørking gir skader (svinnsprekker), og må derfor unngås. Uttørkingen tar derfor sin tid. Avfuktningsaggregater gir den minst energikrevende uttørkingen. Bruk av avfuktningsaggregater forutsetter at bygningen er tett noe som ofte krever tilleggsarbeider.

For at kostnadssammenlikningen mellom en tradisjonell og en lett gulvkonstruksjon skal være fullstendig er det derfor nødvendig også å ta med kostnadene til uttørkning av betonggulvet. Da uttørkningen vil være avhengig av tykkelsen på betongplaten, betongkvaliteten og lokale klimatiske forhold, vil tilleggskostnadene for uttørking variere sterkt. Det er derfor vanskelig å anslå disse kostnadene som i tillegg til rene energikostnader også vil omfatte leie av utstyr, tilleggsarbeider, problemer med tilgjengelighet etc. som må fastlegges i hver enkelt tilfelle. Det er ikke uvanlig at man undervurderer de problemene som en mangelfull uttørking av betongdekket representerer og som kan resultere i betydelig følgeskader.

#### 4 MONTERINGSERFARINGER

Et avgjørende punkt ved den nye fundamentløsningen er kravet til god avretting av ringmurskronen og pukkk/gruslaget innenfor ringmuren før legging av isolasjonen. Det viste seg at denne avrettingen ikke skapte problemer og bare førte til beskjedne tilleggsarbeider i forhold til en normal utførelse. Ved bruk av vesentlig store isolasjonsplater med fals, vil det være tilstrekkelig å oppfylle de krav for avretting av bærelaget som er angitt i NS 3420 toleranseklasse 1. Det tillates her et overflateavvik på 8-12 mm målt langs en rett linje mellom to punkter på overflaten med 3 meters avstand. Da forsøksboligene bare har en veggbredde på 150 mm, er det som ekstra sikkerhet brukt dobbelt svill som lastfordeler. Svillens totale høyde er 72 mm. Det har da vært nødvendig vesentlig på grunn av svinn i svillen å etterspenne forankringsboltene. Dette er forøvrig et kjent problem ved bruk av tresviller. Da en lavenergibolig generelt vil ha veggykkelser på 200 mm samtidig som de største punktlastene er ført direkte ned i ringmuren med en betongkjerne, bør det vurderes om det ikke er tilstrekkelig med bruk av en enkelt 48 mm høy svill. Alternativt kan det brukes en spesialsvill med kuldebrobryter. På grunn av isolasjonens store stivhet er det relativt lite man kan høydejustere svillen ved å forspenne forankringsboltene. Skivene under muttrene vil da bare trekkes inn i treverket.

Et annet forhold som ble påpekt av byggeleder var at det under oppsetting av ytterveggene ikke kunne bruke midlertidige skråavstivninger, som normalt festes i betonggulvet. Forøvrig skapte fundamentløsningen ingen spesielle problemer i anleggsperioden.

Den store praktiske fordelen med gulvkonstruksjonen er å slippe uttørking av et betonggulv før legging av tett gulvbelegg. I dette tilfellet er det i det vesentlige brukt tett gulvbelegg som er limt til sponplatene. Det er viktig å ha lukket, eventuelt oppvarmet bygg før man legger gulvplatene for å unngå oppfuktning av sponplatene. Man kan da bruke sponplater i vanlig kvalitet uten spesiell fuktbestandighet.

#### 5 KLARGJØRING FOR TEMPERATURMÅLINGER

For å ha mulighet for å kunne etterprøve beregningsgrunnlaget er det lagt inn enkelte temperaturfølere for senere temperaturmålinger. På grunn av relativt varmetreg konstruksjon, er det bare behov for sporadiske temperaturmålinger. Temperaturfølerne er plassert i tilknytning til nordveggen på boligtypen "Astri-38". Temperaturer skal registreres i hushjørne, og på husets langvegg. Temperaturer i nærheten av ringmuren skal registreres der det ikke er brukt innvendig ringmursisolasjon og i tilknytning til vannoppstikk der det er tilleggsisolert med 100 mm innvendig ringmursisolasjon, se fig. 5 a.



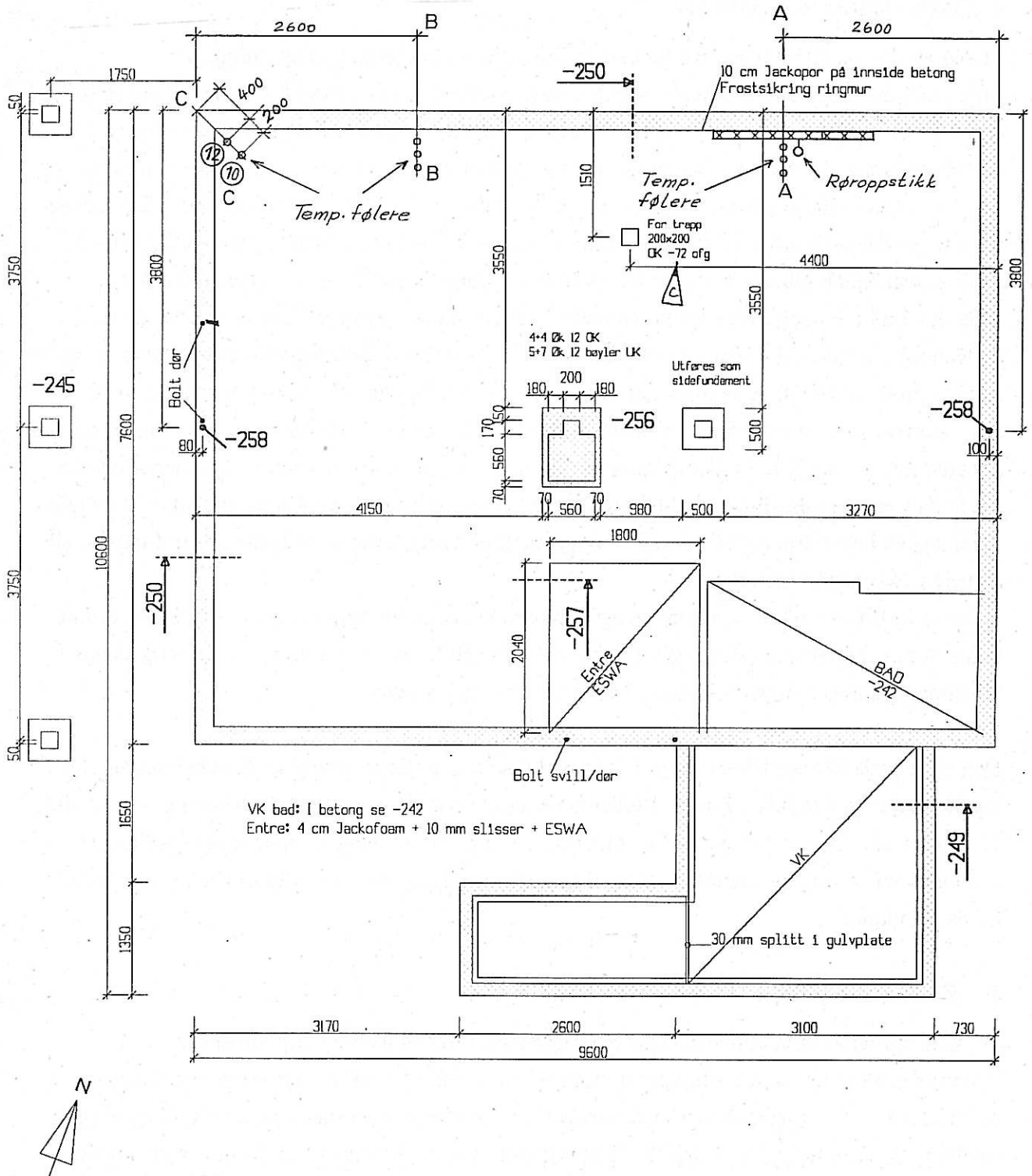
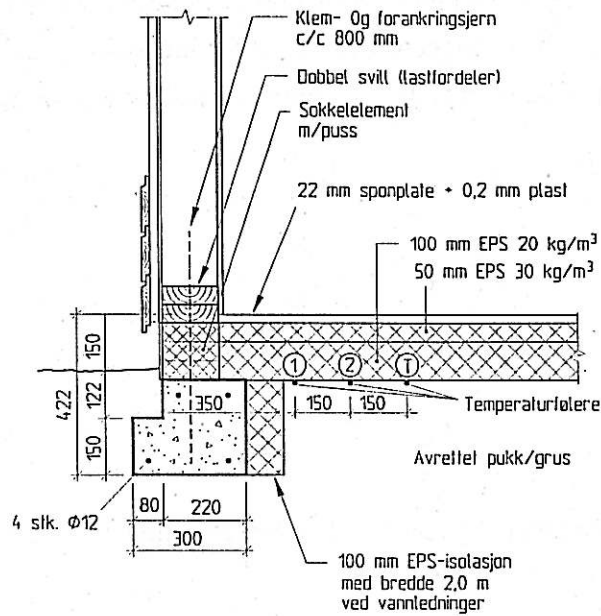
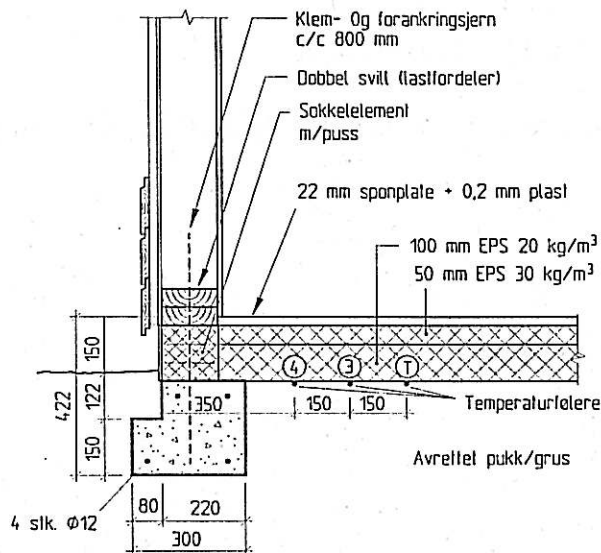


Fig. 5 a. Plassering av temperaturfølere i planen for boligen "Astri-38".

Temperaturfølerne er plassert umiddelbart i overgangen gulvisolasjon og gulvgrus. Denne plasseringen er delvis valgt av enkelhetsgrunner da det var nødvendig å bore inn temperaturfølerne etter at huset var ferdig. Figur 5 b viser et snitt av ringmuren med temperaturfølere.



Snitt A - A  
Alle mål i mm



Snitt B - B  
Alle mål i mm

Fig. 5 b. Snitt av ringmuren med plassering av temperaturfølere

## 6 VURDERING AV DEN FERDIGE GULVKONSTRUKSJONEN

Det er foretatt en subjektiv vurdering av gulvkonstruksjonen etter at denne var ferdig. Over sponplaten er det brukt vanlig tett gulvbelegg. Gulvet er meget behagelig å gå på og virker kompakt uten merkbar svikt. Tett gulvbelegg direkte på betonggulv føles til sammenlikning vesentlig mer massivt. Gulvet i entreen med gulvvarme oppfattes også å ha tilfredstillende stivhet og har en jevn overflatetemperatur. Vurderingene er foretatt før innflytning. Det vil bli foretatt intervju av beboerne ca. ett halvt år etter innflytning. Gulvets termiske egenskaper vil da også bli vurdert.

## 7 REFERANSER

1. Per Gundersen 1994: Rimelige lavenergiboliger - konseptutvikling. NBI Prosjektrapport 150
2. Per Gundersen 1994: Rimelige lavenergiboliger - varmegjenvinning. Nytt enkelt system for boligventilasjon. NBI Prosjektrapport 160
3. NBI Byggdetaljer 1993. G 472.321 Lavenergiboliger
4. NBI Byggdetaljer 1994. G 472.325 Del 1 og 11. Eksempel på lavenergibolig - Oslo klima

## BILAG 1

### 1 Ny konstruksjon brukt på Heistadtangen

På grunn av de gode erfaringene man har fått med den nye gulvkonstruksjonen er det planlagt å videreføre løsningen på enkelte boliger på Heistadtangen boligfelt. Her var det mål å komme ytterligere ned i kostnader. Man skulle samtidig utføre en gulvkonstruksjon med vesentlig lavere varmetap, og da særlig i husets randsoner, enn dagens tradisjonelle løsninger. Figur 1 a viser et snitt av ringmuren med gulvkonstruksjonen. Det er her brukt en tykkelse på gulvisolasjonen og sokkelelementet på 100 mm. Materialene i grunnen er vurdert som ikke telefarlige.

Fundamentdybden er redusert til 200 mm som må anses å være en absolutt minimumsverdi.

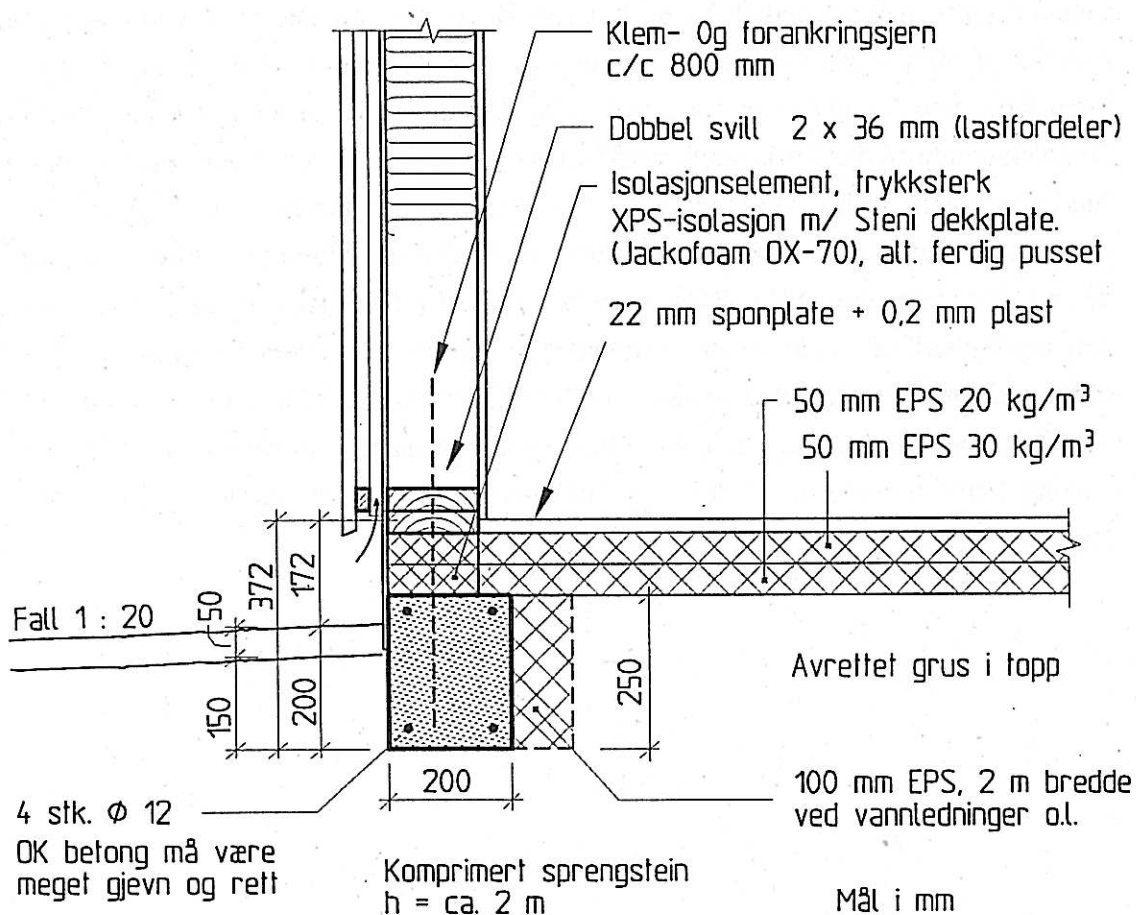


Fig. 1 a. Ny gulvkonstruksjon brukt på Heistadtangen

Det er foretatt U-verdi beregninger av gulvkonstruksjonen fig. 1 a.

### *U-verdi beregninger*

Tabell 1 a

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1 a, gulv- og sokkelisolasjonen er 100 mm.

Det er ikke brukt ringmursisolasjon

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,217
Totalt for gulvflaten	0.181

I telefarlig grunn er det nødvendig å tilleggisolere ringmuren med en utvendig isolasjon med en tykkelse på 50 mm evt. med en horisontal isolasjonsplate med bredde 300 mm, se fig. 1 b. Det er igjen forutsatt en meget grunn fundamentering der ringmuren har en dybde i grunnen på 250 mm. Overdekningen på den horisontale markisolasjonen er da 200 mm. Som et alternativ til en grunn fundamentdybde og horisontal markisolasjon, kan man evt. øke fundamentdybden. Ved å bruke samme bergningsforutsetninger som tidligere eksempler må man i dette tilfellet opp i en dybde på den isolerte ringmuren på ca. 400 mm for å oppnå frostsikkerhet. Den gevinsten man oppnår i redusert U-verdi ved å øke fundamentdybden, er beskjedent i forhold til utførelsen med markisolasjon. Det er da et kostnadsspørsmål hvilken løsning man bør velge. Ved å bruke en relativt grunn fundamentering og en beskjedent markisolasjon oppnår man en mer frostsikker løsning. Samtidig reduseres betong- og pukkmengden. Stedlige forhold vil også kunne være avgjørende for utførelsen.

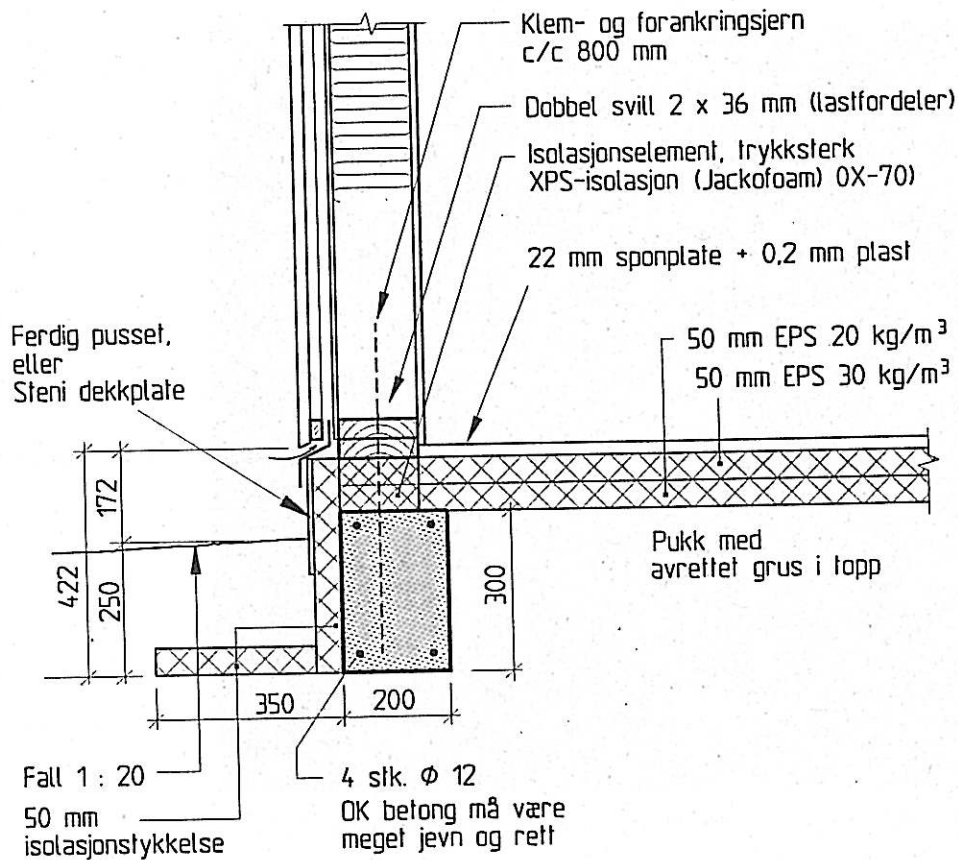


Fig. 1 b. Ringmurskonstruksjonen i telefarlig grunn

U-verdi beregninger av konstruksjonen fig. 1 b gir følgende verdier, se tabell 1 b.

Tabell 1 b

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1 b.

Gulvisolasjonen 100 mm, utvendig ringmursisolasjon 50 mm

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,199
Totalt for gulvflaten	0.170

Figur 1 c viser beliggenhet av frostsonen under dimensjonerende klimaforhold. Gulvisolasjonen er 100 mm, og tykkelsen på utvendig ringmur og horisontal markisolasjon er 50 mm. Bredden på markisolasjonen inkludert ringmursisolasjonen er 300 mm.

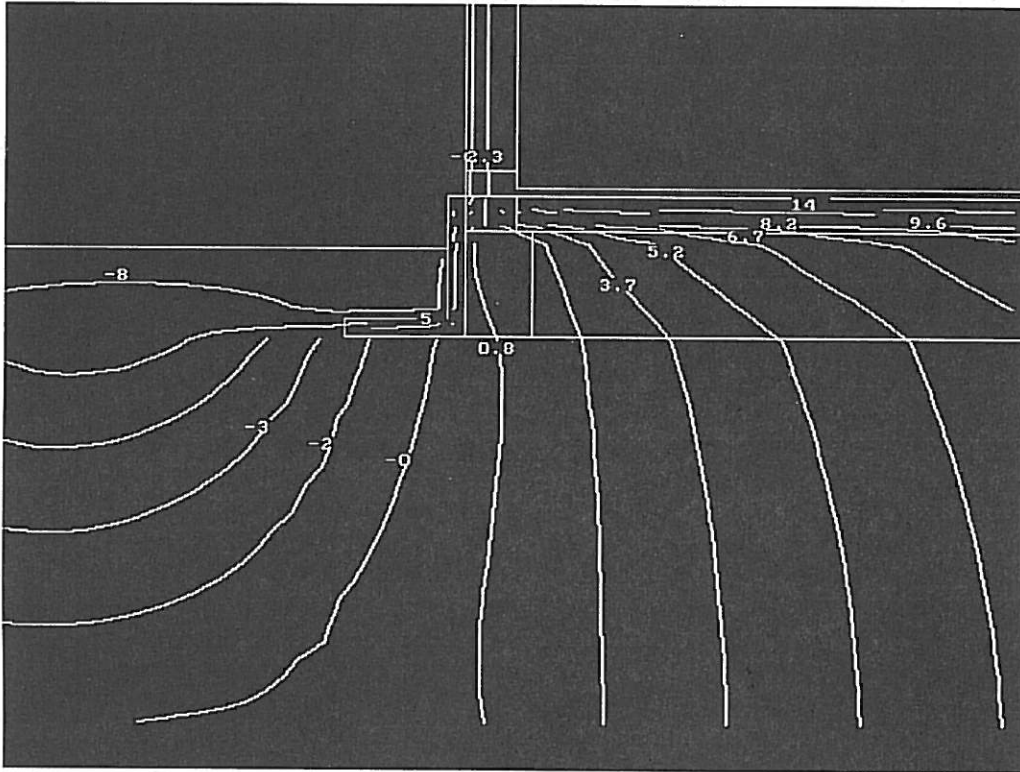


Fig 1 c. Beliggenhet av frostsonen under dimensjonerende klimaforhold, Tønsberg

Hvis tykkelsen på gulvisolasjonen økes med 20 mm til totalt 120 mm er U-verdien vist i tabell 1 c.

Tabell 1 c

U-verdier for golvkonstruksjonen fig. 1 a.

Gulvisolasjonen 120 mm, ingen ringmursisolasjon

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,195
Totalt for golvflaten	0.163

Med tilsvarende frostisolering som vist på fig. 1 b er ny U-verdi angitt i tabell 1 d.

Tabell 1 d

U-verdier for gulvkonstruksjonen fig. 1 b.

Gulvisolasjonen 120 mm, og utvendig ringmursisolasjon 50 mm

	U-verdi (W/m <sup>2</sup> K)
0 - 1 m fra yttervegg	0,181
Totalt for gulvflaten	0.155

### 1.1 Sammenheng mellom U-verdi og tykkelse på gulvisolasjonen

Tabell 1.1 a

U-verdier som funksjon av tykkelsen på gulvisolasjonen med og uten frostisolering, fig. 1 a og 1 b

Isolasjonstykkelse mm	Gulv uten frostisolering		Gulv med frostisolering	
	U-verdi rand W/m <sup>2</sup> K	U-verdi samlet W/m <sup>2</sup> K	U-verdi rand W/m <sup>2</sup> K	U-verdi samlet W/m <sup>2</sup> K
100	0,217	0,181	0,199	0,170
120	0,195	0,163	0,181	0,155
150	0,170	0,144	0,159	0,137
180	0,152	0,129	0,143	0,124
200	0,142	0,120	0,135	0,116

Figur 1.1 a viser gjennomsnittlig U-verdi for gulvkonstruksjonen fig. 1 a og b som funksjon av tykkelsen på gulvisolasjonen.



## U-verdi for gulv på grunnen

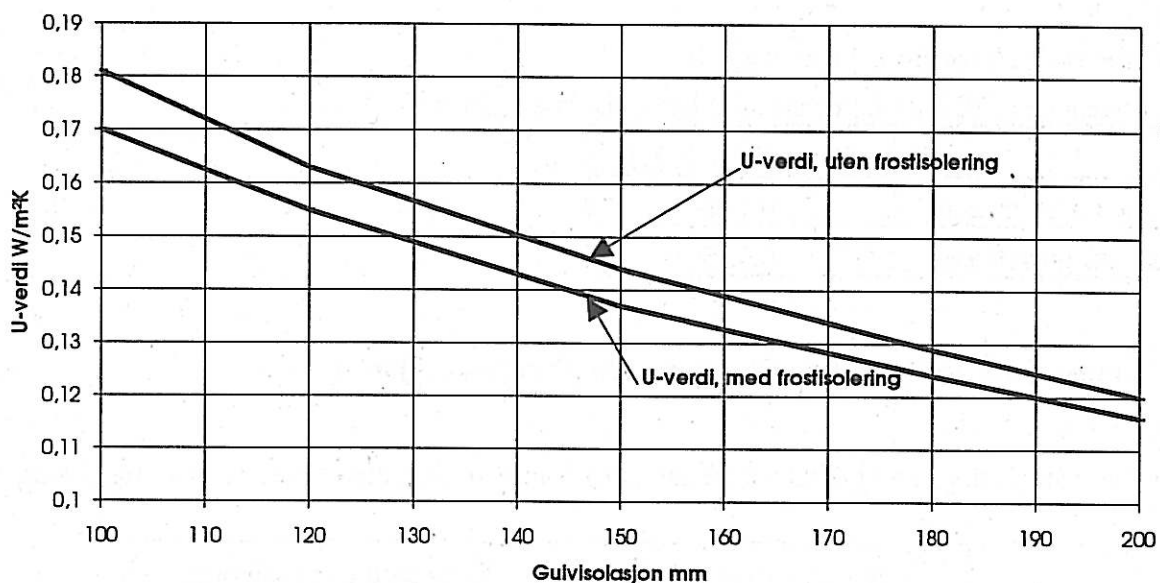


Fig. 1.1 a. Gjennomsnittlig U-verdi for gulvkonstruksjonen fig. 1 a uten frostisolering og fig. 1 b med frostisolering (ringmur- og markisolasjon)

Det fremgår av fig 1.1 a at som et gjennomsnitt reduseres gulvets U-verdi med en faktor på 0,01 W/m²K når isolasjonstykkelsen økes med 10 mm. Med de angitte beregningsforutsetningene oppnår man en U-verdi på 0,15 W/m²K med en isolasjonetykkelse på ca. 140 mm i ikke telefarlig mark uten frostisolering. I telefarlig mark med utvendig ringmurisolasjon og horisontal markisolasjon er det tilstrekkelig med 130 mm tykk gulvisolasjon. Dette understreker igjen betydningen av å bruke en mest mulig effektiv frostisolering.

