

# Fundamentering av småhus av tre

Foundation systems for timber frame houses

Av Øyvind Birkeland, Knut I. Edvardsen og Ivar Størseth,  
Norges byggforskningsinstitutt

**NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT**



# Fundamentering av småhus av tre

Av ØIVIND BIRKELAND, KNUT I. EDVARDBSEN og IVAR STØRSETH

## I.

Fundamentets hovedoppgave er å overføre egenvekten av huset, nyttelasten, vindpåkjenninger m. v. til grunnen. Småhus av tre adskiller seg, når det gjelder fundamentering, fra andre bygninger først og fremst ved at de er lette. Fundamentene veier ofte mer enn selve bygningen. For småhus generelt gjelder dessuten at kostnadene ved fundamentering er store i forhold til kostnadene ved resten av bygningen. For totalkostnadene er det av særlig stor betydning å utføre fundamenteringen så enkel som mulig.

Det er vanskelig å definere skillet mellom husets fundamentering og de øvrige bygningsdeler. Kjellerveggene har en kraftoverførende rolle, men er de en del av fundamenteringen? Et klart skille her er imidlertid av underordnet betydning for denne artikkelen.

Som nevnt ovenfor er *fundamentets hovedoppgave* å overføre krefter til grunnen, og på en slik måte at det ikke oppstår skadelige bevegelser. Dessuten skal man forhindre at grunnvann eller overflatevann trenger inn i bygningen i væske- eller dampform, slik at det får innflytelse på klimaforholdene i huset eller kan ødelegge konstruksjonene. Hvilke krav som her stilles vil være forskjellige, f. eks. for en kjeller som skal anvendes til oppholdsrom og en vanlig kjeller. Ytterligere skal fundamenteringen hindre uønsket varmetap til grunnen (der dette ikke er ivare tatt på annen måte).

Norges byggforskningsinstitutt har noen tid arbeidet med disse spørsmål og etter hvert fremlagt resultatene i en serie Byggedetaljblad [1], [2], [3], [4], [5], [6], som det etterhvert blir referert til i denne artikkel.

Hensikten med denne artikkelen er å gi en kort begrunnelse for de utførelsesformer som er valgt — i tillegg til de begrunnelser som går fram av de nevnte Byggedetaljbladene. Dessuten tar artikkelen sikte på å sammenstille en oversikt over de alternative måter vi har for en enkel og god fundamentering av småhus og dermed gi en viss veiledning i bruk av Byggedetaljbladene.

Hittil har mulighetene for å forenkle fundamenteringsarbeidet ofte strandet på at byggeforskriftene har forlangt at fundamentene skal føres ned i *frostfri dybde*. Dette forandres nå, idet det i de nye byggeforskrifter som trer i kraft 1. januar 1970, heter:

«For småhus kan bygningsrådet tillate at fundamentbredden fastsettes uten at det foreligger statiske beregninger.

Fundamentene skal utføres slik at bygningen ikke kan skades av tele. Når jordarten er særlig teleskyt-

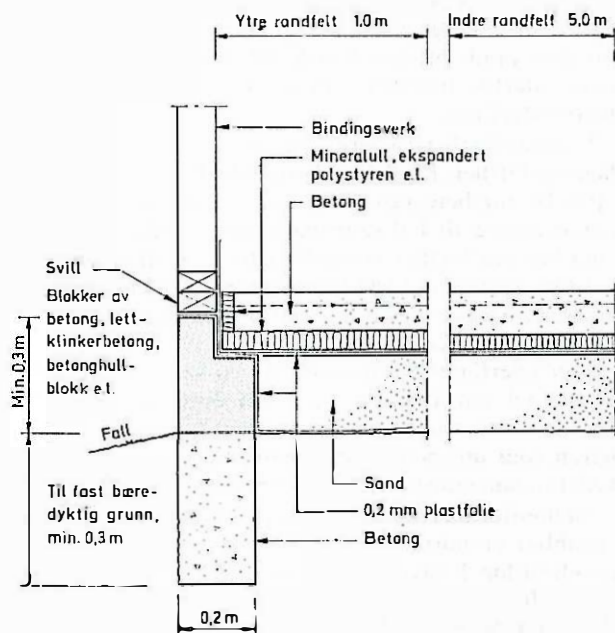


Fig. 1. Fundamentering på ringmur, første etasjes gulv liggende på grunnen.

ende, skal det treffes tiltak for å hindre teleløfting ved sidegrep.

Når grunnmuren støpes og det er alminnelig gode grunnforhold, kan bygningsrådet tillate at grunnmuren settes direkte på komprimert bærelag av egnet materiale, slik at dette tjener som fundament.»

### Grunnforhold, valg av fundamenttype

For å finne fram til riktig fundamentering av småhus kan man klare seg med en meget grov inndeling av grunnforholdene:

- Fast lagret sand og grus med god avstand til fjell, eller jevn avstand til fjell
- Leire og silt med så tykk tørrskorpe at det blir igjen tilstrekkelig tørrskorpe under fundamentene. Videre må dybden til fjell være noenlunde jevn, eller fjellet må ligge tilstrekkelig dypt
- Som a) eller b), men med fjell like under fundamentene i en del av tomten og avstand til fjell i en annen del
- Fast fjell i dagen eller like under overflaten
- Bløte jordarter med liten bæreevne. Det kan her dreie seg om bløte leirer og silter og jordarter med humusinnhold m. v.

Det hadde vært ønskelig å ha til disposisjon noen

forenklete grunnundersøkelingsmetoder for å klassifisere jordartene etter den foran skisserte forenklete inndeling og for fastsettelse av grunnens bæreevne. De vanlige fullstendige grunnundersøkelser som brukes for større byggverk, vil være prohibitivt kostbare når det dreier seg om et enkelt eller noen få billige småhus. Det man må fastslå, er hvor man har fjellet. Følgende orientering kan kanskje være til hjelp:

Her i landet finnes leire praktisk talt bare i de områder som under og etter istiden var presset ned under havflaten, og som siden igjen har hevet seg. Leire er den mest vanlige jordart i disse strøk, hvor en stor del av vår bosetting ligger.

På grunn av sin finkornede struktur er leire svært lite vanngjennomslippelig. Men den fine struktur gir leiren stor vannsugende evne. Stigehøyden er minst 10 m, ofte langt mer. Da porevannet i større eller mindre grad bindes fysisk til leirmineralene, kan leiren derfor inneholde mye vann, ofte 50—60 % av tørrstoffvekten.

Leirens fasthet varierer sterkt med vanninnhold og lagringstetthet. En del av leirens fasthet skyldes kohesjon. Derfor betegnes leire som et kohesjonsmateriale i motsetning til friksjonsmaterialer som er jordarter som har sin fasthet vesentlig i form av friksjon.

I omrørt tilstand har leire mindre fasthet enn i uforstyrret tilstand. Leire som ved omrøring blir flytende, betegnes som kvikkleire.

Nær overflaten vil leire danne en såkalt tørrskorpe. Denne vil normalt være mellom 2—4 m tykk. Tørrskorpen har større fasthet enn den dypere liggende leiren som inneholder mer vann. Dette har betydning ved fundamentering for bygninger.

Mellomjordarten silt (mjøle og finmo, ofte kalt «kvabb») er normalt avsatt i innsjøer og i nærheten av elveutløp i havet. Silt finnes derfor mange steder også i høyereliggende strøk over den marine grense, der det tidligere har vært innsjøer (bre-demte sjøer). På grunn av sin grovere kornstruktur har silt større vanngjennomslippelighet og mindre vannsugende evne enn leire; men stigehøyden kan være ganske betydelig, for de mest finkornede jordarter mellom 4 og 10 m.

Silt mangler leirens vannabsorberende evne, og vanninnholdet vil sjelden overstige 40 % av tørrvekten. Silt har heller ikke leirens kohesive egenskaper. Typisk for denne jordart er at hvis den utsettes for vibrerende påkjenninger, vil den virke «flytende» og således minne om kvikkleire. Nær overflaten vil silt i likhet med leire danne en tørrskorpe.

Da silt og leire er svært like, er det nyttig å vite hvorledes de kan kjennes fra hverandre.

Hvis en del våt jord rystes kraftig i hånden, vil overflaten bli blank og vil skille ut fritt vann. Hvis en nå kryster jorden mellom fingrene og det frie vann forsvinner, er jordarten silt. Hvis det frie vann ikke forsvinner, er jordarten vanligvis leire. Dersom en fuktig jordklump strykes med et kraftig trykk, enten med et flatt knivblad eller med neglen, er jordarten silt hvis overflaten er matt eller leire hvis overflaten er blank.

Hvis en jordklump brykkes etter at den er tørket, vil den motstand som ytes mot brykningen indikere materialets karakter. Hvis motstanden er stor, er det nesten sikkert leire. Er det mykt pudde, er det vanligvis silt.

Leire kleber til fingrene når den er våt og er van-

skelig å vaske av. Silt, på den annen side, vil lett vaskes av eller børstes av når den er tørr.

Hvis en liten bite jord knaser mellom tennene, er det sand eller silt. Men dersom det ikke knaser mellom tennene, er det sikkert leire.

Sand, grus og stein kan forekomme som elve- og delta-avsetninger, men også som strandavsetninger og i grovkornede eller utvaskede morener. Materialer i elve- og delta-avsetninger er ofte transportert og avsatt under sterkt vekslende vannføring og har derfor gjerne uregelmessig lagdeling og ujevn lagringstetthet. Grovkornede og utvaskede morener er opprinnelig transportert av breer. Materialet er derfor vanligvis ikke sortert eller lagdelt.

Sand og grus er meget vanngjennomslippelig, og vanninnholdet er sjelden større enn 20—25 % av tørrvekten. Den vannsugende evne er liten. Stigehøyden ligger mellom 0,03—3,0 m, avhengig av finhetsgrad og lagringstetthet.

Sand, grus og stein er rene friksjonsmaterialer.

Breavsetninger (morener) inneholder som regel alle kornfraksjoner fra leire til stein og blokker og er ofte meget fast lagret. Vanngjennomslippelighet og vannsugende evne varierer og avhenger av mengden av finstoff. I moreneleire kan både vanngjennomslippeligheten og innholdet av vann være mindre enn hos leirer avsatt på annen måte.

Torv og gytje har lav romvekt og stort vanninnhold, ofte flere hundre prosent av tørrstoffvekten.

De fundamenteringsformer vi har til disposisjon, vil stort sett bli noe forskjellig alt etter som det dreier seg om hus med eller uten kjeller.

Hvis kjelleren sløyfes, må noe av den oppbevaringsplassen man hadde i kjelleren erstattes på 1. etasjes plan. Dette øker husets størrelse; tidligere undersøkelser viste derfor at ved fundamentering på jordarter sparte man ikke noe særlig ved å sløyfe kjelleren. I dag kan vi imidlertid forenkle utførelsen så meget at det er grunn til å tro at en sløyfing av kjelleren med erstatningsarealer på første etasjes gulvplan lønner seg også på jordtomter.

Når det dreier seg om kjellerløse hus, har vi stort sett følgende fundamenteringsformer til disposisjon:

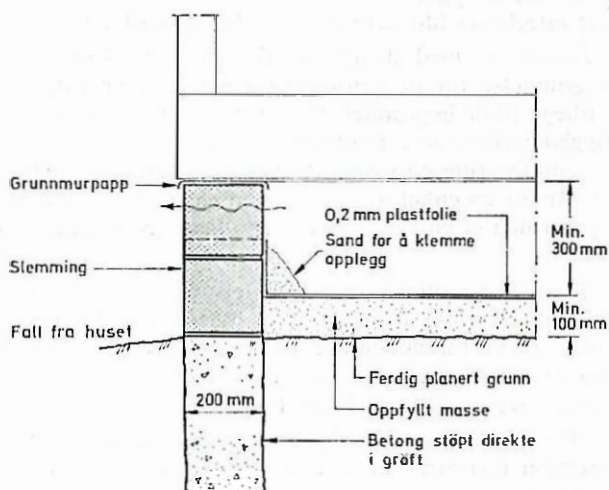


Fig. 2. Fundamentering på ringmur med kryperom under første etasjes gulv.

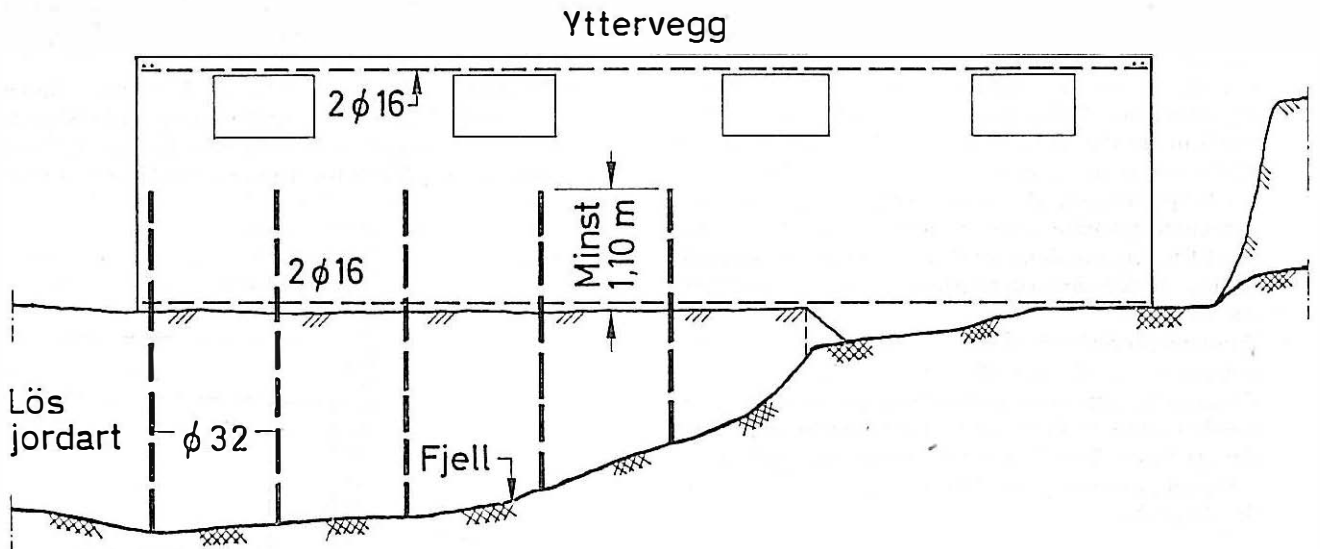


Fig. 3. Fundamentering gjennom rundtjernspæler til fjell. Fjellet ligger høyt oppe og i vekslende dybde.

- 1) Fundamentering på ringmur. Første etasjes gulv liggende på marken  
Denne fundamenteringen er vist i flere alternativer i [5], et eksempel er vist i fig. 1. Den egner seg særlig under de grunnforhold som er nevnt under a) og b) foran. Tidligere ble en slik fundamenteringsform vesentlig anvendt under meget plane terrengforhold. Med moderne jordflytningsmaskiner og moderne komprimeringsteknikk er det imidlertid i dag mulig og ofte økonomisk fordelaktig å tildanne terrenget før fundamenteringen utføres, slik at gulvet kan legges direkte på terrenget (eventuelt opp-

fylt grunn). Det er en fordel at vekten av huset faller direkte på ringmuren. Platen på grunnen blir da underlag for gulvbelegg og arbeidsplattform. Denne type fundament kan brukes også under de grunnforhold som er nevnt under d), men det forutsetter noenlunde plant terreng.

- 2) Fundamentering på ringmur, men med første etasjes gulv frittstående, slik at det dannes et «kryperom» også kalt blindkjeller) under gulvet. Denne fundamenteringsform er vist i [2] og på fig. 2. Fundamenteringsformen egner seg i likhet med den

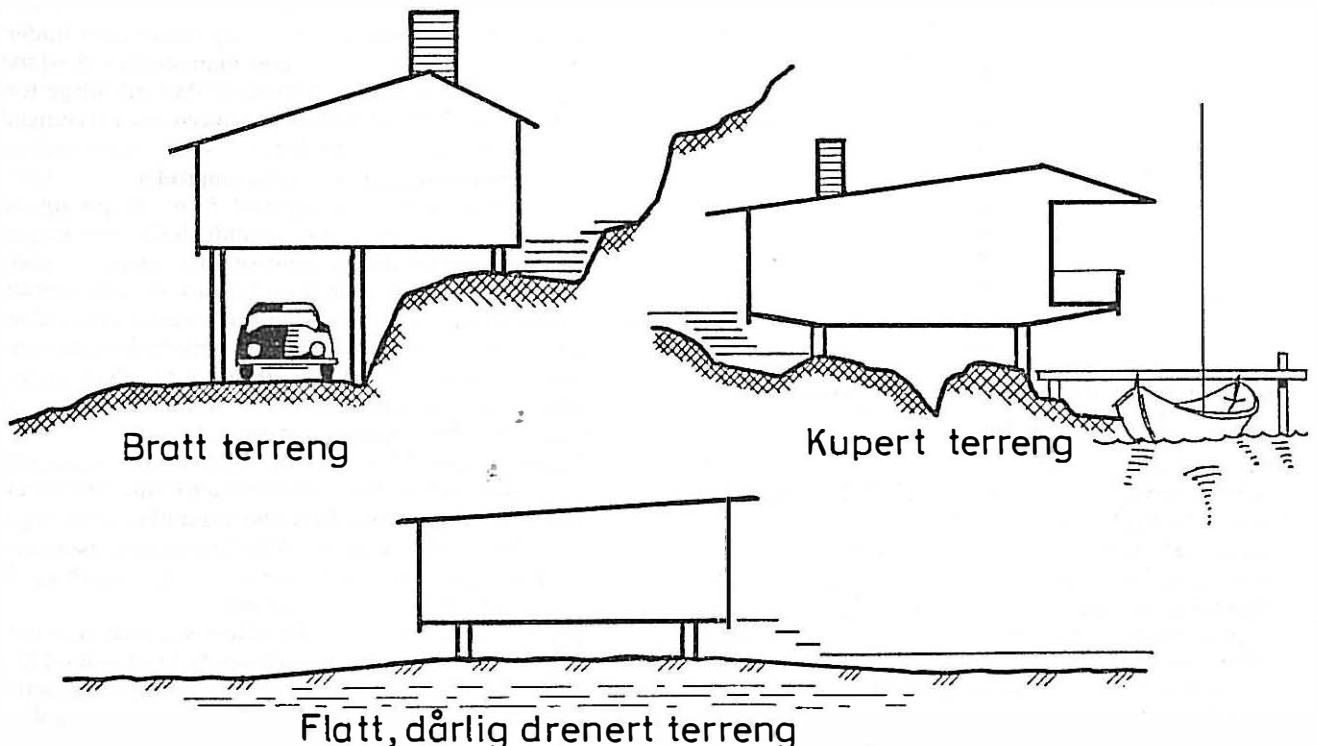


Fig. 4. Pilarfundamentering på kupert terreng.



fundamenteringsform som er omtalt under 1) særlig ved grunnforhold som nevnt under a) og b). En slik fundamenteringsform forlanger at grunnmuren har en viss høyde over terreng (selv om kryperommets høyde nå etter de nye byggeforskriftene kan innskrenkes til 0,3 m). Til dette kommer at det er vanskelig helt å unngå å gjøre noe arbeid fra kryperommet. Mye taler derfor for at den fundamenteringsmåte som er nevnt under 1), vil ha mest for seg. Fundamentering på ringmur kan også brukes under de grunnforhold som er nevnt under d).

- 3) Fundamentering på ringmur som gjennom rundtjernpæler står direkte på fjell. Fundamenteringen er vist i [3] og på fig. 3. Den tar spesielt sikte på de grunnforhold som er nevnt under d) foran. Den kan brukes både med gulvet direkte på grunnen og med der 1) og 2).

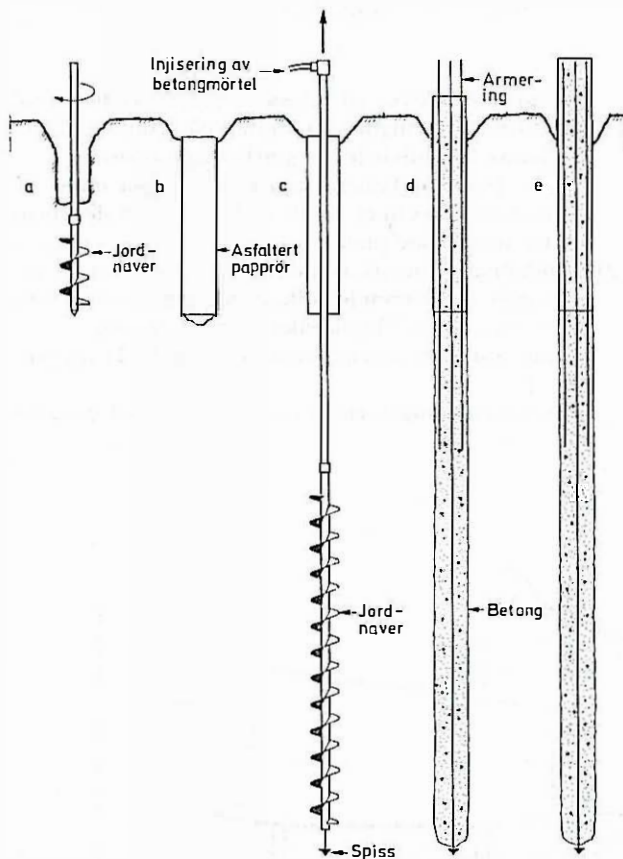


Fig. 5. Utførelse av borede, flytende pæler.

#### 4) Pilarfundamentering

Denne fundamentering er omtalt i [4], og vist på fig. 4. Den egner seg for grunnforhold som er nevnt under d). Særlig burde den passe godt når terrenget er meget kupert, idet man ved å legge huset høyt nok og med variable pilarlengder kanskje kan slippe unna med minimale inngrep i terrenget. Slike løsninger har, så vidt det skjønnes, særlig ut fra estetiske betraktninger ikke vært populære. For dyktige arkitekter burde det være en god oppgave å finne estetisk tilfredsstillende løsninger på problemet, med minimale inngrep i terrenget, ved å

bruke en fundamentering på til dels høye pilarer kombinert med en eller annen form for befestigelse av grunnen under huset.

Fundamenteringsmåten kan også brukes under grunnforhold som nevnt under a) og b) hvis grunnen er så bæredyktig at man ikke trenger for stor utvidelse av pilaren for å danne fundament. Under

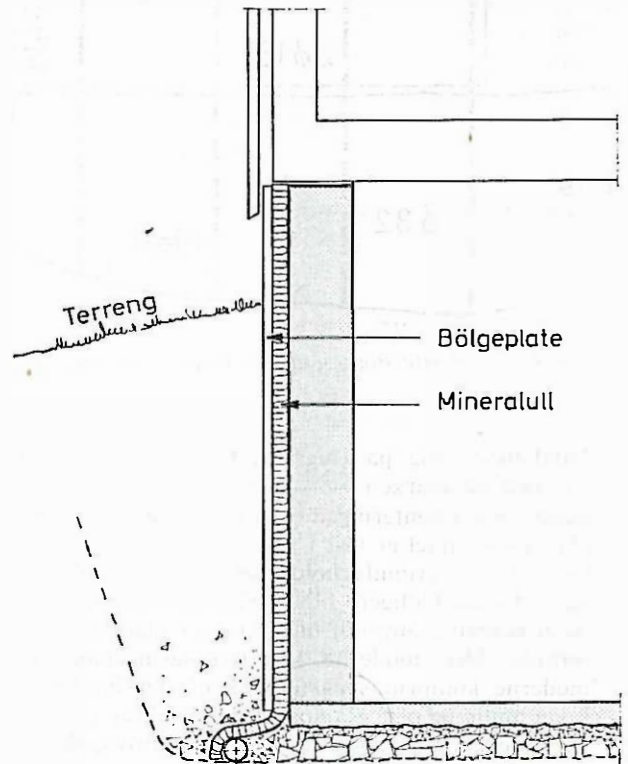


Fig. 6. Kjellerløsning med utvendig isolasjon som virker som drenering.

disse forhold burde den egne seg meget godt under kupert terrengforhold hvor man ønsker å gjøre minst mulig inngrep i terrenget. Man må sørge for å få vindtrykket på bygningen overført til terrenget med tilstrekkelig sikkerhet.

#### 5) Fundamentering på borede betongpæler

Denne fundamentering er vist i [6] og på fig. 5. Den egner seg særlig for grunnforhold med meget lite bæredyktig grunn, som omtalt under e), men kan selvsagt brukes også under forhold som omtalt under a) og b). Det er imidlertid særlig under dårlige grunnforhold at den skulle bety en løsning som gjør det mulig å utnytte grunn som ellers neppe kunne bebygges på økonomisk måte.

#### 6) Andre fundamenteringsformer

Ved hus med kjeller er det ringmuren (eventuelt med nødvendig utvidelse i bunnen) som overfører kreftene til grunnen. Den kan forenkles vesentlig i forhold til det vanlige. Alle innvendige bærende kjellervegger kan sløyfes og erstattes med dragere på søyler på enkeltfundamenter.

Produksjonsteknisk vil det oftest være en stor fordel å legge ut et sammenhengende kultlag med betongstøp i hele husets bredde og lengde og sette ringmuren oppe på dette. Man betrakter da underkant kultlag som underkant fundament. Videre kan isolasjonen av kjelleren ofte med fordel legges ut

vendig. En slik utførelse vil bli beskrevet i et Byggedetaljblad som skal komme julen 1969. Den er vist på fig. 6. Denne fundamenteringsform egner seg under de grunnforhold som er omtalt under a) og b) foran. Den kan også brukes under terrengforhold som nevnt under c), men da må kjellerveggen, der hvor fjellet ligger dypere enn kultlagets underkant, settes på fjell ved hjelp av *rundtjernpeler* som vist i [3]. Selvsagt egner den seg også godt der hvor man er så heldig at fjellet stort sett ligger i kultlagets underkant.

I det etterfølgende avsnitt blir diskutert hvor lang fundamenteringen må føres ned av hensyn til telen. Den minimumsdybde som under alle tilfeller må nås, er god bæredyktig grunn.

#### Sikring mot teleskader

Den konvensjonelle måten å sikre seg mot teleskader på har vært å føre fundamentene ned i såkalt frostfri dybde. Undersøkelser i den senere tid [9], hvorav dessverre ikke alle ennå er publisert, viser at det, når huset er oppvarmet, under nærmere angitte betingelser ikke er noen fare for at frosten skal trenge inn under huset. Ikke alle jordarter er telefarlige. For at en jordart skal være telefarlig, må to hovedbetingelser være oppfylt. For det første må jordarten ha den egenskap å fryse med *islagsdannelse*. Dernest må det føres tilstrekkelig med vann til frysesonen, slik at det dannes islag av noen tykkelse. Evnen til å danne islag er størst i de mest finkornede materialer, men samtidig vil disse på grunn av sin større tetthet føre mindre vann til frysesonen enn de mer grovkornede materialer. De mest telefarlige jordarter er derfor finsilt og leiraktig silt som har forholdsvis størst vanninnhold, stor kapillær stighøyde og tilstrekkelig vanngjennomslippelighet. Leire og moréne-materialer er også i mange tilfeller telefarlige. Sand, grus og stein er ikke telefarlige.

Telen kan gjøre skade på to måter, dels ved at det dannes tele under huset, dels ved at jorden fryser fast til vertikale konstruksjonsdeler og at så igjen dan fastfrosne jorden løftes og tar med seg de konstruksjonsdelene de er frosset fast til.

Det vanlige kravet etter at man har forlatt kravet om fundamentering til telefri dybde, synes å være at den ugunstigste 0-isotermen i en ekstremt ugunstig vinter ikke skal trenge lenger fram enn til den vertikale ytterflate av fundamenteringen. Hva dette betyr med henblikk på telen, er noe uklart, men erfaringer har vist at dette er tilfredsstillende.

I Sverige har man allerede for noe år siden tatt konsekvensen av en slik betraktningssmåte og har i [8], som svarer til departementets byggeforskrifter hos oss, fastsatt visse regler for utførelse av fundamenter som ikke føres ned i frostfri dybde. Det er ingen grunn til at ikke vi skal følge de samme reglene. Det henvises til teksten i [8], side 23:4 og flg. Her skal bare gjengis et kort utdrag:

*Fundamenteringene* inndeles i to grupper:

a) Grunn uten varmetilførsel (dvs. temperaturen over grunnen er ikke høyere enn uteluften, f.eks. hus som står på pilarer eller frittstående trapper eller støttemurer). Her skal det fortsatt fundamenteres til frostfri dybde, hvis det er telefarlig grunn.

b) Grunn med varmetilførsel (fra bygningen):

Hvis temperaturen (laveste månedsmiddel) over en uisolert gulvkonstruksjon som ligger på terrengets nivå er minst + 10 °C, skal fundamentet gå ned i minst 30% av frostfri dybde. Det aktuelle eksempel her er en kjeller.

Når det gjelder såkalte randisolerte konstruksjoner og rommet over gulvet er oppvarmet til laveste månedsmiddel, + 20 °C (f.eks. boligrom), er fundamenteringsdybden 0,25 m under forutsetning av at grunnmuren over omgivende terreng har en varmemotstand minst 2,0 m<sup>2</sup>h°C/kcal i de to mildeste temperatursoner (se byggeforskriftene). (Dette gjelder hvis overkant sandlaget mellom ringmuren ligger minst 0,1 m over omgivende terreng er det lavere, kan varmemotstanden reduseres til 1,0 m<sup>2</sup>h°C/kcal). Huset skal være minst 4 m bredt, og ved utspringende hjørner skal det treffes særskilte foranstaltninger mot teleskader, f.eks. et varmetilskudd fra varmeledningsanlegget eller ved at fundamentene føres dypere ned her. For konstruksjonsdeler utenfor ytterveggene skal fundamenteringsdybden økes med et mål lik avstanden fra veggens ytterkant.

Ved ventilerte kromrom kan fundamenteringsdybden fastsettes etter tabell 1.

Tabell 1. Fundamenteringsdybde ved kryperom:

Ventiltvernsnitt pr. m <sup>2</sup> flate av huset cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Varmegjennomgangstall for bjelkelaget kcal/m <sup>2</sup> h°C	% av frostfri dybde	
		Langs fasaden og mer enn 2 m fra utgående hjørne	Ved utgående hjørne og inntil 2 m fra hjørnet
10	0,50	30	45
10	0,35	40	60
20	0,35	50	75

Tabellen gjelder når laveste månedsmiddel i rom over gulvet er 20 °C (dvs. boligrom) og gulvet i kryperommet ikke ligger dypere enn omliggende terreng. Varmegjennomgangstallet for ringmuren skal høyst være som for vegger mot kjellerrom etter de nye byggeforskriftene.

Disse bestemmelsene betyr en ganske vesentlig forenkling i forhold til de vanlige utførelsesmåter i dag. Som påpekt foran burde det ikke være noen *betenkeligheter* ved å bruke disse bestemmelsene også hos oss, og de nye byggeforskriftene gir full adgang til dette.

Ved den store mengde av husbygging kan man ikke legge meget individuelt planleggingsarbeid i hvert enkelt hus. Man må bruke slike «håndregler» som de som summarisk er gjengitt her. Det er de som er brukt i NBI's Byggedetaljblad [2].

Det foreligger nå disponibelt i Norge et EDB-program som kan beregne temperaturforholdene rundt en bygning (inklusive forholdene ved hjørnene). Med dette programmet kan man få gjennomført beregninger for de konstruksjoner man ønsker å undersøke (henvendelse professor Sven D. Svendsen, Institutt for husbyggingsteknikk, N.T.H., Trondheim).



Som påpekt foran er det vanligvis ikke noen fare for bygget etter at det er tatt i bruk og holdes oppvarmet. Vanskelighetene foreligger i byggeperioden. Ved rasjonell bygging av større serier ønsker man oftest å ha tilstrekkelig mange fundamenter liggende ferdige på forhånd. Når man bygger om vinteren, kan disse tildekkes provisorisk slik at de ligger trygt gjennom hele vinteren. Vanskelighetene inntreffer når man må ta bort tildekningen for å reise huset. Og det er her den virkelige vanskelighet ligger hvis man ønsker å bygge kontinuerlig hele vinteren. Vanskeligheten kan overvinnes ved f.eks. å bruke elektrisk gulvvarme og innrette seg slik at denne kan brukes i byggeperioden. En annen mulighet er å isolere hele gulvet tilstrekkelig og dessuten legge en isolering rundt huset på terreng (eller i dette). Denne mulighet vil bli utredet nærmere.

### Grunnvann og overvann

Som nevnt foran er det et krav at grunnvann eller overvann ikke skal kunne trenge inn i huset eller konstruksjonene på en slik måte at det har en uheldig innflytelse på klimaet i huset, eller kan skade konstruksjonene.

En viktig foranstaltning for å hindre skade fra overvann, er å sørge for at det er fall fra huset de nærmeste metrene. Det er en enkel foranstaltning som hører til god gammel byggeskikk, men som av en eller annen grunn dessverre ofte blir glemt i dag. Man kan treffe på hus som formelig ligger i bunnen av et hull med fall inn mot huset fra alle kanter.

Ellers har drenering av bygningene i de senere år vært den vanligste måten å beskytte huset mot fuktighet. I dag har vi i tillegg til dette fått et billig og godt middel — plastfoliene. Når de ikke er altfor tynne, kan de i denne forbindelse anses som absolutt tette. Tradisjonene har imidlertid vært så sterke at man ofte kan se drenerør anvendt på steder hvor de neppe kan gjøre noen nytte for seg. Latterlig virker det når man drenerer piler. Den vesle vannmengden som kan suges opp gjennom materialet i pilaren er det lett å beskytte seg mot med en papp eller papirstrimmel. Og betong tåler godt å stå med tærne i vann (hvis ikke vannet er kjemisk aggressivt overfor betong).

Hvis man analyserer problemet rasjonelt, er det faktisk *bare ved kjellerløsninger at drenering har berettigelse*. Det vanlige her er å legge 2 rader med drenerør rundt kjellermuren utenfor en eventuell bankett. Hvorfor tradisjonene tilsier to er vanskelig å skjønne. *Ett* større drenerør er bedre enn *to* mindre — det tettes ikke så lett igjen når tversnittet er større. Videre har det regelmessig vært forsømt å bygge opp et filter rundt drenerøret. Hvorledes et filter kan bygges opp er beskrevet i [7]. Har man ikke de riktige sand- og grusarter til filter, er sagflis et godt og brukbart filter. Glassvatt er også et enkelt og brukbart filter. Kultlaget under kjellergulvet (som eller godt kan erstattes av grov sand eller grus) tjener til å drenere kjellergulvet. Når kjellervegger (evt. bankettene) føres ned under kultlaget (sandlaget), hindrer det ofte dreneringen av grunnen under huset. Det er en langt bedre løsning å la kultlaget med betonggulv gå utenfor grunnmurene, sette grunnmurene på dette og regne underlag kultgulv som underlag fundament. Foruten som påpekt tidligere å by

på store produksjonstekniske fordeler, betyr det langt bedre muligheter til å holde kjellergulvet tørt.

Et kultlag er for øvrig ikke noe godt drensag. Fine masser i grunnen trenger lett inn i kultlaget og tetter dette til, slik at det blir virkningsløst. Vil man holde kjellergulvet tørt, kan man gjøre dette ved å sløyfe kultlaget, avrette grunnen med sand slik at man får et jevnt underlag og legge på en plastfolie. Man kan da sikre seg absolutt mot all fuktighet som kan trenge opp gjennom kjellergulvet. Dreneringen får da som eneste hensikt å holde kjellerveggene tørre. Prinsipielt skal det være et drenerende lag mot veggen som leder alt vann ned til dreneringen så effektivt at det *ikke kan dannes* vanntrykk mot grunnmuren. Det kan i og for seg tenkes å sildre vann på grunnmuren, men dette *skal ikke kunne stå under trykk*.

Den vanlige måten å klare dette på har vært å tilbakefylle mot grunnmuren med masser som lett slipper vannet gjennom. Slike masser har man sjelden for hånden, og skal resultatet bli etter alle kunstens regler, er utførelsen arbeidskrevende. Det finnes nå andre metoder. De metoder som er foreslått, er i det vesentligste følgende:

- a) Mineralull utenpå grunnmuren
- b) Ett alternativt to lag bølgeasbestcementplater lagt utenpå grunnmuren. I alternativet med to lag legges bølgene i det ene laget, mens de står i det andre laget
- c) Som b, men med tillegg av mineralull bak bølgeplaten
- d) Plastplate med fremspringende knotter som sikrer et luftrom mellom platen og grunnmuren. Dette alternativ kan selvsagt også tenkes kombinert med en mineralullmatte.

Det er åpenbart at alle disse alternativer leder vannet godt ned så lenge det ikke foregår noen tilstopping av hulrommet med fine jordpartikler som vannet river med seg.

NBI har foreløpig bare hatt anledning til å undersøke ett alternativ, nemlig med glassull.

Resultatene hittil ser *meget lovende ut*. NBI mener derfor å kunne anbefale denne utførelsen. Det er å håpe at NBI også må få anledning til å undersøke andre utførelser.

Slike utførelser burde kunne bli så gode at de også skulle kunne brukes der hvor det er oppholdsrom på innsiden av veggen, altså i de tilfellene hvor man tidligere har brukt areaer. De nye byggeforskriftene sier her:

*:Golv under terrengnivå. Ethvert rom som har golv under terrengnivå, skal sikres spesielt mot inntrengning av fukt i vann- eller dampform i golv og vegger.*

Slike utførelser har også den fordel at de kan kombineres med å legge isolasjonen på utsiden av veggen. Overflatebehandlingen av veggen innvendig blir lettere. Detaljer for slike utførelser vil bli vist i et Byggdetaljblad som forutsettes utarbeidet høsten 1969.

Når det dreier seg om golv direkte på grunnen, kan man beskytte seg absolutt mot fuktighet fra grunnen ved en tilstrekkelig tykk plastfolie. Drenering er helt unødvendig og må nærmest anses som skadelig. Kulden trenger forttere ned i tørr enn i

vannfylt grunn. (Det trenges mye kulde for å fryse vann til is). En slik plastfolie vil vanligvis bli lagt på grunn som er avrettet med sand og under en betongplate. Oppe på denne betongplaten legges ofte et tett gulvbelegg. Faren for gulvbelegget er det vannet som finnes i betongplaten. Det er urasjonelt å skulle vente med å legge gulvbelegget den lange tiden det tar før betongplaten er uttørket. For å unngå denne vanskeligheten er det blitt foreslått å erstatte plastfolien og betongplaten med en asfalt. Dette forutsetter at man har en asfalt hard nok til å motstå konsentrerte enkeltlaste på gulvbelegget.

Man kan vise teoretisk at hvis hele platen er tilstrekkelig godt varmeisoleret, vil *fukttransporten* foregå nedover, og det skulle ikke være fare for fukt fra grunnen. Norsk praksis går imidlertid i retning av å sikre seg mot fuktighet fra grunnen med en plastfolie og ta risikoen for gulvbelegget p.g.a. vann i betongen. Å erstatte betong + folie med asfalt kan være en løsning. Norske asfaltfolk synes å mene at faren for inntrykning av tunge gjenstander og krav til gulvets jevnhet gjør denne veien ufarbar. Enkelte steder i utlandet synes man å se annerledes på saken. NBI vil undersøke dette nærmere.

Ved kryperomsløsninger har man også her en mulighet for helt å utelukke fuktighet fra grunnen. Ved å legge en plastfolie på grunnen inne i kryperommet hindres fordampning fra grunnen. Det forutsettes at grunnen i kryperommet er planert. For å hindre overflatevann i å kunne trenge inn, må planert overflate inne i kryperommet helst ligge litt over omgivende terreng. Med en slik utførelse skulle man være absolutt sikker mot grunnvann og overflatevann.

*Drenering er også her nærmest skadelig.* Man kan undertiden om sommeren i slike kryperom iakttå vannperler på plastfolien, og enkelte tar på dette grunnlag avstand fra en slik utførelse. Fenomenet skyldes varm fuktig sommerluft som kondenserer på den kalde flaten som grunnen i kryperommet utgjør. Man har selvsagt den samme kondensasjon om grunnen ikke er dekket med folie, bare at da kan man ikke se dråpene.

En utførelse som er skissert ovenfor har lenge vært god praksis i Nord-Amerika (før folienes tid brukte man papp). Det er rart at en slik absolutt sikker utførelse skal bli møtt med slik skepsis hos oss. Den eneste fuktighet man kan få inn i kryperommet med en slik utførelse er den som følger ventilasjonsluften og den som trenger ovenfra huset og ned i kryperommet. Den siste er helt minimal; normalt vil det være et lite undertrykk over gulvet i første etasje slik at alle luftlekkasjer foregår fra kryperommet og opp i huset. Den eneste fuktilden som kan tenkes å ha noen betydning, er ventilasjonsluften.

### Varmeisolasjon

Ved kjellerutførelser har man muligheter for å legge varmeisolasjonen både innvendig på kjellerveggen slik som vanligst hittil, men også utvendig slik som vist foran. Hos oss er gulvet over kjelleren (i motsetning til Nord-Amerika) varmeisoleret. Byggeforskriftene har krav til varmeisolasjon av kjellerveggene og gulv over kjeller.

Når det gjelder løsninger med kryperom, vil man vanligvis ønske noe isolasjon i forbindelse med ringmuren (for ikke å behøve å føre denne ned i frostfri

dybde). Dessuten må gulvet over kryperommet isoleres etter byggeforskriftenes krav. Det forekommer, særlig i andre land, løsninger hvor man sløyfer ventilasjon av kryperommet og isolasjon av gulv over kryperommet og legger hele isolasjonen på ringmuren og terrenget ytterst langs denne.

For gulv direkte på grunnen inneholder de nye byggeforskrifter krav til isolasjonen og en forenklet måte for beregning av denne. Hvis man vil, kan man selvsagt for det enkelte bygg gjennomføre en mer nøyaktig beregning med det foran omtalte EDB-program.

Ofte vil en beregning vise at det bare er nødvendig med isolasjon på et felt innvendig langs ringmuren. Til dels vil man allikevel legge isolasjon over det hele, (dette er forlangt hvis man har varme i gulvet), dels for å beskytte seg mot fukten slik som angitt foran, dels for å få et mindre tregt oppvarmingssystem. Grunnen under huset utgjør et kolossalt varmemagasin som gjør systemet meget tregt.

### Prefabrikasjon av fundamenter

Det har vært atskillig interesse for prefabrikasjon av fundamenter. Interessen har særlig samlet seg om grunnmurer. Den vanskeligheten man har hatt her, er at man er nødt til å dimensjonere kjellervegg-elementer på basis av vanlig jordtrykksteori, og dermed blir elementene meget kraftige. De tradisjonelle kjellervegger er for det meste ikke tilsvarende sterke. Å frembringe et tilfredsstillende dimensjoneringsgrunnlag er en oppgave som burde løses. Pilarfundamentering burde også kunne prefabrikeres. Her har man vel foreløpig innskrenket seg til bjelkene på pilarene.

### Konklusjon

Det er mulig å utføre fundamentering for småhus på en slik måte at de blir vesentlig enklere enn de konvensjonelle. Samtidig får man *større sikkerhet mot fukt fra grunnen m. v.*

De nye byggeforskrifter åpner døren til å utnytte disse mulighetene. De forskjellige fundamenteringsformer har stort sett hvert sitt bruksområde slik som angitt foran. To fundamenteringsformer, plate på grunnen og kryperomsløsninger, kan stort sett brukes under de samme forhold. Det er sannsynlig at det er løsningen med plate på grunnen som har mest for seg. Det er vanskelig å gjennomføre kryperomsløsningen uten å måtte utføre noe arbeid fra kryperommet, og dette er selvsagt vanskelig produksjonsteknisk.

### Litteraturliste

- [1] NBI(16).011 Fundamentering. Grunnforhold og valg av fundamentering for lette småhus
- [2] NBI(16).111 Fundamentering. Ringmur med redusert fundamenteringsdybde og ventilert kryperom
- [3] NBI(18).101 Fundamentering
- [4] NBI(23).307 Kjellerløse hus på pilarer
- [5] NBI(23).304.2 Betongplate med ringmur
- [6] NBI(17).101 Peling. Borede peler
- [7] NBI(12).401 Drenering av bygninger
- [8] Svensk Byggnorm 1967. Föreskrifter; råd och anvisningar till byggnadsstadgan BABS 1967. Statens Planverk. Publikation nr. 1. Stockholm, 1967.
- [9] Fundamentering for småhus, erfaring med betong direkte på grunnen. Intern NBI rapport. Oslo 1967. Inneholder omfattende litteraturliste.



