

# LETTBETONG

HVILKE TYPER ER AKTUELLE  
I NORGE?

*Av Øivind Birkeland*

OSLO 1954

---

Særtrykk av Bygg, 1954, nr. 2  
I kommisjon: Johan Grundt Tanum Forlag

Sivilingeniør Øivind Birkeland:

Norges byggforskningsinstitutt

# LETTBETONG

## Hvilke typer er aktuelle i Norge?

### Innledning

I de fleste land med relativt høyt utviklet byggeteknikk, har man i de siste årtier i større og større grad brukt *lettbetong* som byggemateriale. Det har sin årsak i at man har lært betydningen av en god varmeisolasjon og at man har fått et varmeisolerende materiale — *lettbetong* — som er billig og som samtidig har tilstrekkelig fasthet til å klare seg som bærende materiale i ikke altfor høye hus.

I Norge ble det før krigen fremstilt *lettbetong* med importert bims som tilslagsmateriale. Vi hadde også en produksjon av klinkergrus (ekspandert leire), men først etter krigen har vi fått en produksjon av *lettbetong*, som betyr noe. I dag er produksjonskapasiteten for Siporex og Ytong sammenlagt ca 120 000 m<sup>3</sup>. Dessuten produseres det en del *lettbetong* av sagflis og leilighetsvis mindre kvanta av andre *lettbetonger*.

I Norge har vi hittil bygd storparten av våre boligbygg i tre. Det er all grunn til å anta at tre på litt lengre sikt vil bli et altfor viktig råstoff for annen industri til at vi kan bruke det i større utstrekning til å bygge hus med. *Lettbetong* i en eller annen form blir sikkert et av de viktige nye materialene. Vi må derfor i fremtiden imøtese et økt behov for *lettbetong*. Det er dyrt å transportere *lettbetong* lange veier, den burde derfor produseres på flere steder i landet.

Det er grunn til å anta at behovet for slike *lettbetonger* som Siporex og Ytong vil øke, men at det utenom disse også vil være behov for andre arter av *lettbetonger*. Særlig stor betydning ville det ha om man kunne finne frem til gode *lettbetonger* som man enkelt kan støpe på byggeplassen.

Hensikten med denne redegjørelse er å diskutere hvilke *lettbetonger* som ligger naturlig til rette her i landet, og de egenskapene som disse *lettbetongene* har.

Det er vanskelig å gi en bestemt definisjon på hva *lettbetong*<sup>1</sup> er. Den skal være lettere enn almin-

<sup>1</sup> I Tyskland er man etter en lang diskusjon kommet frem til å definere *lettbetong* som betong fremstilt av lette tilslagsmaterialer, mens man anvender betegnelsen *porebetong* på betong med luft- eller gassfylte porer.

nelig betong, men det er vanskelig å trekke noen bestemt grense for hvor mye lettere den skal være. Komiteen for utarbeidelse av *lettbetong* forskrifter regner med at romvekten skal ligge under 1,6 (tørket til konstant vekt). Men denne romvekten må ikke fremkomme ved større utsparinger, som f. eks. i sementhulstein.

Tilslagsmaterialet kan være anorganisk eller organisk.

Bindemiddelet er som oftest vanlig portlandsement, men også andre bindemidler brukes. Ordet *lettbetong* brukes altså også når det er anvendt andre bindemidler enn sement, selv om det materialet man da får frem strengt tatt ikke kan kalles betong etter den vanlige definisjon av dette ordet.

### Oversikt over eksisterende *lettbetonger*

Man deler vanligvis *lettbetongen* inn i følgende grupper:

#### 1. «No fines» betong

«No fines» betong (det er vanskelig å finne en tilfredsstillende oversettelse av dette ordet: i Danmark har man forsøkt med ordet *sandfri betong*), er vanlig betong som er fremstilt av et tilslagsmateriale med noenlunde ensartede og fortrinnsvis forholdsvis store korn —  $\frac{3}{8}$ " til  $\frac{3}{4}$ "). Det oppstår her hulrom mellom kornene som bringer romvekten ned og dermed øker isolasjonsevnen. Porene blir så grove at materialet er lite kapilært sugende. Betong fremstilt på denne måten blir likevel forholdsvis tung, og har en såpass dårlig isolasjonsevne at materialet har liten betydning som isolasjon under våre klimatiske forhold. Det brukes en del i England, Mellom-Europa, og i mange ikke-europeiske land. Man har delvis benyttet noe av det samme prinsippet for å gjøre sementhulstein lettere enn bare utsparingene skulle tilsi, men her dreier det seg selvsagt om betydelig mindre korn enn ved vanlig «No fines» betong. Foruten at materialet på denne måten blir noe lettere, er det av betydning at porene blir så grove at kapilærsuging hindres.

## 2. Lettbetong fremstilt av lett tilslagsmateriale

Det er en rekke forskjellige tilslagsmaterialer, naturlige og kunstige, organiske og anorganiske, som har vært og blir anvendt.

### Slagg

Slagg, slik som det fremkommer ved fyring av kjelanlegg med kull, har vært en del brukt hos oss, og i betydelig større utstrekning i andre land. Slike slagg kan imidlertid inneholde mange forurensinger, som har en uheldig virkning. Man kan få betong med meget sterk ekspansjon, betong som svinner sterkt ved tørring og ekspanderer sterkt når den blir våt, kjemikalier som ødelegger betongen og som kan medføre gassdannelser. Det kan opptre partikler av ulesket kalk, som kan føre til utsprenging av de vanlige små kratere i overflaten, osv. Erfaringene fra anvendelse av slagg til lettbetong i Norge er meget vekslende, og man har mange uheldige eksempler som antakelig må føres tilbake til mangler ved den anvendte slagg. Bestemte krav til slagg som skal anvendes til lettbetong, er fastlagt i en engelsk standard [15], og det vil antakelig være riktig foreløpig å legge denne til grunn for eventuell anvendelse av slagg til lettbetong her i landet. Det foreligger en tysk standard for produkter av lettbetong, som også omfatter slaggbetong [4]. Her forlanges det en fasthet på 25 kg/cm<sup>2</sup>.

Det er bare slagg fra fyring med meget høy forbrenningstemperatur som vil kunne tilfredsstille de kravene en må sette til slaggen. Slike kullfyrte kjeler forekommer bare i liten utstrekning hos oss, så tilgangen på skikket slagg er liten. I England er det arbeidet en del med å finne frem til behandlingsmåter slik at slagg som ikke tilfredsstiller kravene, kan forbedres så den blir brukbar, men resultater synes ennå ikke å foreligge.

På grunn av den lille tilgangen vi i alle fall vil ha på egnet slagg, er det neppe tenkelig at den vil kunne bli noe viktig råstoff for lettbetong hos oss.

### Bims (Pumice) og vulkansk slagg (Scoria)

Bims er et av de eldste anvendte materialer for lettbetong, og har en meget stor utbredelse i Mellom-Europa. Bims består av dertil egnede bergarter, som ved en vulkansk prosess er ekspandert slik at de blir meget lette. Romvekten kan ligge mellom 0,65 og 1,0. Vi har ikke bims i Norge, men lettbetongplater av bims til isolasjon og bimsisolasjon støpt på stedet, var atskillig anvendt før krigen. Råstoffet ble importert fra Tyskland. Importen er ikke tatt opp igjen etter krigen og etter at man har begynt å fremstille lettbetong ut fra

norske råstoffer, er det et spørsmål hvorledes lettbetong av importert bims kan klare konkurransen. Det er derfor tvilsomt om bims i fremtiden vil få noen særlig betydning som råstoff for lettbetong i Norge.

Den tyske standard [4] for lettbetong omfatter også bimsbetong.

Produktene beveger seg en del etter støpingen og må derfor lagres før de brukes. Ved støping på stedet er det ofte nødvendig med spesielle forholdsregler for å motvirke skadelige følger av volumendringene.

### Ekspandert slagg fra høyovner og andre smelteverk

Høyovnsslagg, som er ekspandert ved behandling med et passende kvantum vann, er et av de viktige råstoffer for lettbetong i Tyskland, England og USA.

Vannmengden har innflytelse på graden av ekspansjon. Til å istandbringe denne kontakten brukes flere forskjellige fremgangsmåter, se [1] og [3]. Den del av det materialet man da får frem, som brukes til egentlig lettbetongfremstilling, har romvekter under 600 kg/m<sup>3</sup>. Det foreligger en engelsk standard [2] for hvilke krav man må stille til slikt tilslagsmateriale.

Det tilslagsmaterialet man får frem er forholdsvis ubehagelig å behandle når det skal støpes. (Dårlig bearbeidbart, tendens til å flyte opp.) Det brukes derfor mest til fabrikkmessig fremstilling av blokker og plater. Den tyske standard for lettbetongprodukter [4] omfatter også betong av ekspandert høyovnsslagg og fasthetskravene og romvektkravene er de samme som for bimsbetong og betong av vanlig slagg. Materialet er forholdsvis sterkt ved handtering. Det er seigt, og hjørner og kanter blir derfor ikke så lett slått av.

Produktet (plater og blokker) må lagres en stund etter fremstillingen for å bli tilstrekkelig volumbestandig.

Bruk av materialet til å støpe isolasjon på stedet, f. eks. takisolasjoner, forekommer, men her må man ta forskjellige forholdsregler mot ekspansjon etter støpingen.

Ekspandert høyovnsslagg ble før krigen importert til Norge fra Tyskland under betegnelsen kunstbims og brukt til fremstilling av blokker og plater og i en del tilfelle til takisolasjon støpt på stedet.

Når Jernverket i Mo i Rana kommer i gang, kunne man tenke seg at det ble råstoff for en produksjon av slikt lett tilslagsmateriale i Norge. Ifølge en avisnotis skal jernverket ha sluttet avtale med et firma om slik utnyttelse av slaggen.

Det vil formodentlig være nødvendig med relativt omfattende undersøkelser for å bringe på det rene om slagget fra Jernverket egner seg for formålet, og om den kan ekspanderes og transporteres til bruksstedet såpass rimelig at den ferdige lettbetong kan fremstilles til en brukbar pris.

Høyovnsslagg som ikke er ekspandert eller ikke ekspandert i så sterk grad at man får frem en egentlig lettbetong, brukes også i USA som betongtilslagsmateriale. Produktet blir noe lettere enn vanlig betong.

Norge har også andre slaggetilslagsmateriale, men hvorvidt slaggen med fordel kan ekspanderes til brukbare tilslagsmaterialer for lettbetong, vites ikke.

### Ekspandert skifer eller leire

Det har lenge vært kjent at forskjellige leirer og skifere ekspanderte ved opphetning. Evnen til å ekspandere er imidlertid ytterst varierende. I den senere tid har man forsøkt med en rekke forskjellige tilsetningsmidler for å øke ekspansjonen, og det har vist seg at man får svært mange leirer og skifere til å ekspandere så sterkt at de blir gode tilslagsmaterialer for lettbetong. Råmaterialet skifer eller leire opphetes vanligvis i en roterende ovn. For å få frem et godt produkt, er det om å gjøre å ha et råstoff med langt smelteintervall. Samtidig bør smeltetemperaturen av hensyn til brenseløkonomien være lav.

Statens råstofflaboratorium, ingeniør Kvalheim [6] har undersøkt en rekke norske skiferes evne til å ekspandere. Det foreligger dessuten en del private norske undersøkelser av leirer og skifere. En meget omfattende utredning om ekspansjon av amerikanske leirer og skifere er gitt i [5]. Det synes som det er liten sammenheng mellom den kjemiske sammensetning av det råmaterialet som ekspanderes og evnen til ekspansjon. Denne evnen beror formodentlig på meget små forurensinger i råmaterialet, muligens i samvirke med leiren eller skiferen. Ekspansjonsevnen kan forbedres vesentlig ved forskjellige tilsetninger til råstoffet før ekspansjonen. Undersøkelser med 27 forskjellige tilsetninger er referert i [5].

Det synes som om det er forskjellige tilsetningsmidler som gir gode resultater for forskjellige råstoffer. Man kan altså ikke uten videre overføre erfaringene med ekspansjon av et råstoff til et annet råstoff. Man må gjøre forsøk i hvert enkelt tilfelle. Det synes også som om det ikke alltid er så god sammenheng som ønskelig mellom laboratorieresultatene og resultatene i industriell målestokk.

Ekspandert skifer produseres og brukes med meget godt resultat atskillige steder i USA. Bru-

ken av ekspandert leire forekommer også, om enn ikke så utbredt som ekspandert skifer.

I Danmark leveres nå ekspandert leire (Leca), som er ekspandert ved hjelp av et tilsetningsmiddel. Fabrikk for ekspansjon av leire etter det danske patentet er nylig bygd i England og i Finland.

Her i Norge er det fremstilt ekspandert leire ved Hovind teglverk. Leiren ved Hovind teglverk ekspanderer formodentlig uten tilsetningsmidler noe for dårlig. Den betongen man får frem er for tung til at den kan gjøre full nytte som isolering. Så vidt vites er det ikke tidligere forsøkt å forbedre Hovindleirens egenskaper ved tilsetningsmidler til leiren, men slike undersøkelser skal nå være i gang.

Det tilslagsmaterialet som man får frem ved å ekspandere leire eller skifer, er ofte av en slik form og har en slik kornsammensetning at den betongen man skal støpe blir dårlig bearbeidbar, og har lett for å separere. Hvis man vil bedre på disse egenskapene, må man ofte tilsette så mye av de fineste bestanddelene at det går ut over andre egenskaper. I USA brukte man derfor opprinnelig tilslagsmateriale av ekspandert leire eller skifer til fabrikkmessig fremstilling av plater og blokker, og bare i sjeldnere tilfelle til støp av betong på stedet. Det synes imidlertid som man etter hvert har klart å løse mange av de vanskeligheter som det medfører å støpe betong med dette tilslagsmaterialet [8]. Bestemmelsen av blandingsforholdet, kornsammensetningen og vanntilsetningen er imidlertid noe anderledes enn man er vant til fra vanlig betong. En særskilt vanskelighet er støping om vinteren. På grunn av den store isolasjonsevnen er det meget vanskelig å varme opp tilslagsmaterialet ved støping i kulde.

Norske entreprenører som har støpt med klinker fra Hovind, har ofte beklaget seg over vanskeligheter med støpingen. Skulle det lykkes å fremstille lette, norske tilslagsmaterialer av leire, er det god grunn til å studere de amerikanske erfaringer nærmere.

Romvekten på det tilslagsmaterialet man får frem, ligger fra 250—800 kg pr m<sup>3</sup>, for de forskjellige gode tilslagsmaterialer som er i handelen i de forskjellige land. Det danske produktet Leca er et av dem med lavest romvekt. Den betong som fremstilles av slikt tilslagsmateriale, blir så lett at det blir et bra isolasjonsmateriale. De fastheter man oppnår når man klarer å få frem en egnet kornsammensetning med egnet kornform, blir meget gode — bedre enn for andre lettbetonger med tilsvarende romvekt. Svinnet ligger mellom 1½—2 ganger det for vanlig betong, dvs.

vesentlig mindre bevegelser enn noen annen ikke dampherdnet lettbetong. Heftfastheten til armeringsjern er god.

Det må ansees sannsynlig at man kan finne frem til metoder for ekspansjon av norsk leire og skifer som kan føre til et tilfredsstillende tilslagsmateriale for lettbetong. Hvis brenselomkostningene ikke blir altfor store, skulle det synes som om leire og/eller skifer i Norge må kunne danne et brukbart utgangspunkt for fremstilling av tilslagsmateriale for lettbetong.

Det må imidlertid sikkert utføres atskillige kostbare undersøkelser før man kan nå gode resultater. Man må finne leirer (eller skifere) og tilsetningsmidler som passer sammen, og man må regulere produksjonsprosessen slik at det materialet man får frem får en hensiktsmessig korngradering og kornform. De betongteknologiske forhold for dette spesielle tilslagsmateriale må utredes.

### Vermiculite

Vermiculite er et glimmeraktig materiale, som finnes særlig i Syd-Afrika og USA. Når man oppheter det til 600—900°, ekspanderer det til et materiale med romvekt 0,07—0,2, alt etter råstoffets art og opphetningsmetoden. Ekspandert vermiculite brukes i USA., England og en del andre land som tilslagsmateriale til lettbetong. Fasthetsegenskapene er imidlertid — som rimelig er — ikke svært gode. Vermiculite anvendes også som tilslagsmateriale for puss, Pyrok-puss. Slik puss ser ut til å ha mange gode egenskaper.

Et lettere tilslagsmateriale er det neppe tenkbart å fremskaffe. Vermiculite finnes hos oss i noen små forekomster, som antakelig ikke er videre velegnet, og måtte, hvis det skulle anvendes her, formodentlig importeres. Målt i volum er — på grunn av den meget store ekspansjon — den mengden som må importeres, liten i forhold til det ferdige produkt. Det arbeides med å få i gang et anlegg for ekspansjon av vermiculite i Norge.

### Perlite

Perlite og andre vulkanske glass ekspanderer når de blir opphetet til smelting til et bimsliknende materiale. Ekspansjonen beror på et vanninnhold på noen få prosent. De siste 10-årene har man i USA anvendt ekspandert perlite som tilslagsmateriale til lettbetong og til puss. Anvendelsen øker meget sterkt. Romvekten på tilslagsmaterialet, slik som det brukes i praksis, varierer fra 0,15 til 0,3; det er altså meget lett. Fasthetsegenskapene blir ikke svært gode.

Vi mangler perlite i Norge, og det vil derfor formodentlig ikke spille noen videre rolle her.

### Organiske tilslagsmaterialer

Det er vesentlig sagflis som har vært anvendt. Sagflis som tilslagsmateriale ble først brukt i Sverige, og har senere funnet en del anvendelse også i de øvrige skandinaviske land. Under krigen ble materialet også anvendt i England, og det er delvis også prøvd i andre land, f. eks. Tyskland.

Sagflis er hos oss et billig avfallsprodukt, som det er av betydning å finne en god anvendelse for.

Tre inneholder flere stoffer — sukkerarter, garvestoffer og harpikser — som virker skadelig på sement, og som kan hindre dens avbinding. Det er antakelig særlig sukker som er skadelig. Garvestoffer forekommer først og fremst i barken; harpikser gjør antakelig mindre skade. Innholdet av disse stoffer varierer innen vide grenser med treslag og treets behandling. Selv flisen av de treslag som inneholder lite av disse stoffene (gran), må man behandle for å oppnå en tilfredsstillende betong. Det fins en rekke forskjellige slike behandlinger. En oversikt er gitt i [13]. Det ser ut som om den beste kontroll man har funnet frem til om flisen er brukbar, er den såkalte permaganatprøve. Nærmere data om denne er gitt i [14].

Den betongen man støper av sagflis får en romvekt fra 0,7 til 1,6, men vil for slik betong som må brukes i blokker, ligge mellom 1,1 og 1,6. Man kan oppnå fastheter som gjør blokker av slik betong brukbare til bærende formål. Romvekten er såpass stor at varmeisolasjonen, iallfall for bærende blokker, ikke blir svært god. Sagflisbetong beveger seg meget med fuktighetsvariasjoner fra 0,15 til 0,6 %, og har det mangedobbelte av vanlig betongs bevegelser som følge av svinn.

Elastisitetsmodulen for sagflisbetong er lavere enn for andre lettbetonger. Dette kan ha betydning hvor betongen brukes som underlag for gulvbelegg o. l.

Det ser ut som om sagflisbetongs varmeisolerende evne ikke avtar fullt så sterkt ved økende fuktighet som vanlig for anorganiske materialer. Sagflisbetong er forholdsvis spikerfast.

Man vet ennå lite om materialet kan bli ødelagt med tiden. Det har forekommet enkelte alarmende meldinger, som imidlertid ved nærmere undersøkelse har vist seg å være sterkt overdrevne. Man har også eksempler på at slik betong har klart seg godt under vanskelige forhold i relativt lange tidsrom. Alt i alt ser det ut som om sagflisbetong *riktig* fremstilt, skulle kunne være tilstrekkelig holdbar.

Det er temmelig vanskelig å støpe sagflisbetong. Tilslagsmaterialet har tilbøyelighet til å flyte opp. Det er derfor mest anvendt til støping av blok-

ker o. l. på fabrikker. Det er gjort noen få forsøk på å støpe slik betong på stedet til bærende konstruksjoner. Disse forsøkene har lyktes forholdsvis bra, men man har måttet ta relativt omfattende forholdsregler mot svinn; fuger med korte mellomrom, som støpes igjen etter at det vesentligste av svinnet har funnet sted. Det støpes en del gulvisolasjon o. l. med sagflis som tilslagsmateriale. Sagflisen suger meget vann; man må derfor arbeide med betydelig større vannsementfaktor enn man er vant til i vanlig betong, for å oppnå en tilfredsstillende kvalitet. Utenom betong brukes sagflis også som tilslagsmateriale i puss.

Det har vært uhell med anvendelse av sagflis til betong. I den senere tid har man imidlertid begynt å få atskillig bedre oversikt over de kjemiske forhold som her har betydning, og det er derfor all utsikt til at man skal kunne preparere sagflis så den blir et brukbart tilslagsmateriale. Det fordrer imidlertid ansvarsfølelse hos den som skal preparere flisen og streng kontroll med produktet. Betongen vil antakelig på grunn av det forholdsvis store svinn, fortrinnsvis bli anvendt i blokker o. l. fabrikkfremstilte produkter.

Alt i alt må en anta at dette materialet vil få en del betydning i tiden fremover.

Treullsementplater, kutterflis-sementplater og liknende produkter (som det sveitsiske *Durisol*) er i slekt med sagflisbetongen, men kan vel ikke regnes til vanlig lettbetong. Av andre organiske materialer er torv forsøkt som tilslagsmateriale, men det er vel ikke sannsynlig at dette vil få betydning utenom spesielle forhold.

### 3. Betong med luft- (gass-) fylte porer

(Må ikke sammenblandes med såkalt luftporebetong, som er vanlig betong, men med et lite luftporeinnhold.) Ved de tidligere nevnte arter av lettbetonger har man benyttet et lett tilslagsmateriale. Ved de arter av lettbetong som det her er tale om, sørger man for å få dannet luft- eller gassfylte porer i en betongmasse. Luft- (eller gass-) fylte porer kan man få frem på flere måter.

Ved tilsetting av poredannende middel

Den vanligste tilsetning er aluminiumspulver. Aluminiumspulver vil reagere med kalk og sement (begge brukes som bindemiddel). Det dannes gass og massen eser opp, blir porefylt og dermed lett.

Som tilslagsstoff må brukes en meget finkornet sand. Den lettbetongen man får frem på denne måten har store volumendringer etter støpingen, og bevegelsene varer i lang tid.

Hvis man herdner slik betong under overhett damp, blir man kvitt de aller vesentligste av disse bevegelsene, og det meste av slike lettbetonger som fremstilles nå, er derfor dampherdnet.

Slik dampherdning forlanger temmelig store stasjonære anlegg, som fremstiller blokker, plater, o. l. Fremstillingsprosessen ellers er også så vanskelig å regulere at den egner seg best for fabrikkmessig drift.

Her i Norge fabrikeres *Siporex* og *Ytong*; den første med sement, den siste med kalk som bindemiddel. Ved begge anleggene støpes massen ut til store blokker som sages opp til plater og mindre blokker, og så dampherdnes. Det fremstilles også armerte plater til bruk som fritt bærende takplater, i gulv, o. l.

Produktene fremstilles i flere romvekter fra 0,4 til rene isolasjonsformål på forholdsvis beskyttede steder, til 0,7 til bærende formål.

Fastheten vil variere med romvekten fra 30 til 60 kg/cm<sup>2</sup>. Vannoppsugingen er noe forskjellig; *Siporex* suger langsomt opp vann, men tørker til gjengjeld langsomt ut. Forholdene ved *Ytong* synes å likne mer på teglstein. Materialene tilfredsstiller de vanlige prøver på frostbestandighet. Det tilrådes dog forsiktighet med de laveste romvekter.

Volumbestandigheten av materialet etter dampherdningen er meget god. Overflaten av materialet vil ofte ha en del løse skall, o. l., fremkommet ved saging av blokkene. Alt slikt løst materiale må fjernes omhyggelig før pussingen. Ved puss på materialet bør overflaten styrkes ved en grunning med sementmørtel. Man er fortsatt noe usikker på om det er riktig å pusse på et slikt materiale i meget værharde strøk. Produksjonskapasiteten av *Siporex* og *Ytong* er i dag sammenlagt ca 120 000 m<sup>3</sup>. Begge fabrikker er høyt mekanisert og tillater en god kontroll med produktene. Fabrikkene ligger på Østlandet, forholdsvis nær Oslo, og transportomkostningene til enkelte deler av landet er meget store.

Som nevnt brukes nå vesentlig dampherdnet lettbetong av denne typen. En unntakelse kan det være verd å nevne — nemlig *Schieferola*. Den har vært brukt i Sverige til på stedet å støpe større ytterveggelementer i lettbetong. Elementene blir montert etter støpingen. Det er også her aluminiumspulver som forårsaker gassdannelsen. *Schieferola* består foruten av aluminiumspulver, av stoffer som påskynder betongens avbinding, og dessuten av stoffer som nøytraliserer humussyre i tilslagsmaterialet.

I Tyskland har man [16] anvendt vannstoffsuperoksyd og klorkalk som poredannende middel (DRP 572259 og 574623). Det er foreslått også å

bruke andre stoffer (kalsiumkarbid), men så vidt forfatteren vet er disse forslag ikke ført til noen større anvendelse.

Ved tilsetning av skumdannende og skumstabiliserende midler

Ved å tilsette slike midler til blandevannet og blande betongen meget kraftig, kan man produsere tilstrekkelig med porer til å danne en lettbetong. Denne metoden egner seg best hvis man vil oppnå en lettbetong med romvekter fra 1,2 til 1,6. Ved først å piske vannet med det skummdannende middel til skum, og så tilsette sement og tilslagsmateriale, kan man komme ned med romvekten til ca 0,30.

Av slike betonger har to vært brukt i Norge i noen utstrekning, *Cellebeton* og *Betocel*. I utlandet fins også andre. De skummdannende midler som anvendes, omgis ofte med hemmelighetsfullhet. Slik lettbetong har særlig vært brukt til isolasjon, støpt på stedet, men anvendelse til blokker skal også forekomme. Volumbestandigheten er ofte dårlig og krever spesielle forholdsregler for at skader ikke skal oppstå. Fastheten av de letteste lettbetonger blir selvsagt dårlig, men for de tyngre arter kan fastheten komme opp imot fastheten for lettbetonger som er est opp med aluminiumspulver.

De kvanta som medgår av de skummdannende midlene er forholdsvis små, og slik lettbetong burde derfor ha omtrent like store muligheter i Norge som i andre land.

### Hvilke krav stilles til lettbetong i Norge?

På initiativ av Kommunaldepartementet, Kontoret for bygnings- og brannvesen, er det utarbeidd et forslag til forskrifter for lettbetong. Dette forslaget er formet som en rammeforskrift, som det er forutsetningen skal kompletteres med regler for de forskjellige arter av lettbetonger etter hvert som disse blir aktuelle.

I dette forslaget kreves det at lettbetongen skal ha en minste fasthet som følger:

Isolasjon støpt på stedet 15 kg/cm<sup>2</sup>

Isolasjon prefabrikkert 20 kg/cm<sup>2</sup>

Bærende vegger 40 kg/cm<sup>2</sup>

Dette er krav som de fleste av de forannevnte lettbetonger kan bringes til å oppfylle. For enkelte arter av lettbetonger kan man imidlertid måtte gjøre betongen så tung at varmeledningsevnen blir i dårligste laget for yttervegger. Av hensyn til isolasjonsevnen bør lettbetong antakelig hos oss ha en romvekt på helst ikke over 0,7, men dette kan på ingen måte ansees som noen absolutt grense.

Ved anvendelse i yttervegger er det vanskeligste spørsmål frostbestandigheten. Om dette sier forslaget:

«Prøver av egnet størrelse prøves ved inntil 25 gangers innsetting i fryserom ved  $\div 15^{\circ}\text{C}$  og etterfølgende opptining i vann av  $+ 20^{\circ}\text{C}$ ,» og senere

«Resultatene av frostforsøkene tillegges bare orienterende betydning. Erfaringer fra praksis må gis tilbørlig vekt ved en vurdering av materialets frostsikkerhet.»

Den siste bemerkning er sikkert meget viktig. Ved den første prøve kan man komme til å forkaste brukbar lettbetong. Dessverre mangler man ofte de nødvendige erfaringer fra praksis.

Den største vanskeligheten ved lettbetonger er som regel deres volumforandringer. Her synes de lettbetonger som er est opp med aluminiumspulver og dampherdet, å stå i en særstilling. Betong støpt av ekspandert leire eller skifer synes også å ha forholdsvis små volumendringer.

Vannoppsuging er viktig, særlig for yttervegger. Enkelte arter av lettbetonger suger opp vann langsomt, (beroende på liten kommunikasjon mellom porene), men til gjengjeld tørker disse tilsvarende langsomt.

Hvis man ser på egenskapene til lettbetonger som er omtalt foran, synes det som om de fleste av dem måtte kunne brukes i Norge. Man må muligens ta enkelte reservasjoner for anvendelsen av de aller letteste til enkelte formål. En vanskelighet ved mange, som forlanger særlige forholdsregler, er imidlertid volumforandringene, men dette er ikke et spesielt norsk forhold.

### Hvilke lettbetonger kan få betydning i Norge?

Det synes som vi må ha et godt råstoffgrunnlag for følgende tilslagsmateriale til lettbetong:

Ekspandert leire eller skifer.

Preparert sagflis.

Men anvendelsen av lettbetong med sagflis som tilslagsmateriale vil neppe få et svært stort omfang, selv om utbredelsen kan bli atskillig større enn i dag.

De forskjellige typer av lettbetong som er est opp med et poredannende middel, og de forskjellige typer basert på skummdannende midler, skulle ha like gode muligheter i Norge som andre steder.

Smelteovnsagg (høyovnsagg) kan muligens vise seg å være et brukbart grunnlag for lett tilslagsmateriale til lettbetong. Situasjonen i dag og ønskene for en fremtidig utvikling skulle da bli:

a. Produksjonen av oppeste og dampherdede lettbetonger er kommet godt i gang.

b. Det skulle være all grunn til å utrede muligheten for ekspansjon av leirer og skifere, og om mulig få i gang en produksjon av slike tilslagsmaterialer.

c. Muligheten av å utnytte slagg fra Jernverket burde undersøkes.

### Litteraturfortegnelse:

Denne fortegnelse inneholder bare litteratur som det er henvist til foran. De nedenfor angitte publikasjoner, særlig [3], inneholder omfattende henvisninger til annen litteratur.

- [1] United States Department of the Interior Bureau of Mines. Bulletin no. 479 Iron Blast-Furnace Slag. Production, Processing, Properties and Uses.
- [2] *British Standard No. 877 — 1949.* (Incorporating amendment Issued April 1947.)
- [3] *T. Withaker.* Lightweight Concretes: A Review. Building Research Congress, London 1951. Division 2.
- [4] DIN 18152 Vollsteine aus Leichtbeton.
- [5] *J. E. Conley, Wilson, Klinefelter and others.* Report of the Investigations. Production of lightweight concrete aggregates from clays, shales, slates and other materials. RI 4401 November i 1948. U. S. Bureau of Mines.

- [6] *Aslak Kvalheim.* Mulighetene for fremstilling av lette porøse tilslagsmaterialer av norske bergarter. Fortrykk av foredrag ved 4. norske ingeniormøte 6.—7. september 1949.
- [7] *K. Martin Mårbjerg.* Uorganiske aggregater for lettbetoner og disse betoners egenskaper. Ingeniøren 18. mars 1950.
- [8] *John A. Murlin and Cedric Wilson.* Field Practice in Lightweight Concrete. Journal of American Concrete Institute, September 1952.
- [9] Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Batiment Januar 1949.
- [10] *Housing and Home Finance Agency.* Lightweight Aggregate Concrete. Washington August 1949.
- [11] *Oliver C. Balston and John E. Conley.* Lightweight Aggregates for Concretes. National Ready Mixed Concrete Association. Miscellaneous Publication no. 23.
- [12] *Perry H. Petersen.* Properties of Some Lightweight-Aggregate Concretes with and without Air-Entraining Admixture. United States Department of Commerce, Building Research Materials and Structures, Report BM 5112.
- [13] *Vitold Saretok.* Sagspanbetongens kemi. Cement och Betong, 1952, nr 3.
- [14] *Olaf Hansson.* Undersökning av träspan medelst permatannatmetoden. Cement och Betong, 1952, nr 3.
- [15] British Standard Specification 1165 : 1947. (Clinker Aggregate for Plain Concrete.)
- [16] *Otto Graf.* Gasbeton, Schaumbeton, Leichtkalkbeton. Stuttgart 1949.

## SUMMARY

### LIGHTWEIGHT CONCRETE

Timber is the basic material used in three-fourths of the houses built in Norway today. The evolution, however, is toward the use of materials basically mineral, such as lightweight concrete.

At the present time about 120.000 m<sup>3</sup> of lightweight concrete are produced annually in Norway, with reason to expect that the demand will increase.

This article reviews the different types of lightweight concretes known today, citing their most important properties. An attempt is made to evaluate these properties in light of the conditions peculiar to Norway (availability of raw materials, etc.). Specifications for lightweight concretes are briefly reviewed.

It is concluded that conditions are propitious for those lightweight concretes (Siporex and Ytong) on the market today. Increased use of expanded clay as an aggregate for lightweight concrete would also be desirable. Sawdust-concrete is today produced in smaller quantities, but should receive increased attention. It is also recommended that the use of expanded slag waste from the newly established Norwegian Steel and Iron Works, as a lightweight concrete aggregate, be investigated.