

MINERALSKE BYGGEMATERIALER

En remiks

Innhold:

- **Grunnmaterialer** s. 4
- **Tegl** s. 7
- **Skumglass** s. 16
- **Leire som byggemateriale** s. 16
- **Kalksandstein** s. 17
- **Porebetong / Lettbetong** s. 18
- **Skumbetong** s. 20
- **Betong** s. 22
- **Gulvavrettingsmasser** s. 29
- **Hempcrete** s. 29
- **Murmørtel** s. 30
- **Puss** s. 31

Fordeler med murhus:

- Lengre holdbarhet og lavere krav til vedlikehold og reparasjoner.
- God lydisolering.
- God varmelagringsevne med påfølgende behagelig boklima (unngår vakumklima).
- Reagerer raskt på temperaturendringer.
- Bedre lufttetthet.
- Fritt for råte- og insektskader.
- Brenner ikke.
- leire har ubegrenset formfrihet.

Ulemper med murhus:

- Byggingen tar lengre tid.
- Problemer med fukt i huset den første tiden etter byggingen.
- Byggematerialene (tegl, betong, sandstein, kalkmørtel) krever mye energi under tilvirkning.
- God varmeisolering er oftest bare mulig å oppnå med sjikt av andre materialer.
- Kostnadene ved om- og utbygging er høyere.
- Armeringsjern kan forsterke elektromagnetiske felt, fange opp vagabonderende strømmer og skape et Faradays bur.
- Betong har dårlige fuktregulerende egenskaper, gode fuktregulatorer som kalk- og leirepuss biter dårlig på betong.



Godt murverk er varig, her fra Colosseum i Roma

Råmaterialene til mineralske byggematerialer er leire, sand, grus og ulike bergarter. De finnes bokstavelig talt så godt som overalt og har oftest vært utvunnet og nyttet i lang tid. Det mest bærekraftige er å utvinne dem nærmest mulig der de skal anvendes. Problemet med utvinningen er at den kan forstyrre landskapet, samt at viderebearbeidingen innebærer energikrevende og miljøbelastende innslag.

GRUNNMATERIALER

Sement

Sement er et vannbasert bindemiddel for mørtel, betong, puss og forskjellige byggprodukter, som heller, kantstein, formstein, rør, fiberblandede sementmaterialer (sementbundne sponplater og treullplater etc.), lettbetong og mange veggbyggematerialer. Sement vil sammen med vann herde og danne ei steinhard masse.

En spennende nyskaping er COIN (Concrete Innovation Centre), med SINTEF som vertsinstusjon. De arbeider med å utvikle nye sementtyper som krever betydelig mindre energibruk, da den høye energiinnsatsen er den alvorligste innvendingen mot betong fra et økologisk ståsted. De arbeider også for å kunne bytte ut stangarmering, som er meget energikrevende, med bruk av korte fibre som tilsettes betongen under blandingen. Det finnes store utfordringer knyttet til dette, spesielt i bjelker og dekker, men COIN har som mål å løse utfordringene. Kanskje er betong framtidens miljøvennlige byggemateriale? Se www.coinweb.no.

Den reineste formen for sement er portlandssement, som dominerer totalt i Norge. Denne består av:

- 64 % brennt kalk (CaO)
- 20 % kiselsyre
- 5 % feltspatholdig leire (Al₂O₃)
- 8,5 % annet materiale, som kalsiumsulfat, masovnsslagg og flygeaske (kan være radioaktive), oljeskifer, kalksteinsmjøl, pimpsteinsmjøl, bentonitt med mer.

Råmaterialene utvinnes fra kalk- leire- og grustak, samt avfall fra stål- og kullkraftverk. Disse råmaterialene males ned og brennes ved en temperatur på ca 1500 grader. Ved forbrenningen oppstår en del dioksin og furan, samt at det frigjøres giftig støv og tungmetaller, som thallium og kvikksølv. For å unngå at dette havner i naturen kreves avansert rensutstyr. Den høye framstillingstemperaturen gjør sement til et energikrevende byggemateriale. Sement inneholder 20 – 200 mg krom per kg. Særlig det meget giftige krom VI (mellom 0,1 og 26 ppm.) kan gi opphav til eksem, som kalles murerkabb. Kromrik sement bør derfor unngås.

Sement er også svært alkalisk (pH-verdi på 11-13), noe som kan lede til hudproblemer ved anvendelse. En del sementtyper, som jernportland-, masovns- og pimpsteinsmjølsement, kan være radioaktive. Man kan vitterlig ikke unngå å bruke betong når man bygger økologiske hus, men man bør bruke så lite som mulig. Som etasjeskillende elementer kan benyttes massivtreelementer, som kan ha like lange spenn som spennbetong.

Sementproduksjonen står for 5 % av alle CO₂-utslipp i verden, men for norskprodusert sement benyttes ca 50 % bioenergi, så denne er noe mer miljøvennlig. Betongen binder dessuten opp igjen noe CO₂ gjennom livsløpet pga. karbonatisering. Karbonatiseringen gjør betongen mindre basisk, armeringsjern får da dårligere beskyttet mot fukt og rust, fordi den høye pHen danner en beskyttende oksidfilm på overflata til armeringen.

Alt du trenger å vite om betong fra portlandssement finner du i *Betongboka* fra Norcem, Gyldendal Forlag.

Kalk

For pussmørtel, murmørtel og kalksandstein er bindemiddelet kalk. Kalken utvinnes gjennom brenning av kalksandstein (kalsiumkarbonat, CaCO_3), hovedsakelig fra dagbrudd. Når kalksteinen opphetes til 900 grader reduseres den til brent kalk (CaO). Om brent kalk vanngytes, omvandles den under sterk varme til lesket kalk (Ca(OH)_2). Lesket kalk kan brukes til å pusse inner- og yttervegger, og lesket kalk utrørt i vann kan brukes til å kvitkalke hus og leiegårder. Dermed forenes den med karbondioksid i lufta og går tilbake til fast kalkstein. Også kalk kan inneholde krom IV. Lesket kalk er sterkt alkalisk og etsende, men knappest radioaktiv. Kalk absorberer godt ulike emner i atmosfæren, som svovelsyre, samt at den er desinfiserende. Dette sammen med kalkens meget gode fuktutjevne egenskaper, gjør kalk til et særskilt bra bindemiddel i pussmørtel. Gjenvinning og avfall er uproblematisk, om ingen skadelige emner tilsettes kalken.

Ekte hussopp (*Serpula lacrymans*) trenger kalk (kalsium fra kalsiumkarbonat) for å nøytralisere oksalsyre den produserer under nedbrytingen av trevirke. Denne verstingsoppen kan ikke overleve i rene trekonstruksjoner. Har den først etablert seg kan den spre seg lynraskt, fordi den egenhendig kan frakte vann over lange avstander eller utvinne vann fra veden den bryter ned, og slik lage seg optimale vekstbetingelser (30 % fuktkvote i treet og +20 °C). Derfor bør man utvise en viss forsiktighet med å blande kalkholdige materialer (kalk, steinull, jord, rotnet betong etc.) med trevirke. Soppen dør ved temperaturer over 40 °C.

Karbonatiseringen kan med tiden binde tilbake en hel del av de CO₂-utslippene som genereres under produksjonen.

Gips

Gips egner seg som bindemiddel innomhus for pussing, stukkatur, byggeplater og gulv. Gips består av kalsiumsulfater fra en reaksjon mellom svovelsyre og kalkstein. Naturlig gips framstilles av gipsstein (anhydritgips), som hovedsakelig importeres fra Russland og Spania. Mye gips kommer fra industriell avsvovling av røykgasser, såkalt REA-gips, som er mye brukt i Mellom-Europa. Vannet i gipsen frigis ved at den varmes opp til 100-300 grader. Om gipsen igjen tilføres vann får man et fast, porøst materiale, hvorav 40-75 % av volumet består av luftporer. Gips gir god brannbeskyttelse og demper romklang, men er et heller dårlig fuktregulerende materiale. Ved en innendørs luftfuktighet på 50 % og 2 cm tykk veggkledning, kan en kalkpuss absorbere 1,8 kg/m² fukt, heltrepanel 1,08 kg/m² fukt, mens gipsplater kun vil oppta 0,09 kg/m² fukt. Gips er en rikholdig lagerressurs.

Naturgips inneholder ubetydelige mengder helseskadelige emner, men REA-gips har enda mindre tungmetaller enn naturgips. Biproduktgips, som fås ved produksjon av fosforsyre og rensing av avløpsvann, kan inneholde betydelige mengder tungmetaller og kan være radioaktiv.

Leire

Leire består hovedsakelig av aluminiumsilikater, dvs. produkter fra forvitring av mineralet feltspat. Leire blandet med fin kvartssand og små glimmerfjøn, utgjør det materialet som på tysk skrives Lehm og på engelsk loam. Ubrent sådan leire kan anvendes til vegger, til sparkling av vegger og innertak, til mørtel og puss samt til gulv. Blandet med vanlig leire brennes denne til leirstein, som murstein, taktegl og gulvtegl av ulike slag.

Leiren vil inneholde små mengder jern, magnesium, kalium, kalsium, natrium og lignende. Partiklene har en lang, sekskantet og irregulær platestruktur. Primær leire har en ordnet platestruktur, mens sekundær leire er uordnet. Denne platestrukturen er omringet av vann og platene kan skli i forhold til hverandre. De bindes ved friksjon.

Leire er en fraksjon innenfor kategorien mineralske jordarter. Den defineres som en jordart som består av kornstørrelser mindre enn 0,002 mm, og som er plastisk i våt tilstand. For å avgjøre om det er leire kan man foreta en liten "smaksprøve". Kjenner du fine sandkorn er det silt, og er ikke egnet. Leire kan man bl.a. finne ved bredden av små sjøer, eller i bunnen av en bakke. Grav et lite hull på omkring 30 cm gjennom topplaget, for å se om det finnes leire under.

Blåleire er en finkornet leire, avsatt som sedimenter på havbunnen. Blåleire finnes i områder som ligger under den marine grense, vanligvis er det denne man tenker på for leire som byggemateriale. I områder med store blåleireresurser dannet denne grunnlaget for en omfattende teglindustri, bl.a. langsetter Vormo og Glomma.

Leire finnes i en variasjon av fargenyanser omkring i verden, rød, gul, hvit, blå, grønn, lysebrun, mørkebrun, grå, etc.

Fraksjoner		Kornstørrelse
Grovinndeling	Fininndeling	i mm
Blokk	-	> 600
Stein	-	600 – 60
Grus	Grovgrus	60 – 20
	Mellomgrus	20 – 6
	Fingrus	6 – 2
	Grovsand	2 – 0,2
	Mellomsand	0,6 – 0,2
	Finsand	0,2 – 0,06
	Grovsilt	0,06 – 0,02
	Mellomsilt	0,02 – 0,006
	Finsilt	0,006 – 0,002
	Leire	< 0,002

TEGL

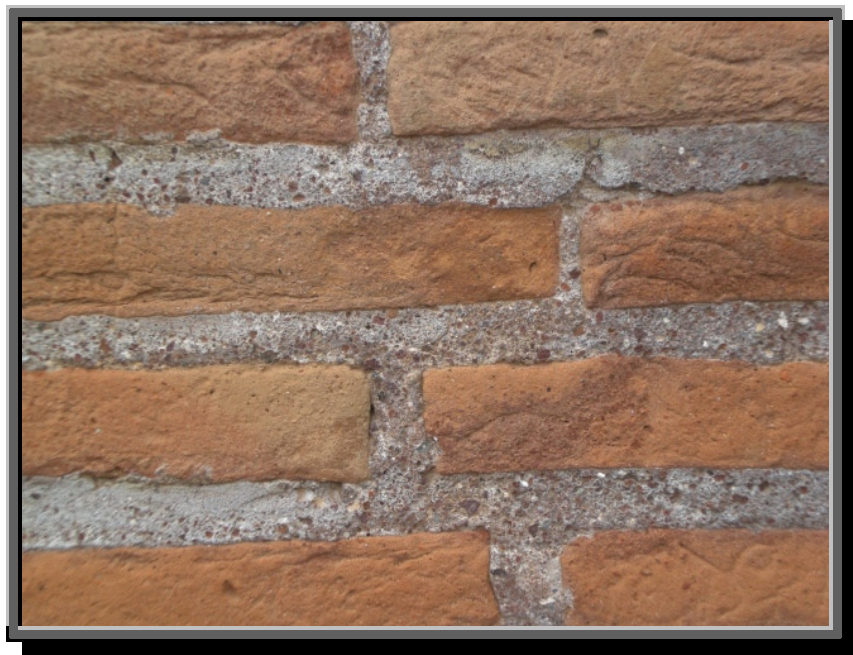
- Tegl gir store muligheter til arkitektonisk virkning og uttrykk gjennom variasjoner i kulør, brenning, mønster, forband, fugemørtel/form, slammning, tynnpuss, tykkpuss, maling med mer.
- Gode tekniske egenskaper: bæreevne, brannbeskyttelse, lydisolering, stor motstandskraft mot ytre påvirkninger av så vel forurensninger som slag, støt, med mer.
- Gunstig for innomhusklimaet da det har evne til å ta opp og avgi varme og fukt. Det beste varmeutjevne materiale, da tre avgir og opptar varme/kulde for langsomt og betong for hurtig. Avgir ingen skadelige gasser.
- Innebærer raskt byggende, taket kan komme på tidlig. Tommelfingerregel: En erfaren murer murer ca 1 m² halvsteinsmur på en time og 1 m² isolert kanalmur på to timer.
- Få inngående materialer minsker sårbarheten under bygging og drift. Mulig å reparere gjennom å bytte ut enkelte steiner (fordel med mørtel noe svakere enn steinen).
- Kan i prinsippet produseres lokalt.



Utsnitt fra et teglsteinsbelagt middelaldertorg, San Gimignano, Toscana

Råvaren til tegl er en blanding av leirer, som ofte iblandes emner som gir porer i teglet (sagspon og cellulose – unipor-systemet) eller kuler av polystyren (poroton-systemet, gir dårlig fuktregulerende makroporer). Denne blandingen presses gjennom et munnstykke som gir massen de blivende steinenes form og evt. hull, som skjæres av i rette lengder. Råteglsteinene plasseres deretter i et tørkerom som varmes av hovedovnens overskuddsvarme. Siden transporteres de inn i den tunnelformede hovedovnen, hvor de tørre leirsteinene brennes ved en temperatur mellom 800 og 1200 grader i snaut tre timer. Under brenningen brenner sagsponene eller polystyrenkulene opp og etterlater varmeisolerende porer. På det meste var det nærmere 200 teglverk i Norge, i dag har vi kun ett tilbake, Bratsberg Teglverk i Telemark. Her ligger også Nasjonalt Teglsenter, hvor du kan skaffe deg den informasjon du trenger om dette vakre materialet, www.nasjonalt-teglsenter.no.

Tegl har mennesket brukt som byggemateriale i over 5000 år overalt i verden. Før i tiden arbeidet man kun med heltegl, men under de siste 50 år har det blitt mer og mer hulltegl. Det aller siste er et såkalt vokskaketegl, som ligner på bivoksplater. Dette er en balansegang mellom best mulig styrke kontra varmeisolering. Vokskaketegl har λ på 0,12 W/mK, mens poretegl har λ på 0,20 W/mK. Heltegl forekommer nå kun i form av klinker, dvs. tegl som brennes ved en så høy temperatur at det sintres fullstendig. Dette klinkerteglet har knapt noen fuktbufferende egenskaper, men er svært robust og ildfast. Gjennomsintret tegl brukes helst i ildsteder og skorsteiner.



En snart 2000 år gammel teglsteinsmur

Tegl består av et uttall tynne og lange gjennomgående mikroporer som er forbundet med hverandre. Fukt blir derfor raskt tatt opp og raskt returnert ved senkning av den relative luftfuktigheten. Vi finner mest mikroporer i lavbrent tegl. Det samme gjelder poretegl brent med min. 15-20 % kalk. Mens vanlig høybrent tegl kan ta opp maksimum 0,9 – 1,4 liter vann/m², kan disse typene absorbere mer enn 3 liter. I høybrent tegl er en del av mikroporene smeltet sammen til makroporer. Det gjelder også for poretegl brent med isoporkuler. Høyporøs tegl er utmerket som fuktregulerende sjikt i badrom. Ved å bruke fuktutjevner tegl og minst mulig klinkerfliser på badet, unngår man kondens og fukt på speilet. Fram til 50-tallet var det vanlig å først mure opp bad- og våtrom i tegl, for så å bygge tørre rom i tre. Denne tradisjonen gjenopptok de ved Understenshöjden økoby i Stockholm. Dagens bad er en giftpøl av membraner, fugemasser, våtromsmaling og tettesjikt, uten fuktutjevner egenskaper.

Ved å tilsette teglen stoffer som brennes ut når steinen bakes, øker poreinnholdet, noe som gir bedre isolasjonsverdi og høyere fukttoppsug. Vanlige utbrenningsstoffer er sagflis, torvmuld, hakket halm og pulverisert kull. Unngå porotontegl, hvor det er brukt isoporkuler under utbrenningen, noe som gir dårlig fuktregulerende makroporer.

Porøsiteten, og dermed isolasjonsevnen og fuktabsorpsjonen, øker også ved at man tilsetter utgassingsstoffer i andeler på 15-20 %. Dette kan være oppmalt kalk, dolomitt eller marmor, som under brenningen reagerer med å utvikle karbondioksid. Tilsetningene binder også avgasser av svovel og fluor til ufarlige sammensetninger, f. eks. gips.

Teglen kan tilsettes isolasjonsstoff i form av kiselgur i andeler opp til 90 %. Kiselgur er luftfylte forsteininger etter kiselalger. Resultatet er en blokk med god isolasjonsevne og høyt vannoppsug.

Produksjonen av tegl krever mye energi. Men samtidig har teglproduktene minimalt vedlikeholdsbehov og høy holdbarhet, og vil i de fleste tilfeller langt overleve de fleste andre materialer i huset. Dieter Hoffmann-Athlem uttrykker dette i sitt sivilisasjonskritiske paradoks: ”Tegl er nesten for holdbart til å ha noen sjanse i dag”. Produktene er meget bestandige overfor de fleste kjemiske angrep, unntatt de sterkeste syrer. Bl.a. blir dreneringsrør av tegl ikke skadet av å ligge i sur jord, i motsetning til betongrør. Også den visuelle aldringen er av en helt annen kvalitet enn for betong.



Man kan også ta miljøhensyn ved å mure inn gode hekke- og hvileplasser

I dette perspektivet er det viktig at teglkonstruksjoner utformes med henblikk på gjenbruk. Omfattende og planmessige gjenbruksrutiner kan på mange måter representere viktige forutsetninger for å akseptere tegl som et økologisk forsvarlig konstruksjonsmateriale.

Forurensningsutslippene fra teglindustrien kan imidlertid på relativt enkelt vis renses ut ved nedvasking eller ved tilsetning av kalk til leiren. Og teglkonstruksjoners totale energibruk kan reduseres vesentlig ved differensiert bruk av produkter med ulik brenning, bl.a. konsekvent bruk av lavbrent tegl på mindre utsatte steder.

Så sent som på 1950-tallet var lysbrent, velbrent og klinker standard på teglverkene. Også ”sterk-og-lett-stein” brent med flis, kullpulver, torv, stråhakkelse eller lignende var vanlig. Tegl som er brent ved 200-400 grader, har holdt seg i minst 4000 år uten alvorlige skader.

Men dette er i varmere strøk. Hos oss vil vannoppsuget i slik stein være så vidt stor at vi kan risikere frostsprenging hvis muren er utsatt for vær og vind. Med en god puss blir dette problemet mindre, og vi må regne med at en rekke av Nordens pussede teglbygninger fra middelalderen er bygd av relativt lavbrent stein.

Dessverre er det i dag ikke vanlig med differensiert brenning av tegl i Skandinavia, og å frakte lavbrent tegl fra for eksempel Nederland, vil kreve mer energi enn hva man sparer.

I huset er tegl jevnt over et sunt materiale. Det kan inneholde noe radioaktivt materiale, men inneklimate i teglhus har jevnt over vist seg å være mindre belastende enn i betonghus. Vi må likevel være på vakt der det er brukt tilslag av radioaktivt materiale fra industrien, som flygeaske og masovnslagg. Ellers regnes tegl for å ha en positiv innvirkning på inneklimate, særlig de mest porerike produktene, som er utmerkede fuktregulatorer. Avsyring av teglvegger med saltsyre kan føre til inneklimateproblemer. Men en erfaren murer unngår søl og syrevask.

Teglelementene



Detalj fra Colosseum

Av konstruksjonstegl finnes det tre hovedtyper i bruk: massiv stein, hulltegl og lettegl. I tillegg har vi zytanblokken, som er brent sammen av ekspanderte leirekuler. Hullteglet er det vanligste. Her sparer man leire, samtidig som isolasjonsevnen øker noe. I tillegg er den lettere, og den gir fastere konstruksjoner ved å binde bedre til mørtelen. Hullene må imidlertid være så små at det ikke glir mørtel ned i dem og fyller dem opp. I Norge forhandles hulltegl i

to utgaver, 1600 og 1400 kg/m³. Den førstnevnte har luftrom mindre enn 15 % og den sistnevnte over 15 %.

Historisk har størrelse og utforming av teglstein variert mye. Romerne brente vanligvis kvadratiske eller trekantete byggetegl med sider opp til 60 cm og tykkelse 4 cm. De lagde også halvsirkler og diverse teglornamenter. Den rektangulære steinen har, med noen få unntak, alltid blitt framstilt etter det prinsippet at lengden skal være to ganger bredden pluss en fuge. Norsk standardformat er i dag 228/85/35 mm.

På kontinentet er dekker og bjelker med tegl som hovedmateriale temmelig utbredt. I teglbjelkene blir konstruksjonen spent sammen med en stålarmring, mens teglelementene i dekket bare er delvis konstruktive og lagt mer eller mindre løst mellom betong eller tegldragere.

Teglvegger kan mures opp med blokkforband, kryssforband, løperforband, flamsk forband og munkeforband. Tegl finnes i et stort fargespekter og kan leveres i de fleste nyanser fra hvit til rød, grå og svart. Gammel tegl har en egen sjarm fordi de naturlige variasjonene var større.

Man må huske å la hver tredje stussfuge i første skift på yttervengen være åpen, så evt. kondens og is kan få renne ut av veggen (NB! må ikke benyttes ved isolering med perlitt, da denne vil renne ut gjennom alle små åpninger. Må heller ikke benyttes ved isolering med trefiber- eller celluloseisolasjon, da mus kan ta seg inn gjennom åpninger ned til 6 mm). Det er viktig at blikk- og beslagarbeidene utføres på en faglig forsvarlig måte. Beslag med 4-5 cm avstand til murverket er et forhold som er absolutt. Hvis ikke denne regelen overholdes blir fuktigheten liggende konstant i murmaterialet, og negative forhold kan oppstå over tid.

Teglkonstruksjoner og gjenbruk

Teglkonstruksjoner med omfattende stålarmring, slik det er vanlig i større konstruksjoner, egner seg vanligvis dårlig for gjenbruk. Hvis man i bygninger over 3-4 etasjer likevel ønsker en ytterflate av eksponert tegl bør man ty til forblending av tynnere teglfliser, slik vi ser det bl.a. i Oslo Rådhus.

Mørtelen er vanligvis det svakeste leddet i en teglkonstruksjon. For at muren skal være lett å dekomponere, bør man likevel nytte kalkrike mørtler. For utvendig bruk vil dette si kalksementmørtler med maks andel portlandssement 65 %, helst mindre. Svakere fukttegenskaper på slike mørtler kan i stor grad kompenseres med puss. Innvendig kan man ofte bruke en mørtelblanding med for eksempel kalk og sand i forholdet 1:3. Dette er en svakere mørtel, men likevel god nok for mindre konstruksjoner.

Det er ennå ikke utviklet en effektiv metode for rensing av gammel tegl. Dette må derfor utføres for hånd og må regnes som relativt arbeidsintensivt. Gjenbruksstein er først og fremst aktuelt for innvendige skillevegger, bakmurer og lignende der de horisontelle kreftene er små. I porene vil det nemlig være igjen rester etter gammel mørtel som har gått i kjemisk forbindelse med teglen. Det gir en dårligere heft til ny mørtel.

Gjenbruksstein må vannes godt før muring. Sotsiden fra skorsteiner må aldri ligge ut, fordi soten vil slå igjennom pusslaget.



Gjenbruk av tegl i Colosseum

Tegl som av ulike grunner ikke lar seg dekomponere, kan males opp til teglsteinsmel, som under visse forutsetninger kan brukes som pozzolantilsetning i sementer. Større teglbiter kan nyttes som tilslag i betong.

Mindre konstruksjoner av tegl

Teglkonstruksjoner over bakken kan utføres som vegger, pilarer, buer og hvelv. De to sistnevnte brukes i takkonstruksjoner. Buer er også den vanligste metoden for hulltaking i vegg til vinduer og dører uten bruk av stålarming. Muring av buer og hvelv er arbeidskrevende og forutsetter god materialmessig innsikt.

Ved muring av ordinære uarmerte teglvegger bør man følge disse tommelfingerreglene:

- Bygningen bør ikke være høyere enn to etasjer.
- Største avstand fra senter til senter i bæreveggene skal maksimalt være 5,5 meter. Avstanden mellom avstivende skillevegger eller annen sideavstivning bør ikke overstige 4-5 meter.
- Hovedbæreveggene bør være minst 20 cm tykke, altså to-steinsvegger. Alternativt kan konstruksjonen bestå av en-steinsvegger mellom pilarer med tverrsnitt minst 30/30 cm.
- Vindus- og døråpninger bør i det vesentlige ligge rett ovenfor hverandre.

Så vel massive murer som skallmurer er aktuelle. De massive murene er likeframme i utførelsen, og man kan isolere innvendig eller utvendig med for eksempel treullsementplater som pusses. Ved utvendig isolering får man bedre utnytting av energisparingen teglets høye varmelagringssevne kan gi.

Skallmurer består ordinært av to halvsteinsvanger med innbyrdes avstand 10-15 cm. Hvis man skal utnytte det vedlikeholdsmessige fortrinnet med teglet og la det være eksponert, bør man

nok benytte frostbestandig stein i ytre vange. Høybrente produkter er mest aktuelle. Klinkerbrent stein har for lav fuktabsorpsjonsevne og må i så fall luftes fra baksiden. Skal ytterflaten likevel pusses er det også aktuelt med produkter som er brent ved lavere temperaturer.

Til indre vange i skallmurer er mellom- og lavbrente stein opplagte valg. En slik differensiering av teglkvaliteter var vanlig helt fram til 1950-tallet, og begrunnelsen var opplagt energisparing i produksjonen og dermed lavere kostnader. I dag brukes dessverre høy- og klinkerbrent stein i alle sammenhenger.

Lavbrent og porøs teglstein må gjennomfuktet før opplegging for ikke å trekke all fuktighet ut av mørtelen. Det samme må man gjøre før keramiske fliser monteres i mørtel på slike underlag, for eksempel i et dusjhjørne. Lavbrent tegl forener seg godt med leirholdige bindematerialer, mindre godt med rene kalkprodukter.

Vangene er vanligvis forbundet med stålband. Mellomrommet fylles med isolasjon, helst av mineralsk opprinnelse, som perlitt, løs lettklinker og vermiculitt (mer utsatt for setninger enn perlittgranulat). Skal man nytte steinull må denne være impregnert, noe som er uheldig ut fra et økologisk ståsted. Bindemidlet i steinull kan ellers angripes av mikroorganismer ved fukt.

Hyperlit er perlittgranulat som man har sprutet silikat (silikonharpiks) på (0,2 vekt %) ved 400 °C og som derfor har blitt fuktavvisende. Perlitt som er impregnert med bitumen kan avgi emisjoner og bør derfor ikke anvendes. Ekspandert perlitt er et lettløpende materiale med kornstørrelse opp til 6 mm, det stilles derfor store krav til konstruksjonens tetthet, da det er meget stor risiko for at materialet løper ut. Perlitt kan også fås som plater.

Det er også mulig å isolere med cellulose- eller trefiberisolering, men da disse er kapillærsugende stilles det krav til gode takutspring eller en god ytterpuss, slik at ikke fuktbelastningen blir for stor ved slagregn. Det tryggeste er både store takutspring og en god puss, og isolasjonen bør ikke benyttes i områder med stor slagregnsbelastning. Ammoniumfosfat, som anvendes som brannhemmende stoff i trefiberisolasjon, kan medføre korrosjon av murbindere av galvanisert stål. Bjørkenever har for øvrig også vært brukt som isolasjon i vegger, særlig i hulmurer. Vi må anta at den betydelige råteresistensen sammen med høy elastisitet, har gitt en stabil vegg.

Det er mulig man også kan benytte løsfyll av skumglass som isolasjon i hulromsmur, men jeg har ikke funnet informasjon om dette. Da skumglass er damptett vil trolig veggen bli altfor tett slik at fukt ikke kan bevege seg ut av veggen. Kanskje dette kunne løses med å benytte større kuler av skumglass, slik at det ble mer luft mellom dem? På den annen side vil dette medføre dårligere isolering samt risiko for konveksjon.

Mot grunnen bør det isoleres med glasopor(plater) eller lettklinker, som er like varig som teglet. Et teglhus kan stå i 1000 år, da nytter det ikke med isolasjon som går i oppløsning etter 100 år. I strøk med kraftig slagregn lønner det seg å pusse innsiden av ytre vange. Bjelkehoder som hviler på indre vange, pakkes inn i impregnert papp.

En mellomting mellom skallmur og massiv mur består av et utvendig sjikt med massiv tegl og et innvendig med lett-tegl forbundet med en mørtelfuge på 2-3 cm, som også virker som tettesjikt.

Ved muring av pilerer må man legge inn forsinket netting i minst annenhver fuge tvers på kraftretningen.

Gulv- og taktegl

For gulv er det beste å bruke teglfliser som er spesielt produsert for gulv, som finnes i tykkelser fra 20-50 mm. Hvis du skal bruke mørtel over tre, må du tilføye et vanntett sjikt for å hindre at vann trenger ned i veden. Særlig viktig er dette i fuktutsatte rom, som vindfang.

I boka *A Pattern Language* av Christopher Alexander m. fl. tar ”pattern” 248 for seg hvordan man selv kan lage egenproduserte gulvtegl. Gulvtegl må være myk, både fordi dette gjør den bedre å gå på, og fordi det er viktig at slitasjen kan forme gulvet, som et vitnesbyrd over tidens gang og levd liv. ”Pattern” 233 gir en innføring i hvilke deler av gulvet som bør kles med gulvtegl eller -fliser, og for hvilke områder man bør bruke tregulv, samt hvordan man utfører overganger mellom ulike materialer.



Livfullt gammelt tegtak

Taktegl har en vesentlig lengre livslengde enn betongpanner, og eldes med en helt annen verdighet. Se for deg alle de vakre sentral- og middelhavseuropeiske byene med betongpanner på taket, og all sjarm ville svinne hen som dugg for solen. Ved en livssyklusanalyse etter EPS-metoden (Environmental Priority Strategies in product design), kom leirtegl ut som beste taktekkingsmateriale. www.hedenstedt.nu er et firma som selger gammel taktegl, her finnes mye informasjon om takteglens framstilling og historie. Faktisk har de taktegl helt tilbake fra 1700-tallet, det sier noe om teglets fortrefelighet. Dagens betongpanner vil neppe finnes hos gjenbruksbutikkene år 2300.

Aktuelle konstruksjonstegl

	Brenntemp. °C	Egenskaper	Bruksområder
Ekstraklinker		Særlig hard og frostbestandig	Spesielt fuktige utesituasjoner
Klinker	1050-1300	Meget hard og frostbestandig	Værutsatte yttervegger, golv, forblending av betongvegger, grunnmur
Høybrent (hardbrent)	800-1050	Hard og frostbestandig, lite vannoppsug	Yttervegger, betongforblending
Mellombrent (lysbrent)	500-800	Middels til lite frostbestandig, betydelig vannoppsug	Innvendige vegger, innvendige vanger i skallmurer, særlig godt pussede yttervegger, fuktregulerende sjikt
Lavbrent	350-500	Ikke frostbestandig, stort vannoppsug	Innvendige vegger, innvendige vanger i skallmurer, særlig godt pussede yttervegger, fuktregulerende sjikt
LETT-TEGL (Lett-teglproduktene kombinerer moderate konstruksjonsegenskaper med moderat til høy varmeisolasjon)			
Molerstein	Ca. 1000	Som mellombrent, moderat varmeisolasjonsevne	Som mellombrent, varmeisolasjon rundt høytemperaturutstyr
Poretegl	Ca. 1000	Som mellombrent, moderat isolasjonsevne	Som mellombrent, varmeisolasjon
Zytan	Ca. 1200 dobbelt	Som høybrent, god varmeisolasjonsevne	Som høybrent, varmeisolasjon

Kilde: Berge

SKUMGLASS

Skumglass ($\lambda = 0,042 \text{ W/mK}$) tilvirkes gjennom at luft og kullpulver blåses inn i smeltet glass, en sluttet struktur med små luftbobler dannes. Materialet er vanntett og diffusjonstett (maks 1 vekt% fuktopptak), det hverken brenner eller mugner og livslengden er lang. Skumglassets høye trykkfasthet gjør så om ei plate på mark isoleres undertil med glasoporplater, kan betongplata gjøres tynnere eller helt fjernes. Isolasjonsplater av skumglass på flate tak, limt og tettet med asfalt, kan man både gå og plante på.

Glasopor består av 80 % luft i lukkede celler og 20 % glass, og er derfor lett å arbeide med. Materialet framstilles av returglass og er en utmerket anvendelse av et avfallsprodukt. Skumglass selges som lettfylling, plater, byggeblokker og murstein. Se www.glasopor.no.

Plater av skumglass framstilles av nytt glass evt. med en tilsats av opp til 38 % returglass. Løsfyll av skumglass består av hele 95 % returglass.

I Sverige benyttes plater av skumglass for radonisolering mot grunn. Det legges to lag plater omskjerves, som limes sammen og tettes i fugene med varm asfalt. Også alle rørgjennomføringer må tettes med flytende asfalt. Dette gir ei meget robust og varig radonsperre. Skumglassplater er fullstendig diffusjonstette (gastette), og det går ikke hull på dem om de ligger an mot en skarp stein eller annet, og de får ikke svekkede egenskaper ettersom årene går sin gang. Husk å legge alle rør i varerør, slisser eller lignende, da avløpsrør har en beregnet levetid på kun 25 – 75 år. Ellers vil du eller kommende generasjoner før eller siden måtte ødelegge ei perfekt radonsperre.

I tillegg kan man legge en radonduk i polypropylen (unngå PVC, som er noe miljøsvineri) under hele fundamenteringa, og som stikker minst en meter utenfor konstruksjonen rundt det hele. Denne kan evt. beskyttes med en filt over og under.

LEIRE SOM BYGGEMATERIALE

På grunn av at leire tørker så langsomt har den som bygger i leire frie hender til å følge sin estetiske fantasi. Således tilbyr leire husbyggere med kunstneriske anlegg og ambisjoner gode muligheter til å realisere disse. Leire egner seg utmerket for buede linjer og innfløkte former. For videre inspirasjon vil jeg sterkt anbefale filmen First Earth: <http://www.davidsheen.com/firstearth/>

Leire absorberer fukt og lagrer varme svært bra, og gir derfor et utmerket innomhusklima. Ved en økning av relativ fuktighet fra 40-80 % i løpet av tre timer, vil en kalkpusset vegg absorbere 13 g/m², mens en leirvegg kan absorbere hele 30 g/m² ved samme betingelser. Dette er ganske overlegent! Leire har, som kalk, evnen til å absorbere giftstoffer i lufta.

Derfor kan det være lurt å bygge opp innvendige lettvegger av adobe, som er tørket leirstein. Denne bør pusses med leire. Et problem er at leire krymper i volum når den tørker, noe som kan gi sprekkdannelser. En leirpuss må derfor bygges opp etter alle kunstens regler, med den største omtanke og nøyaktighet. Det er å få kjøpt armeringsnett av lin, som er en enkel måte å forsterke leirpussen på. Leirpuss har den fordelen at den gir et "bølgende" håndverksuttrykk.

Et enklere alternativ kan være å kle adobeveggen med ferdige leirbyggeplater av lettleire stabilisert med jutevev eller stråmatte, noe som er å få kjøpt i de mange tyske økologiske byggevarehusene. Thermo-Hanf er en Tysk produsent av leireplater med mer, som har informasjon på Svensk og Dansk, se www.thermo-hanf.de. Vil du ikke ta turen til tyskland bør du blande inn for eksempel strå, linfiber eller trefiber i pusslaget, som armering. Adobevegger må ikke dekkes av svake fuktbuffrende materialer, som gips- eller sponplater. Dette fordi det er de ytterste millimeterne av veggen som utjevner fuktvariasjoner over døgnet.

Bratsberg Teglverk kan legge ut ubrente teglstein, som man kan benytte der man ønsker særlig god fuktregulering. Paradokset er at disse har en høyere pris enn høybrent teglstein. Et eksempel er sommerhagen til kafeteriaen på Ramme gård på Hvitsten utenfor Vestby i Akershus. Her er ubrent teglstein fra Bratsberg Teglverk lagt i et mønster med utstikkende hjørner, for å øke absorpsjonsflaten. Du bør også studere det unike gulvet i heller av geobetong inne i kafeteriaen, som er laget av en spesiell leirblanding hvor det ferdige gulvet er drenket i linolje. De serverer gode økologiske kanelboller med mer. Kun ti minutter fra E6, vel verdt en avstikker.

”Pattern” 248, *Soft Tile and Brick*, i boka *A Pattern Language*, viser i detalj hvordan man lager sine egne gulvtegl og gulvfliser i geobetong.

KALKSANDSTEIN

Kalksandstein framstilles av brennt kalk (8 %) og kvartssand (92 %), som blandes med vann og presses til råstein etter en teknikk utviklet i siste halvdel av 1800-tallet. Denne herdes under damptrykk i en ovn (autoklavprosessering) mellom 4 og 8 timer i en temperatur på ca 200 grader. Derved frigjøres kiseltsyre fra sanden, som sammen med lesket kalk danner krystallinske forbindelser som binder sammen sandkorna. Verken ved produksjonen eller den videre bearbeidingen avgis skadelige emner, sluttproduktet et fritt fra sådanne og forbruket av primærenergi er betydelig lavere enn ved f. eks. teglproduksjon.

Vanlig kalksandstein er grå, men man kan også få en kvit utgave som består av kvit kalk, brennt flint og solid granitt.

Ettersom kalksandstein er et tungt materiale egner det seg godt for varmelagring og lyddemping. Xella har en kalksandstein lydblokk beregnet for skillevegger med lyddemping 55 DB på bare 24 cm massiv vegg, http://www.ytongsiporex.no/downloads/den/documentation/Sortiment_SILKA.pdf. Det er derfor ypperlig som leilighetsskillende materiale. Fugearmering legges vanligvis inn i annethvert sjikt. Denne må jordes, evt. hvis mulig benytte glassfiberarmering. Industrien bør tilby fugearmering av karbonfiber, jeg kan ikke se noen grunn til at dette ikke skulle være mulig. Tunge mineralske materialer har den fordel at de leder vekk kapasitive strømmer (elektriske vekselfelt) mellom leilighetene, f. eks. fra et TV i naborommet. De verner også godt mot høyfrekvent stråling. Med gulvelementer i massivtre bør det være mulig å bygge leilighetsbygg nærmest fritt for metaller. (Her bør det muligens legges en forsegling mellom massivtre og kalksandstein for å hindre ekte hussopp livsgrunnlag.) Materialets fuktoppsugende evne er bare en tredjedel av poreteglets, men sammen med puss har den allikevel en god varme- og fuktbuffrende evne.

Kalksandsteinene er ofte store og lettmurte, men pga. steinenes store tyngde er det en fordel med en mekanisk lift. Kalksandsteinblokk er omtrent 30 % billigere enn motsvarende mengde tegl. Imidlertid isolerer kalksandstein dårlig, slik at hvis materialet skal benyttes mot yttervegg må det forses med tilleggisolering. Denne kan festes på utsiden, hvorved ofte tvilsomme økologiske materialer benyttes. Eller man kan lage en dobbeltvegg hvor mellomrommet fylles med hyperlit (perlittgranulat), der ytterveggen bygges opp av en mindre fasadekalksandstein med hull, eller av en livfull teglstein.

Lettkalksandstein er et nytt produkt som framstilles i Nordbayern, Tyskland. Dette materialet tilvirkes som vanlig sandstein, men tilsettes lettklinker i en andel av opp til 90 % av materialets volum. Lettkalksandstein har omtrent samme egenskaper som lettbetongstein. Forskjellen er at lettkalksandsteinens bindemiddel ikke er sement men den mer miljøvennlige kalken. Lettkalksandstein framstilles også i form av byggelementer med en høyde av en tredjedels normal etasjehøyde eller i form av vanlige bygningsdeler. $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$.

Kalksandstein eller bøkedyblede massivtrevegger etter Holz100-prinsippet, er gode alternativer for lydvegger. Vanlige leilighetsskillende lydvegger av gipsplater og mineralull holder ikke mål. Det slurves altfor mye under oppsetting, bl.a. ved at veggen perforeres av en mengde spiker ved oppsetting av stendere mot gipsplater uten bakhold, den siste gipsplata presses på plass slik at den nærmest går i oppløsning og bare henger i papiret, manglende fuging etc. All fugemassen som nyttes er uheldig ut fra et økologisk ståsted. Gipsplater gir intet spikerfeste, og for eksempel utenpåliggende panelplater kan få kraftig svikt i hjørner ved manglende spikerslag. Dessuten er veggene håpløse ved restaurering, der utenpåliggende plater er spikret fast gjennom gipsen blir det store hull når ytterplatene en gang skal av. Videre ligger platene omskjerves, slik at det er umulig å utbedre et stykke av veggen uten å demontere hele veggen. Ved etasjeskiller blir den prefabrikkerte falsen mellom etasjene ødelagt av alle skruene hvis man skulle ønske å sette opp nye gipsplater, denne er det umulig å fornye. Ofte skades de under transport, selv om det benyttes såkalt ”robustgips”.

POREBETONG/LETTBETONG

Lettbetong er en fellesbetegnelse på en rekke bygningsmaterialer som vanligvis har romvekt lavere enn 1000 kg/m^3 , og som blir fremstilt av uorganiske bindemidler, tilslagsmaterialer, vann og eventuelle tilsetningsstoffer. Det er to hovedtyper av lettbetong: 1) i den ene typen senkes romvekten ved en oppesing av støpemassen slik at det dannes porer, 2) i den andre ved at det brukes lette tilslagsmaterialer som slag, leirklinker eller pimpstein.

Porebetong ble oppfunnet av Axel Eriksson på midten av 1920-tallet, og produksjon startet i Yxhults Steinhuggeri i Närke år 1929. Produktet kaltes i begynnelsen dampherdet gassbetong og fikk 1940 varemerket Ytong. Fram til 1975 var en del av produksjonen basert på skiferbrent kalk framstilt fra alunskifer. Men dette produktet, kalt blå lettbetong, avga radon. I dag produseres utover Ytong også lignende lettbetongprodukter med delvis andre ingredienser. I Tyskland tilvirkes lettbetong av en blanding av sement, pimpstein og vann.

Murstein av lettbetong er utformet slik at de sidelengs kan sammenfuges uten tradisjonell murmørtel, det holder med et tynt lag limmørtel mellom blokkene, noe som er viktig for å unngå varmelekkasjer. Dette sammen med størrelsen gjør at muringen går meget raskt. Så vidt jeg forstår er det ikke nødvendig med fugearmering når man murer med lettbetongblokker.

Det finnes byggelementer av lettbetong med eller uten armeringsjern i form av vegg- og takplater, ferdige gavler, bjelker, dør- og vindusoverdelere og persiennebokser.

Autoklavert porebetong består av en blanding av:

- 50 – 70 % kvartssand / finmalt sandstein
- 7 – 30 % sement
- 7 – 20 % kalk
- 3 – 7 % gips eller anhydritt.

Denne massen tilføres under vanntilførsel 0,1 % aluminium i form av pulver eller pasta. Aluminiumet framkaller en kjemisk reaksjon i massen hvor det dannes hydrogengass, som medfører mengder av porer og øker volumet femfoldig. Den halvfasten massen skjæres deretter i rett form og herdes i en autoklav i mettet vanndamp ved høgt trykk ved ca 200 graders varme.

Ved at porene fordeles tvers gjennom materialet blir det et byggemateriale med den minste vekten sammenlignet med alle sammenlignbare materialer, som kan formes til store veggbyggersteiner. **Dets varmeisoleringssevne er langt overlegent** alle andre steinbyggermaterialer for vegger. Lambdaverdien for porebetong lavenergiblokk (Xella på www.ytongsiporex.no og Aeroc på www.aeroc.se) er kun 0,072 - 0,078 W/mK! En ytterveggskonstruksjon av 36,5 cm gir U-verdi på 0,20 W/m²K, og oppfyller bygningsreglementets minimumskrav. Man kan også velge 40 cm tykkelse og oppnå U-verdi på 0,18 W/m²K. Da veggene kun består av ett materiale unngår man helt kuldebroer. **Derimot er porebetongens lyddempende egenskaper den dårligste av steinbyggermaterialene.** På grunn av dets letthet har materialet også den minste varmelagringssevnen (varmekapasitet), men dette blir delvis oppveid av de tykke veggene.

Byggelementene i dette materialet kan lett sages til ønsket form og sammenfuges med tynn limmørtel. Vindusnisjene bør skrånes med 15 grader eller mer, ”pattern” 223 i *A Pattern Language* anbefaler en vinkel på 50 – 60 grader. En dyp og skrånet nisje minsker blendingen rundt vinduet, samtidig som lyset trenger bedre inn i rommet. Ulempen er en noe redusert isolering rundt vinduet, en mulighet er å bruke doble vindusrammer. Det finnes jernarmerte byggelementer, som bjelker, tak- og golvplater samt veggdelere. Alt armeringsjern må jordes for å forhindre vagabonderende strømmer.

Xella har en type isolasjonsplater kalt Multipor, som er et ikke-brennbart produkt med λ på 0,045 W/mK. (Trolig består disse platene av ekspandert perlitt).

Porebetong er sterkt vannsugende og må derfor dekkes med et vannavvisende pusslag. Ofte inneholder dette en hel del plast, noe du bør unngå! Vanlig innerveggspuss festet tidligere dårlig på porebetong, den ble derfor påført en grunning av plastholdig materiale. I dag inneholder de fleste porebetongproduktene så lite sement at det ikke er noe problem å pusse med en ren gips- og/eller kalkpuss. På ”Bygg Reis Deg 2009” snakket jeg med murerne til Xella, som fortalte at de kun behandlet med en primer før pussing med naturpuss, men for så vidt holdt det med å fukte porebetongen med vann før pussing. Porebetong med lave sementverdier og som pusses med ren naturpuss, gir et sunt innemiljø. I forhold til miljøet er den største innvendingen evt. lange transporter. Når bygget rives kan materialet males ned til ufarlig fyllmasse. Fordi byggemetoden gir helt plane overflater og man slipper lister etc., er porebetong et godt valg for de som ønsker å bygge miljøvennlig i en modernistisk funksjonalistisk stil.

Porebetong er sterkt vannsugende, derfor må innetemperaturen under vinterhalvåret ligge minimum fem grader høyere enn utetemperaturen. Hvis ikke risikerer man at veggen kan få så høye fuktverdier at den kan sprekke ved frost. Man kan derfor ikke benytte blokker av porebetong til å mure opp frittstående murer.

SKUMBETONG

Skumbetong er noe de fleste betongprodusenter har lite erfaring med. Dette fordi det krever at de omstiller produksjonen, noe som tar mye tid og krever store volum. Med innføringen av Aercrete System er dette endret. Jeg vil i det følgende referere fra hjemmesiden til Aercrete, les mer på deres hjemmeside her: http://www.aercrete.se/swedish/start_sv.htm.

Aercrete System er et mobilt system for kontinuerlig produksjon av Aercrete FC (skumbetong). Maskinen kjøres ut til byggeplassen der den blander og pumper Aercrete FC direkte i forma. 50 % av skumbetongen er luft som da ikke behøver å transporteres, det samme for vann og grus hvis dette finnes nærmere byggeplassen.

Aercretes utrustning og skumdanneren (Aercell A-7) er helt unikt på markedet i dag. Vanligvis blandes skumbetong med "batch mixing" der skummet tilsettes i en ferdig betongblanding. For å kunne blande skummet godt med den ferdige blandingen må mørtelen være svært flytende og da får man en høy V/C – faktor (vann/semment) på mellom 0,6 og 0,9. Dette resulterer i at kvaliteten på det ferdige produktet synker og man får begrenset kapasitet.

Med Aercrete system blandes sand, semment og vann først med hjelp av en skrue som deretter transporterer blandingen til neste skrue. I denne mikseskruen tilsettes skummet direkte, som forbedrer egenskapene til blandingen gjennom luftboblenes elastiske effekt.

Takket være at man blander alle ingrediensene innen bare noen sekunder med Aercrete System kan V/C – faktoren senkes til 0,4 – 0,45, istedenfor 0,6 – 0,9 hvilket tradisjonelt anvendes i "batch mixing" – prosessen. Dette leder til et sluttprodukt med høyere tekniske verdier, som trykkfasthet, krymping og strekkfasthet. Da det meste av vannet vil reagere kjemisk med semmenten (lav v/c) slipper man mye av fuktproblematikken, som for vanlig betong kan bruke et år på å tørke ut.

Etter at skummet mekanisk blandes ned i betongen pumpes skumbetongen på plass med ei slangepumpe. Hele produksjonen er kontinuerlig med en kapasitet opp mot 25 m³/t avhengig av densitet og pumpelengde.

Aercrete FC kan armeres med stål om konstruksjonen krever det, med den forskjellen at kun 30 – 50 % stål er nødvendig sammenlignet med tradisjonell betong. Større, prefabrikkerte byggeblokker kan behøve noe armering for å hindre sprekkdannelser og for å øke holdfastheten ved håndtering og løft. Et annet alternativ for huskonstruksjoner er å armere skumbetongen med plastfibre. Husk at det kreves ekstra armering rundt åpninger for dører og vinduer!

Grunnet den store mengden luft i produktet har Aercrete FC god isoleringsevne både mot temperatur og lyd.

Takket være de stengte cellene i strukturen har vann veldig vanskelig for å trenge inn, og frost skader aldri materialet.

En av egenskapene hos Aercrete FC er at den er veldig lettflytende og derfor letthåndterlig. Ingen pakking eller vibrasjon er nødvendig etter fylt tomrom eller form. Skumbetong er lik tradisjonell betong hva gjelder ingredienser, men trykkfastheten minsker naturligvis i forhold til densiteten.

Etter informasjonen hos Aercrete skal puss feste godt til skumbetong. Forhåpentligvis gjelder dette også ren naturpuss, som kalkpuss. Trolig vil pussen feste dårligere ved høyere densitet.

Skumbetong har ingen bæreevne hvis man skal kunne oppnå tilstrekkelig isolasjonsverdi. Lambdaverdien er 0,1 W/mK ved en tetthet på ca 650 kg/m³.

Aercrete FC kan tilvirkes med 400 – 1800 kg/m³, med trykkfasthet mellom 2 – 24 N/mm². 1 N/mm² = 1 MPa. Pa = N/m².

Fordeler med Aercrete system:

- Mobilt anlegg som gir mindre frakt og høynet kvalitet.
- Produksjon med densitet fra 400 til 1800 kg/m³.
- Produksjonshastighet opp mot 25 m³/t.
- Kontinuerlig produksjon av skumbetong.
- Selvgående enhet, kun ekstern vannmating behøves.
- Homogent produkt takket være den perfekte og raske blandingen.
- Mer økonomisk med bare sement og sand.
- Sparer transport og armering, ingen vibrering eller pakking behøves.
- Skumbetongen pumpes med en innebygd slangepumpe.
- Lett og enkelt å regulere densitet og produksjonshastighet med datasystemet.
- Ingen endring av densiteten takket være datasystemets overvåking.
- Lavt forbruk av skumdanneren Aercell A-7 sammenlignet med andre system.

Fordeler med Aercrete FC:

- Høy trykkfasthet. Densitet fra 400 til 1800 kg/m³ med trykkfasthet fra 2 til 30 N/mm.
- Aercrete FC kan bearbeides både med håndverktøy og maskin.
- Lettflytende.
- Isolasjonsevne fra 0,05 – 0,6 W/mK.
- Lav vannabsorpsjon, gode fryseegenskaper.

Skumbetong kan være et alternativ ved bygging av jordskip. Den kan formes som man vil, og velger man lavdensitets skumbetong kan denne gi tilstrekkelig isolasjon i seg selv. Den vil trolig også gi tilstrekkelig feste til gode fuktregulatorer, som kalkpuss. Les mer på www.earthship.net.

Arkitekten Christopher Alexander har i stor utstrekning benyttet lettbetong som konstruksjonsmateriale, og han har i boka *A Pattern Language* laget flere ”patterns” som omhandler bruk av skumbetong, eller lettbetong. Disse finnes i den siste delen av boka, konstruksjonsdelen. Alexander viser her en rekke konstruksjonsformer som best lar seg utføre i lettbetong, samt at han oppgir hvilken tetthet han synes er best, behandling av lettbetong etc. Han foretrekker en tetthet omtrent på linje med tre, slik at den gir godt feste for spiker og

nagler, samt at den er myk nok til å kunne formes med ei sag eller annet utstyr. Andre fordeler han nevner med lettbetong er at den har ei myk overflate og er enkel å vedlikeholde.

BETONG

Betong ble oppfunnet av romerne og er i dag et av våre viktigste byggematerialer. Den kan gytes i alle slags former og kan med forskjellige tilsetser oppfylle de fleste krav. Betong består av en blanding av sement, sand, grus og pukk, der tilslaget bør være rundest mulig og godt gradert, slik at partiklene glir godt sammen og danner en kompakt masse.



Pozzolansement er en romersk oppfinnelse

Norcem har utgitt en serie meget nyttige brosjyrer om muring, betong og støypearbeider. Disse kan lastes ned her:

<http://www.heidelbergcement.com/no/no/norcem/kundesenter/brosjyrer.htm>

Særlig vil jeg anbefale brosjyra om *Herdeteknologi*. Denne kan lastes ned her:

http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/FECC97E1-A475-4324-8074-6A3D4A10C082/0/Herdningsteknologi_net.pdf

Selv om du setter bort støypearbeidene til et firma, bør du allikevel studere brosjyra om *Herdeteknologi* inngående. Det er tross alt fundamentet som resten av huset kviler på, og betongfundamentet er slik sett den viktigste delen av bygget. Så sett deg inn i temaet og hold deg hjemme under dette arbeidet, så du kan forsikre deg om at alt utføres på beste måte. Brosjyra *Herdeteknologi* kan også bestilles på tel. 22 87 84 00 eller faks 22 87 84 01.

Herdeforløp

Dagens byggepraksis med store krav til hurtig fremdrift har ofte gått på bekostning av etterbehandlingen av betongen. Når sement blandes med vann vil det etter kort tid igangsettes en reaksjon som er ledsaget av varmeutvikling. Denne kalles herdevarme.

Under kontrollerte forhold vil denne selvoppvarmingen kunne utnyttes på en positiv måte, som for eksempel ved vinterstøyping. På den andre siden kan herdevarmen også føre til problemer. Dette gjelder for eksempel i massive konstruksjoner, hvor den utviklede varmen ikke kan ledes bort på en kontrollert måte. Dette kan føre til temperaturforskjeller av en slik størrelse at betongen sprekker opp. Et lignende forhold inntreffer ved for hurtig fjerning av isolasjonen/forskalingen ved intens varmeherding ved vinterstøyp.

I meget grove konstruksjoner eller i konstruksjoner som er godt isolert, vil temperaturen bli høy siden det er vanskelig å avgi herdevarme til omgivelsene. I tynnveggede, uisolerte konstruksjoner er forholdet det motsatte. Herdevarmen fjernes på en enkel måte, og temperaturstigningen blir liten. Et meget viktig element i styringen av betongens herdeforløp vil derfor være å kontrollere betongens herdevarme. Hvor stor del av herdevarmen ønsker man å ta vare på i form av temperaturstigning i betongen, og hvor stor andel skal ledes bort til omgivelsene? I praksis finnes det mange muligheter for å styre denne balansen.

Reaksjonshastigheten ved 35 °C er den dobbelte av hva den ville vært ved 20 °C. Ved 10 °C er hastigheten det halve av hastigheten ved 20 °C. Dette betyr at det tar dobbelt så lang tid før en betong har oppnådd en spesifisert rivningsfasthet dersom temperaturen har vært 10 °C istedenfor 20 °C.

For ubeskyttede betongoverflater vil det foregå en fordamping av vann fra betongen til lufta omkring. Fordampingshastigheten avhenger av betongtemperaturen, lufttemperaturen, luftfuktigheten, vindforholdene og hvordan betongkonstruksjonen er utformet. Forutsetningen for at herdingen skal bli god, er at vi forhindrer vanntap fra betongoverflaten. Vanntap må forhindres!

En betongoverflate som har vært utsatt for uttørking momentant etter utstøyping, vil være vesentlig mindre bestandig overfor fryse/tine-påkjenninger enn en beskyttet betongoverflate.

Betongen skal i minst mulig grad utsettes for kraftig uttørking, for overoppheting eller for karbondioksidrike gasser i løpet av det første døgnet. I dette tidsrommet skal man være varsom med bruk av bensin- eller dieseldrevne varmluftsaggregater til oppvarming av betong med fri overflate. En uttørking i meget tidlig alder vil føre til en åpnere porestruktur, som igjen vil medvirke til at væsker og gasser lettere kan trenge inn i betongen. Karbonatiseringen av betongoverdekningen går dermed raskere og betongens alkaliske beskyttelse av armeringen fjernes raskere. Sammen med økt vannsugingsevne og økt oksygendiffusjon fører dette til at betongens levetid med hensyn til armeringskorrosjon vil kunne reduseres betraktelig.

Erfaringsmessig vil en herdet betong få varige skader dersom den fryser før den har oppnådd en viss modenhet. Vann som fryser til is utvider seg ca 9 %. Dersom vannet i en fersk betong fryser, vil betongen utvide seg ca 2 %. Når den ferske betongen fryser, omdannes vannet til is, og vannet reagerer da ikke med sementkornene. Hydratiseringen kommer ikke i gang før betongen tines. En slik betong blir porøs og av dårlig kvalitet med betydelig nedsatt fasthet og bestandighet. Ved støyping av dekker kan tidlig frysing føre til oppsmuldring av overflaten og medføre behov for ekstrabehandling for påstøyp (utmeisling etc.).

Norsk Standard NS 3465 stiller følgende krav til vinterstøping av betong:

- Grunn, forskaling eller konstruksjonsdeler som er i kontakt med fersk betong, skal ikke ha en temperatur som fører til at betongen fryser før den har en tilstrekkelig fasthet til å motstå skade
- Hvis omgivelsestemperaturen foreventes å være under 0 °C på støypetidspunktet eller i herdeperioden, skal det tas forholdsregler for å beskytte betongen mot skade som følge av frysing
- Det skal treffes tiltak som sikrer at betongens temperatur ikke på noe sted skal synke under 0 °C før betongen har oppnådd fasthet på minst 5 MPa
- I henhold til NS-EN 206 skal temperaturen i den ferske betongen ikke være lavere enn 5 °C ved levering på byggeplass

Dekker og andre åpne flater er særlig utsatt for uttørking. Det er ikke bare temperaturen, men også vinden som bidrar til det. Dagens praksis ved støyping av dekker medfører ofte at betongoverflaten tørker ut rett etter utstøypingen. Denne tidlige uttørkingen fører til at den ferske massen trekker seg sammen (tørkespenninger). Dersom sammentrekningen er større enn evnen i massen til å motstå tøyningene, oppstår det riss. Rissene kalles plastiske svinnriss fordi de oppstår mens betongen ennå er plastisk, altså før størkningen er avsluttet. Dette er alvorlig, da det kan føre til vann- og radoninntrengning, frostspreng og hurtig nedbrytning av armering og betong. Spyl derfor på vann så raskt som mulig etter utstøyping og dekk til betongoverflata med plast.



Rester av betongarbeider på Palatinerhøyden

Betongen herder ved at vann og sement inngår en kjemisk forbindelse. Den må derfor holdes fuktig i minst en uke etter støping. Spyl over med vann jevnlig for å hindre uttørking, hold også forskalingen fuktig. Du kan dekke til med plast for å bevare fuktigheten lenger. Avhengig av temperatur vil herdingen starte etter 2-12 timer. 75 % fasthet oppnås etter ca 7

døgn. Ved lave temperaturer må du dekke til med isolasjonsmatter. Da unngår du at betongen får frostskafer eller herdingen stopper opp.

V/C-forhold

Fasthet og bestandighet avhenger bl.a. av tilslagsmateriale, en god gradering av dette, og v/c-forhold nærmest mulig 0,4. V/c-forholdet vil si vann delt på sement, og er kg vann delt på kg sement lik 0,4, har sementen akkurat den mengde vann den trenger for å herde. Det vil da ikke dannes porer av overflødig vann som må ut av betongen. Personlig bruker jeg å ha stående ei lita kanne med vannreducerende SP-stoff (Sika ViscoCrete FB-2, fra Sika Norge AS) under støyping. Middelet kan tilsettes i mengder på 0,2-2 % av sementvekt, men min erfaring er at tilsetter man over 1 % har sementmørtelen lett for å bli litt "slimete" med små luftbobler det er nesten umulig å vibrere ut. Begynner sementmørtelen å miste rett konsistens må det ikke etterfylles med vann, da dette vil redusere styrken til betongen, men tilsett heller en skvett vannreducerende SP-stoff.

P- og SP-stoffer

SP-stoffene (superplastiserende) er vesentlig dyrere enn P-stoffene. Derfor benyttes ofte kombinasjoner av P- og SP-stoffer når høy grad av vannreduksjon ønskes uten at dette skal medføre uakseptabel retardasjon (langsom størkning, varme- og fasthetsutvikling).

Felles for de plastiserende stoffene, da særlig P-stoffene, er at den retarderende effekten øker kraftig når betongtemperaturen blir lav. Vinterstid bør man derfor være meget forsiktig ved bruk av høye doseringer lignosulfonatbaserte (P-stoffer) tilsetningsstoffer.

Faradays bur og vagabonderende strømmer

Takket være sin store motstandskraft mot trykk og liten evne til å oppta vann, er betong et viktig materiale i fundamentering og bjelkelag også i økologiske hus. Med armeringsjern kan betong motstå store trykk- og strekkrefter. En ulempe er at betong under visse omstendigheter kan fungere som et Faradays bur og at armeringsjern kan innvirke på den elektromagnetiske strålingen. (Enkelte eloverkjenslige bygger Faradays bur for å avskjerme seg fra all menneskeskapt stråling, men selv om dette har vært utført etter alle kunstens regler, har det ofte endt i fiasko)

Års- og døgnvariasjoner i det jordelektriske feltet er sammen med endringer i sollyst, lufttrykk og temperatur trolig avgjørende i reguleringen av kroppens biorytmer. Undersøkelser av personer plassert i elektrisk isolerte rom, såkalte Faradays bur, viser betydelige endringer i viktige funksjoner som nyreaktivitet og kroppstemperatur. En undersøkelse av König, H. München 1986, viste at armerte betongbygninger praktisk talt fungerer som Faradayske bur. Teglsteinsbygningers inntregning av det naturlige jordelektriske feltet (frekvensområde 0,3-30 hertz) lå på nivå med naturlig granskog, og bedre enn trehus.

Armerte betongvegger og -tak kan også innvirke negativt på ionebalansen:

http://niatsystem.com/pdf/study_resources.pdf

For å unngå vagabonderende strømmer må alle nybygg i Tyskland forses med en "Fundamenterder" = fundamentjording. Fundamentjordingen består av et kraftig båndjern innstøpt i betongen nedenfor fuktsperra. Båndjernet skal gå rundt hele fundamenteringen i en sluttet ring. I Norge er metoden ikke anvendbar, ettersom våre vintre med tele krever sådanne tiltak at fundamentet blir isolert fra markfukten. I stedet kan man grave ned ei jordlinje rundt

huset. All jording skal skje til et og samme jordingspunkt for å unngå forskytningsstrømmer. I Sveits er det i tillegg påbudt med femledersystemet for å unngå vagabonderende strømmer. Det er også vanlig å installere egen nettfrakobler til soverom. Kabler skal være tvinnnet for å unngå elektromagnetiske felt, og skjermnet for å unngå elektriske felt. Les mer om disse tiltakene i Forshuvuds bok i litteraturlista. Det kan være en fordel å benytte arkitekt/ingeniør med tilleggsutdannelse fra Institut für Baubiologie + Oekologie Neubeuern, Holzham 25, D-83115 Neubeuern, Tyskland. Hjemmeside: www.baubiologie.de. Bygningsbiologer oppdateres kontinuerlig på det siste i bygningsbiologi, også innen elsanering.

Det er utviklet armeringsstenger av karbon som et alternativ til stål. Men dette er ikke kommersielt tilgjengelig, da det ikke kan konkurrere mot stålarmering prismessig. Karbonarmering gjør så man sparer seg for å sveise sammen og jorde alt armeringsjern, for å unngå vagabonderende strømmer etc. Glassfiberarmering vil heller ikke være sårbar for fukt og karbonatisering. Armeringsjern er vanligvis laget av skrapjern, hvilket betyr at det lett korroderer.

For påstøyp er det bedre å bruke fiberbetong med plastfibre. Ved fiberbetong bør man bruke vannreducerende stoffer, øke mengden finstøv, gunstig med silikastøv, og betongkvalitet minimum B25. Det er vesentlig for styrken at fibre fester seg skikkelig til betongen, slik at de til sammen blir "hel ved". Det svake punktet er oftest der overflata på fiberen møter betongmassen. Dersom fiberen ikke "limer" seg godt nok til massen, er det fordi det oppstår små hulrom som svekker grensesjiktet mellom betongen og fiberen. Det gjelder altså å finne fram til betongblandinger som kan tettpakke disse tomrommene. Det er også en fordel å fukte fibrene i vann før de tilsettes i betongen. Under bærende skillevegger og lignende kan det være nødvendig med tilleggsarmering, og/eller at man benytter meget trykkfast isolasjon, for eksempel trykksterke matter av steinull eller skumglass.

Varme- og fuktledning

Betong leder varme godt og er derfor et bra materiale om man skal ha gulvvarme. Gulvvarme er imidlertid økologisk tvilsomt ved at varmereguleringen er treg og avgir mye varme til grunnen. Er golvtemperaturen over 24 grader kan det oppstå konveksjon med påfølgende støvplager, er den opp mot 27 grader kan man utvikle årebrokk. Best er strålingsvarme fra veggflater (unngå helst panelovner/radiatorer av stål, da luft som drives over metallflater vil avioniseres).

Fordi betong har så høy varmekonduktivitet, er det et ypperlig materiale for kjøling av bygninger hvis man har mulighet til å kjøre forsert ventilasjon nattetid. Slik kan man spare mye energi til aircondition. Det er viktig at betongen isoleres godt utvendig, for å hindre at varmen utenfra trenger inn i betongen på varme sommerdager og når sola steiker. Hvis ikke vil varmen raskt trenge gjennom betongen, og vinningen gå opp i spinningen. Med god ytre termisk isolering vil betongen raskt oppta temperaturendringer innvendig på dagtid, og frigjøre disse om kvelden. Utvendig kan betongen kles med for eksempel WED-plater, som er trefiberplater med meget god isolasjonsverdi, og som kan overflatebehandles med mineralsk puss. Produseres av flere tyske produsenter av trefiberisolasjon.

Betong absorberer fukt dårlig og hindrer diffusjon av vanddamp, og er det mineralske byggematerialet som isolerer dårligst både mot varme og kulde. Om man tilsetter pimpstein, lettklinker, perlitt eller polystyren får man en bedre varmeisolerende lettbetong. Tilsetter man

slag, flygeaske eller naturpimpstein får man regne med en høyere radioaktivitet. Dessuten er det en uendelig rekke av kjemiske og syntetiske stoffer som kan tilsettes satsen. Her skal man særlig unngå epoksyharpiks, som er allergiframkallende og inneholder det kreftfremkallende stoffet epiklorhydrin.

Radon

Ei tett betongsåle gir god beskyttelse mot radon, men det er viktig at rør legges i varerør eller slisser. Hva hjelper det hvis man bygger et mur- eller massivt rehus som kan stå i 500 år, og man må ødelegge ei tett betongsåle for å bytte avløpsrørene etter 50 år? Det kan dog lett oppstå mikroskopiske sprekker i betongen pga. setninger eller tørkespenninger, så man bør uansett sørge for ei skikkelig radonsperre, helst av polypropylen, som er mer miljøvennlig enn PVC.

Flytsparkel

Sørg for å nytte ytterst dyktige håndverkere, slik at du kun trenger å planslipe uten bruk av flytsparkel. Ekstra nøye er formingen av baderomsgulvet. Noen flytsparkler er en rik blanding av polymerer, organiske løsemidler, soppgifter m.m. Verst er aminer, som ved fuktig betong trekker ned i underlaget og senere frigis over mange år. Må du benytte flytsparkel, undersøk nøye ingrediensene! Det er videre svært viktig at betongen er helt tørr før man legger gulvbelegg. Skal man legge linoleum bør den få tørke ut i et års tid.

Mørtelen

Skal du lage betongmørtelen selv, går du fram slik:

”Det er litt forskjell på blandemetoden alt etter som om du bruker ferdigmørtel eller blander selv. Blander du ferdigmørtel (tørrbetong) i maskin, heller du først mesteparten av vannet som skal brukes opp i blandemaskinen og tilsetter tørrmørtelen. Hell sakte, ellers vil det støve mye. La blandemaskinen gå til du har en jevn masse, og tilsett resten av vannet. Deretter lar du blanderen gå i 3 – 4 minutter. Tøm blandingen i mindre dunker som kan bæres, eller i ei kraftig trillebår. Husk å skylle blanderen hvis det går en stund til neste blanding. Alternativt kan neste blanding gjøres klar ved at tilmålt vannmengde tømmes opp i blanderen, og la den stå og rotere. (Husk å olje blanderen slik at den bråker mindre).

Ved blanding av delmaterialer (plassblanding) skal du først fylle ca 2/3 av stipulert vannmengde og ca 1/2 av tilslagsmaterialet i blanderen. Deretter tilsetter du sementen og resten av tilslagsmaterialet. Til slutt heller du i vann til ønsket konsistens er oppnådd. Anbefalt blandetid er 4 – 8 minutter.” Utdrag fra boka ”Muring, helt enkelt”, Boksenteret Konsept, 2005.

Godt fagarbeid under støyping er viktig for å unngå luftporer, separasjon og steinreir, samt etterfølgende god vanning for å unngå tørkespenninger i betongen. Vibrerer man for lite blir det mye luft og luftbobler i betongen, betongen blir dårlig komprimert. Vibrerer man for mye oppstår separasjon og en svekket betong.

Tvangs- og motstrømsblandere gir en bedre blanding enn billige hobbyblandere. Et problem med tvangsblandere er at pukk kan kile seg mellom skovlene, men dette kan løses ved å trekke skovlene noe ut fra veggen.

Mørtelblandinger for betong deles inn i fasthetsklasser, her er angitt tre typer. Styrken kommer også an på hvor godt tilslaget er gradert, og generelt gjelder at en rund form (for

eksempel elvestein) er å foretrekke. Det kan tilsettes en rekke stoffer for å øke styrken ytterligere. Vanligvis vil disse bindes i betongen så det ikke oppstår avgassing. Pukkstein bør være våt før man tilsetter sementen, for å gi en optimal limeeffekt, slik at den kan gi en armeringseffekt. Husk regelen med å spare på vannet under arbeidet, og å sløse med vannet etter arbeidet. Betongen må komprimeres godt, men ikke overdriv bruken av motoriserte vibreringsverktøy. Dette kan føre til at det tunge tilslaget faller ned og det lette flyter opp. Da får du en dårlig gradert betong.

Fasthets- klasse	Aktuelle bruksområder	Forholdstall i volum:		
		Sement	Sand	Pukk
B10	Arbeider hvor belastningen og påkjenningen blir liten, for eksempel grunnmursåler, avrettingslag, uarmerte fundamenter.	1	2,5	2,0
B20	Grunnmursåle, grunnmurer, kjellervegger, armerte dekker, kjellergulv.	1	2,0	1,5
B30	Støttemurer, hagetrapper	1	1,5	1,0

Det benyttes fasthetsklasser helt opp til B95, men forholdstallene her kjenner jeg ikke til. Trolig må man benytte tilslagsmateriale i granitt for å oppnå B95. Fasthet angir betongens styrke mot trykk og slag. Tallet angir trykkfastheten i MPa, og trykkfastheten er høyere jo større tallet er. Etter herding i 28 døgn vil trykkfastheten normalt være ca 80-90 % av ferdig trykkfasthet.

Bestandighet avgjøres av hvor lite vann som er tilsatt sementmørtelen, og angir hvor motstandsdyktig betongen er mot fukt, frost, sjøsprøyt, sur nedbør etc. $V/c = 0,4$ vil si bestandighetsklasse M40. Ved bestandighetsklasse MF40 står Fen for hvor frostsikker betongen er. Betongen kan gjøres mer frostsikker ved å tilføre luftinnførende stoffer, som lager små, jevnt fordelte luftbobler gjennom hele betongen. Å få til dette riktig er krevende og bør kun utføres av profesjonelle. Et enklere alternativ er å benytte porøs støypesand/-grus.

Egenskaper som bestandighet, fasthet, stivhet, vanntetthet etc., henger sammen og er avhengige av hverandre i en god betong. En god gradering med tilstrekkelig mengde fillersand og fillere, lavt v/c-forhold og ikke for mye stein, gir god vanntetthet. Fillersand har mindre korn enn 0,125 mm og fillere mindre korn enn 0,074 mm.

Ønsker man en ekstra tett og bestandig betong kan man tilsette silikastøv. Silikastøv filtreres ut fra røykgassene ved silisium- og ferrosilisiumproduksjon og selges kun i storsekker. Støvet er ekstremt finkornig. Kornstørrelsen er 1/100 av sementens. Den spesifikke overflaten er ca 20 000 m²/kg, mens en typisk sement har en overflate på 300-500 m²/kg. Betong med silikastøv er meget sårbar for tidlig uttørring, da silikastøvet holder svært godt på vannet. Forskalingen må derfor holdes våt og betongen vannes lenge, samtidig som betongen bør påføres en membran på riktig tidspunkt. Hvis ikke får man tørkespenninger og oppsprekking. P/SP-stoffer er påkrevd.

Stoffer som kan tilsettes betongen er:

- A - akselererende (gjør at betongen herder raskere)
- P/SP - vannreducerende, eller plastiserende (gjør at man kan bruke mindre vann i betongen)
- R - retarderende (gjør at betongen herder langsommere)
- I - injiserende (øker flyteevnen til betongen)
- L - luftinnførende (øker luftinnholdet i betongen)

I tillegg finnes det andre stoffer for helt spesielle formål.

GULVAVRETTINGSMASSER

Man skiller mellom sparkel som må sparkles ut og på flytsparkel (selvutjevne). Betongen behøver ofte en overflateutjevning innen man legger på gulvbelegg. Det finnes flytsparkel basert på portlandssement eller aluminatsement med en viss innblanding av portlandssement. Det finnes også flytsparkel som er en blanding av aluminatsement, portlandssement og granulert masovnsstoff. Energibruket ved produksjon av sement er høyt. Produkter som skal anvendes på uorganisk underlag, som betong eller stein, bør være basert på uorganiske emner.

Portlandsementbasert flytsparkel

Denne består av portlandssement (30 – 40 %), sand (45 – 50 %), og filler, dvs. fint mineralsk materiale (5 – 15 %). Dårlig lukt kunne tidligere oppstå når flytsparkel med kaseintilsatser anvendes i kombinasjon med portlandssement. Portlandsementens høye pH kan i kombinasjon med høy fuktighet i betongen forårsake emisjoner fra lim og belegg.

Aluminatbasert flytsparkel

Denne består av aluminatsement (30 – 40 %), sand (45 – 50 %), og filler, dvs. fint mineralsk materiale (5 – 15 %). Det finnes flytsparkel som inneholder kasein som er basert på lavalkalisk aluminatsement. Disse medfører svært høy risiko for luktproblemer sammenlignet med de tidligere portlandsbaserte flytsparkler med tilsats av kasein.

Aluminatsement inneholder kalk, mergel- og sandstein samt gips. Som fillermateriale anvendes kalksteinsmjøl, dolomitt, flygeaske og slagg. Polymerer som anvendes i avrettingsmasser er først og fremst baserte på vinylacetat. Som tilsatser forekommer skumdempere (<1 %) i form av mineral- eller silikonolje, uorganiske salter, cellulose og melaminbasert flytmiddel (<1 %). Det finnes flytsparkel både med og uten flyttilsats. I dag anvendes hovedsakelig flytsparkel som er basert på melaminharpikser, hvilke er stabile også i et alkalisk miljø. Melaminbaserte flytmiddel kan avgi små andeler formaldehyd.

HEMPCRETE

«Hempcrete» er ett miljøvennlig alternativ til betong, og består av en blanding av hampeblår, kalk og sand. Blandingen skal være lettere å arbeide med enn tradisjonell sement, og betongen virker også som isolasjonsmateriale og fuktregulator. Fastheten er kun 5 % av betongens, men den har til gjengjeld svært god strekkfasthet og det oppstår sjelden sprekke-dannelser. Ypperlig i jordskjelvutsatte områder.

MURMØRTEL

Mørtel består av ett bindemiddel, som kalk, sement eller en blanding av disse. Før sementen ble vanlig var kalkmørtel enerådende. Sementmørtel er ofte tilsatt kjemiske emner for at den skal være anvendbar lenge samt herde raskt når den er påført. Man skiller mellom vanlig mørtel og lettmurmørtel, som brukes til å sammenfuge varmeisolerende byggeblokker.

For å bygge økologisk må man bruke en mørtel som er svakere enn den steinen man skal mure opp, slik at denne kan tas fra hverandre og gjenbrukes i framtida. Takket være kalkmørtelens lave styrke kan vi i dag fryde oss over gammel gjenbrukstegl, som har en utsøkt aldringens patina. Se fasthetsklasser på <http://www.snl.no/m%C3%B8rtel>.

For å få et best mulig inneklima bør innervangen/-vegger mures opp med en rikst mulig kalkmørtel, og kjemiske tilsatser unngås.

Sementmørtel

Volumproporsjonene er 1 del sement og 3-4 deler sand samt vann. Mørtelen er sterk men ikke elastisk. Den har liten fuktupptakende evne, klarer frost bra og herder langsomt.

Sementmørtel anvendes fremst for legging av keramiske plater. Ettersom sementmørtel er så sterk går det ikke å gjenbruke keramiske plater og tegl lagt i sådant.

Kalksementmørtel

Består av kalk : sement : sand i volumproporsjonene 1:2:10; 1:7 eller 2:1:11. KS-mørtel er sterk, elastisk og frostbestandig. Den har relativt god fuktabsorpsjonsevne og herder relativt langsomt. Det kan anvendes til alle typer murverk eksteriørt og interiørt. Ettersom kalksementmørtel er svakere enn tegl går det å gjenvinne tegl murt med sådant.

Kalkmørtel

Består av 1 del kalk og 2-3 deler sand samt vann. Mørtelen er elastisk og relativt hard, men den er ikke så elastisk mot vann og frost. Mørtelen herder relativt raskt, kan ta opp fukt og bidrar til å balansere luftfuktigheten. Ettersom kalk er svakere enn tegl går det å gjenvinne tegl murt med sådant.

Hydraulisk kalkmørtel

Består av hydraulisk kalk og sand i proporsjonene 1:2-4 pluss vann. Hydraulisk kalk kjennetegnes av at den herder gjennom en kjemisk reaksjon med vann til et produkt som er bestandig mot vann. Mørtelen er elastisk, har relativt god styrke, balanserer luftfuktigheten og motstår frost samt herder fort. Mørtelen kan anvendes til alle typer interiør og eksteriør muring.

Leirmørtel

Består av 5 deler leire og 1 del sand pluss vann. Leirmørtel er elastisk men svak og har dårlig motstandskraft mot vann og frost. Leirmørtel anvendes for å mure adobe, dvs. blokker av leire eller leirhalm. Leirmørtel anvendes også ved muring av kakkelovner, noe som gjør at kakkelovner lett kan plukkes ned.

Dersom leirmørtelen er for finkornet, kan dens hygroskopiske egenskaper føre til at mørtelen vil svulle og krympe i så stor grad at den rett og slett smuldrer opp og faller ut over tid. Dette gjør også leirmørtelen ømfintlig mot direkte vannpåkjenninger, som for eksempel slagregn.

Tilslag av varierende sort har vært anvendt i leirmørtelen. Dette er gjort for å minske graden av svelling og krymping, for å øke styrken mot direkte vannpåkjenninger, og for å gjøre den lettere å bearbeide. De vanligste typer av tilslag har vært sand, grus og sagspon.

Grus og sand blir tilført leirmørtelen for å minske overflatearealet som kan ta til seg fuktighet. Dette vil minske graden av bevegelse og oppsprekking, som forringer leirmørtelens styrke og beskaffenhet.

Følgende er hentet fra boka Kubbeveggteknikken, av Christian R. Hemmingsen og Espen Stensen, eget forlag:

Sagspon har blitt iblandet mørtelen ved bruk av kubbeveggteknikken. Dette for å gi leiren en tilnærmet homogenitet med kubbene, for å unngå kuldebrovirkninger. Det beste er å bruke ”brent møle”, som er sagspon som har ligget ute under åpen himmel i minst ett år. Den ferske møla utvikler en gjæringsprosess som brenner bort kullstoff, oksygen og hydrogen (s.k. ”ligninstoffer”). Dette er nødvendig for at mørtelen ikke skal krympe altfor mye mens murveggen synker sammen.

Ligninet blir ikke fjernet i gjæringsprosessen, men ekstraktiver, som fettsyrer og harpiks, brytes ned til flyktige bestanddeler og fordamper tidlig i gjæringsprosessen. Når sagsponet gjærer over lengre tid, oksiderer sukkeret i massen og det oppstår en bakterieflora. Denne bakteriefloraen produserer etter hvert så mye avfallsstoffer at den forgifter seg selv og dør ut. Giften blir værende i massen, og forhindrer at ny mikrobiologisk vekst vil oppstå på et senere tidspunkt.

Denne ”brente mølen”, eller giftige mølen, vil derfor være et velegnet tilslag i leirmørtelen, for å forhindre oppblomstring av råte.

PUSS

Når det gjelder puss skiller man mellom ytterpuss og puss på innervegger og innertak. Ytterpuss gjøres mest av en mørtel bestående av sement og/eller kalk samt sand og tilsatser av ulike slag. Om man tilsetter mye sement i ytterpusmørtelen gjør det vegguren tettere, men fungerer også som en sperre mot fuktutjevning. Det samme gjelder puss med mye plastmateriale, men om materialet er silikonharpiks kan pusslaget slippe igjennom vanndamp. I motsatt fall kan fukt som har trengt inn i veggen få deler av pusslaget til å løsne. En puss består vanligvis av tre sjikt, et tynt grunningssjikt, en grovpuss og en ytterpuss. Med slemming menes et tynt pusssjikt som framhever underlagets tekstur. En puss bør aldri være sterkere enn underlaget ettersom den i så fall lett går sund. Å pusse er arbeidsintensivt, men en vel utført kalkpuss har en livslengde på 40-60 år.

Prosessene som anvendes for å framstille de mye brukte reaksjonsharpiksene, f. eks. polyester, metylmetakrylharpiks, epoksyharpiks og polyuretanharpiks, er miljøskadelige ettersom de innebærer utslipp av giftig isocyanat og kreftfremkallende epiklorhydrin. Silikonharpiks er stort sett tilsatt biocider ettersom de er smågodt for sopp og alger. Enn så lenge har man ikke tilstrekkelig undersøkt om puss med giftige tilsatser avgir skadelige emner i gassform.

Ytterpuss av kunstharpiksmateriale har den fordelen at den selv i et tynt sjikt beholder sin elastisitet så ingen sprekker oppstår, samt at den kan gjennomfarges. Mineralsk puss må derimot legges på etter et bestemt mønster. Men den klassiske pussen basert på bare sand og kalk er å foretrekke. Denne pussen både opptar og avgir fukt samtidig som kalken i den har en desinfiserende virkning. Puss med sement som bindemiddel kan inneholde giftig krom IV, som står for 90 % av all murerskabb. Ytterpuss kan ha tilsatser som økologisk tvilsomt polystyren eller ufarlig leirmateriale eller perlitt, som gir veggen en betydelig bedre varmeisolering. Også innomhuspuss kan ha kunststoffharpikser, eksempelvis for å gjøre den lettere å tørke av. Man bør imidlertid unngå puss med den sorts tilsatser på grunn av at den kan avgi skadelige gasser.

For å gi pussene bedre feste kan man før pussingen grunne med en lettflytende blanding av sand og kunstharpiks eller cellulose. Der det finnes større sprekker eller der ulike materialer møtes, f. eks. tre og metall, må man anvende seg av stråmatter, trådnett eller lignende, for å unngå oppsprekking. For at hjørner og kanter skal bli pene og pussene feste bra finnes det pusskinner, oftest av energisløsende framstilt aluminium eller galvanisert jern, som dessuten ofte er belagt med et sjikt miljøskadelig PVC.

Det finnes en lang rekke pussemetoder, strukturer og naturfarger, som gir en dekorativ pussoverflate. Man kan skape strukturer med mursleiva, gjøre pussene jevn eller mønstre ytstrukturen på ulike sett med ulike bevegelsesmønstre. Med pussbrettet kan man få fram ytterligere strukturer. Ulike feite pussmørtler gir ulike effekter når pussene overflatebehandles. Men man kan også la den ujevne rappingen forbli som den er, noe som gir en rustikk effekt. Noen typer pussmønstre er: rispuss, skivepuss, rivepuss, fargesteinspuss, antikkpuss, sleivpuss, rustikkpuss og markpuss.

Ved pussing kan jordpigment blandes direkte inn i det ytterste pusslaget. Ulempen er at pussleggingene lett synes, og at man derfor oftest tvinges til å male om hele fasaden.

Sementpuss

Denne nyttes helst som en utvendig puss. Den kan anvendes på betongvegger, betongblokk, eller lettklinker- og lettbetongblokk. Først må alle sprekker og ujevnheter jevnes ut med en sementmørtel (volumproporsjoner sement/sand 1:3). Deretter kastes yten med en sementvelling med samme volumproporsjoner. Til slutt pusses yten med en sementmørtel med volumproporsjonene 1:1 på massiv betong respektive 1:3 på betongblokk, lettklinker eller lettbetong. Om det siste pusslaget gjentas et par ganger blir yttersjiktet så godt som vanntett.

Kalksementpuss

Anvendes mye utomhus. Kalksementpuss er noe sterkere enn kalkpuss og er mer elastisk enn ren sementpuss. Kalksementpuss har dårligere fuktbufrende egenskaper enn kalk- gips- og leirpuss. For mye sement i pussene gjør så fukt i veggen ikke kommer ut og sprenger løs pussene. En tilsats på 25 % perlitt gir en isolerende puss.

Kalkgipspuss

Denne pussene består av 10 volumdeler kalk, 1 – 5 deler gips og 30 – 40 deler sand. Mindre sand anvendes når blandingen skjer for hånd og mer ved maskinell blanding. For å oppnå bedre viskositet kan stivelse tilsettes, spesielt viktig i maskinblandet puss. Kalkgipspuss er ikke vannbestandig, men går å bruke under fliser i våtrom. Pussen kan skades ved direkte

vannsprut. Den har gode fuktregulerende egenskaper. En kalkgips puss er enklere å arbeide med enn en ren kalk puss. For å kunne male pussen med kalkfarge kreves en forbehandling.

En ren gips puss har de beste akustiske egenskapene, den gir en dempet, myk og behagelig ”klang” i rommet. Men fordi gips har dårligere fuktregulerende egenskaper enn kalk, kan en kalkgips puss være et godt kompromiss mellom disse to viktige egenskapene. Jeg vil sitere fra ”pattern” 235 i *A Pattern Language*:

”A wall which is too hard or too cold or too solid is unpleasant to touch; it makes decoration impossible, and creates hollow echoes”.

Kalkpuss

Inneholder lesket kalk, sand (volumforhold 1:3) og vann. Denne pussen både opptar og avgir fukt meget bra. Kalken brennes ved 1000 grader til brent kalk, og leskes siden med vann til lesket kalk. Det går med mindre energi ved kalkframstilling enn ved sementframstilling. Kalk har en desinfiserende virkning og er derfor særskilt bra i foger og i pussmørtel. Kalkpussen legges på i flere lag til den blir ca 1,5 cm tykk. Pigment som tilsettes må være alkaliebestandige og ikke overstige 10 vekt%.

Hydraulisk kalkpuss

Tilvirkes av en spesiell type kalkstein som foruten kalsiumkarbonat inneholder kiselsyre, aluminiumoksid og jernoksid. En hydraulisk kalkpuss (eller kalk-possolansement-puss) gir en puss som er mer motstandskraftig enn vanlig kalkpuss.

Leirpuss

Består av 75 vekt% sand og 20 vekt% leire. Som armering kan brukes halm, lin, hamp, cellulosefibre og dyrehår. Leirpuss har stor fuktkapasitet. Leirpuss kan innfarges med f. eks. emulsjonsfarge eller kalkfarge, eller påføres et lag beskyttende silikatpuss med jordpigment, som er fuktåpen. Sprekkdannelser kan oppstå ved for rask tørking. Viktig er det at underlaget, om det er leirvegg, har et fuktinnhold mindre enn 5 %. Om det skal pusses utomhus har været stor betydning for resultatet. Sjøttet skal bli 2-3 cm tykt, på halmvegger legger man først på en grovpuss i 3-5 cm tykkelse. For halmhus kan det være en fordel å gjøre innerpussen noe tykkere enn ytterpussen, eller å blande inn en noe større mengde linolje. Dette for å oppnå en form for ”diffusjonsbrems”. Før grovpussen appliseres må det slemmes med ei tynn leirvelling. Grovpussen består av grov sand og leire, som fester og fyller ut hulrommene mellom grusen. Ytterpussen består av tre lag, som alle består av en blanding av leire og tre granuleringer av finsand. Det er å få kjøpt siktesatser for alle aktuelle granuleringer.

- Linolje kan iblandes opptil 5 % for å gjøre veggene hardere og mer vannavstøtende.
- Løsning av tørrmelkpulver øker pussens hardhet og fleksibilitet.
- Salt senker tørkehastigheten slik at den blir hardere og ikke så lett sprekker opp.
- I ytterste utvendig pusssjikt bør det iblandes ku- eller hestemøkk, som har godgjort seg sammen med leire og vann i ca to uker. Dette for å gjøre pussen mer vannavstøtende.
- Innblanding av vannglass i pussmørtelen vil trolig motvirke oppsprekking.
- I de ytterste pusslagene kan man gjerne blande inn ønsket fargepigment.
- Rundt hjørner og i overganger mellom dører og vinduer, bør det benyttes hønsenetting som stikker ut 10-20 cm på hver side.

Mange gamle oppskrifter på leirpuss kan inneholde både maurtue, mose, ku- og hestemøkk. Det kan også forekomme animalsk lim i leirpuss. Det finnes ferdig leirpuss å kjøpe i pulverform i Tyskland som røres ut på plass. For å få leirpussen til å feste på underlaget må det gjøres ujevnt. På trevegger kan man enten hakke opp virket eller sette fast ei stråmatte. Leirpuss og -mørtel kan gjenvinnes ved å løses i vann.

På Toten var det tidligere vanlig å pusse tømmerhus utvendig med leire iblandet linfiberarmering. Dette gjelder bl.a. gården "Kirke-Balke" på Skreia. Tømmerveggen blir først gitt en noe rufsete overflate, før fiberleirpussen strykes på med stor kraft. Det at denne overflaten ikke sprekker opp når tømmerbygningen beveger seg, sier noe om hvor godt leire og tre går sammen. Gården, fra mellom 1800 – 1812, ble nylig restaurert etter antikvariske prinsipper. Ønsker du å vite mer om teknikken, ta kontakt med murerne Gøran Gjetmundsen og Stian Skredderbakken.

Leirmørtelen består av en stor mengde partikler, som gjør at leiren får en stor overflate, som vil kunne ta opp og avgi fuktighet. Dette gjør leirpussen svært elastisk og den vil derfor følge treverket ved svelling og krymping.

Innvendige leirvegger kan males med leirmaling, f. eks. fra www.ekologiskbyggvaruhuset.se, eller med kalkmaling (Gotlandskalk). Det finnes flere metoder for overflatebehandling av leire man kan lage selv, kontakt NJH på www.njh.no eller Gaia Arkitekter for råd. For utvendig leirpuss kan benyttes kalivannglass, som trenger dypere inn og er mer diffusjonsåpen enn natriumvannglass. Leirpussen kan også impregneres med SurfaPore, på www.surfaproof.no.

Enkel oppskrift på leirmaling for interiør:

- 3 dl leire
- 3 dl vann
- 1 egg
- Pigment som løses i vannet for ønsket farge



Lite leirpusset halmhus

Julio E. Perez Dias har laget et lite hefte for leirpuss på halmhusvegger, men heftet er aktuelt for alle situasjoner hvor man ønsker å benytte leirpuss. Her beskrives i detalj hvordan man bygger opp en trelags leirpuss og hvordan de forskjellige lagenes pussmørtel settes sammen, med illustrerende tegninger, tabeller og bilder. Anbefales! Kontakt: julio@gaiarkitekter.no.

Silikatpuss

Denne legges på i et 1-3 mm tykt lag for anvendelse utomhus på mineralsk underlag. Bindemidlet i pussen er en kalivannglassløsning. Den er sterkt alkalisk og behøver derfor ikke tilsettes biocider/konserveringsmidler. Kalivannglass reagerer med det mineralske underlaget og danner et vannavvisende men diffusjonsåpent yttersjikt, som Gore Tex. Holdbarheten er lang. Pussen kan innfarges med alkaliebestandige pigment, som jernoksid eller titandioksid. (Natriumvannglass er mindre diffusjonsåpen og trenger dårligere inn i underlaget.)

Høyfrekvenspuss

Det store Tyske selskapet Knauf har utviklet en puss basert på gips med en tilsats av karbonfibre, som demper mikrobølger med opp til 95-98 %. Dessuten skjermes lavfrekvente elektriske felt ganske effektivt om pussens jord. Denne pussens legges på som et sjikt av 2-3 mm tykkelse på underlaget, puss eller andre byggematerialer fra mineralriket. En 25-kilossekk dekker 7-10 kvadratmeter. Informasjon kan fås fra Knauf Danogips i Århus.

Dekorpuss

Dekorpusser legges på i et tynt yttersjikt. Det finnes rene dekopusser med farge av de inngående mineralene, fremst kvartsgranulat og glimmer med ulik kornstørrelse. De strykes på sammen med tapetklister, dvs. helsevennlig metylcellulose, på den ferdigpussede murveggen. De gir en særlig slitesterk og robust, estetisk og behagelig yte.

I Tyskland benyttes i økende grad tekstile veggpusser, som opprinnelig kommer fra Japan og hovedsakelig importeres derfra. Disse pussene påføres oftest med trykkluftsdrevne

sprutepistoler på veggene og gattes deretter med ei glatteskje. De består hovedsakelig av ulikt fargede bomulls fibre.

Også jute- og viskosfibre likesom ulike mineralske emner nyttes for å oppnå ønskede farge- og struktureffekter. Som bindemiddel duger både metylcellulose og potetstivelse. På så vis kan man oppnå et stort antall ulike mønstre, farger og overflatestrukturer, som gjør det mulig selv for en lekmann å kunstnerlig gestalte romsvegger og innertak. Disse fra et helse- og miljøsynspunkt utmerkede ”flytende tapeter” tilbys enten som pulver for utrøring i vann, eller som ferdige vannløsninger med ulike farger, som også kan gi ulike ytestrukturer.

Kilder:

Dette dokumentet er en remiks hvor jeg har benyttet en rekke utdrag fra bøker, Internett, fagblader etc. Disse har jeg omskrevet, kopiert og mikset sammen med egne vurderinger og kunnskaper. Størst nytte har jeg hatt av bøkene og nettstedene nevnt under.

Anvendt hovedlitteratur:

- Alexander Christopher, “A Pattern Language”, Oxford University Press, 1977.
- Berge Bjørn, “The Ecology of Building Materials”, Architectural Press, 2009.
- Bokalders Varis & Block Maria, ”Byggeologi. Kunnskaper för ett hållbart byggande”. Svensk Byggtjänst, 2004.
Forshufvud Ragnar, ”Bostad och hälsa”, MIMERS BRUNN Kunskapsförlaget, 1998.
- Noevius Peter, ”Bygg Friskt!”, Svensk Byggtjänst, 1999.
- Schmitz-Günther Thomas, ”Ekologiskt byggande och boande”. Könnemann, 2000.

Anvendte nettsteder:

- <http://www.heidelbergcement.com/no/no/norcem/kundesenter/brosjyrer.htm>
- www.buildingbiology.net
- www.baubiologie.de