



BLOKMUR - MURBLOK

*Det beklædte blokmurværks enkle natur
og arkitektoniske potentiale*

Hæfte 2

**Bloktyper og
Overflade-
behandlinger**

BLOKMUR – MURBLOK

*Det beklædte blokmurværks enkle natur
og arkitektoniske potentiale*

Hæfte 2

Bloktyper og Overflade- behandlinger

Hæfte 2

**Blokmur – Murblok,
det beklædte blokmurværks enkle natur og arkitektoniske potentiale**

Nini Leimand

Afhandlingen er udfærdiget som afslutning på ErhvervsPhD-stipendium, finansieret af Wienerberger a/s, Maxit a/s og Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling.

Virksomhedsvejledere i Wienerberger: Ing. Gert Christensen, Produktchef for Porotherm og Dipl.Ing. Michael Kogler, International Produktchef for Teglblokke.

Virksomhedsvejleder i Maxit: Bjarne Jensen, Salgs- og Produktchef for mørtler og Dipl.Ing. Thomas Hör, Produktchef for Maxits overfladebehandlinger.

Arkitektskolevejleder: Professor, arkitekt phd Anne Beim, Kunstakademiets Arkitektskole

Afhandlingen er afleveret til bedømmelse 4. marts 2008 på Kunstakademiets Arkitektskole i overensstemmelse med retningslinjerne for ErhvervsPhD-ordningen.

Er ophavsretten til en illustration forkert angivet eller krænkede kan indehaveren af ophavsretten henvende sig til Kunstakademiets Arkitektskole og blive honoreret efter normal praksis.

Tilrettelægning: Arkitekt Bertelsen v/ Jens Bertelsen og www.linej.dk

Billede på omslag hæfte 1: Dan Hoffman, Recording Wall, 1991. Fra bogen Architecture Studio - Cranbrook Academy of Art 1986 – 1993, Rizzoli International Publications, Inc., 1994, p. 170.

Billeder på omslag hæfte 2: Dan Hoffman, Recording Wall, 1991. Fra bogen Architecture Studio - Cranbrook Academy of Art 1986 – 1993, Rizzoli International Publications, Inc., 1994, p. 171.

Billeder på omslag hæfte 3: Forsidefoto, Anne Beim. Bagsidefoto: Nini Leimand.

Tryk: Vester Kopi

ISBN: 978-87-7830-165-9

© Nini Leimand

BLOKTYPER OG OVERFLADEBEHANDLINGER

Indledning	3
<i>Begreber</i>	4
Bloktyper	9
<i>Teglbyggesten (EN 771-1)</i>	11
<i>Letklinkerbetonbyggesten (EN 771-3)</i>	19
<i>DSM blokken – Det Stabelbare Murværk (EN 771-3)</i>	23
<i>Letbetonbyggesten uden porøse tilslag (EN 771-4)</i>	25
Kompositblokke	27
<i>Teglblok med perlitefyldte kanaler</i>	27
<i>Lecategl</i>	30
<i>Leca®term</i>	32
<i>Lammi stabelbare blok:</i>	34
<i>Magu blokke</i>	36
<i>LiTraCon</i>	39
Skema til sammenligning af bloktyper	40
Tegl - Historik:	49
Beton - Historik	55
Overfladebehandling af blokmurværk	61
<i>Udvendig puds</i>	63
<i>Indvendig puds</i>	66
<i>Pudsoverfladens Struktur og farve</i>	69



Fig 1. Mursten med aftryk af hånd. (Foto Alfonso Acocella).

Indledning

Dette hæfte beskriver et repræsentativt udvalg af de mange bloktyper, der findes på det danske marked, samt et par eksempler hentet fra andre lande. Med den seneste udgave af DS 414 (6.1)¹ har man indført fællesbetegnelsen Byggesten for de tidligere anvendte begreber mursten og blokke. Før denne fællesbetegnelse blev indført, var definitionen på blokke, at de var byggesten med en basishøjde på mindst 185 mm. Men der var ikke en tilsvarende angivelse for minimumsbredden.² Denne afhandling beskæftiger sig netop med det udsnit af byggestenene som er specifikt beregnet til at udgøre ydermurens fulde tykkelse, dog tillagt en beskyttende overflade.

Fig.1

Størrelsen på murerens hånd er som bekendt udgangspunktet for størrelsen på en klassisk mursten. Størrelsen på de blokke som denne afhandling omhandler baserer sig generelt på, hvor meget en person kan håndtere med to hænder³. Andre bloktyper er derimod af en størrelse og en vægtsklasse som betyder, at en mekanisk lift er påkrævet. Blokkenes mål forholder sig desuden til byggeriets modulmål. Der ses dog tegn på, at handlen med byggematerialer på tværs af landene betyder, at byggebranchen er på vej til at acceptere mange forskellige formater.

Afhandlingen omhandler kun uorganiske blokke. Til de uorganiske mineralske materialer hører natursten, beton, glas, letklinker og tegl. Det er karakteristisk for disse materialer, at de besidder en middel densitet, høj trykstyrke og en middel varmeledningsevne.

Projektet kredser udelukkende om det udsnit af blokke, som varetager rollen som både den bærende og isolerende ydermur. Dette hæfte medtager således udelukkende blokke, der er beregnet til at indgå i en monomurskonstruktion, men som i kraft af deres porøsitet skal overfladebehandles eller beklædes. Hæftet vedrører blokke, der kan anvendes i bygninger på indtil 2½ etager og en højde under 8,5m. Anvendelsesområderne spænder fra småhuse og boliger til kontorer og institutioner.

Dette hæfter lægger ud med en kort redegørelse for afgørende bygningsfysiske terminologier som grundlag for at opbygge en forståelse for bloktyper-

-
- 1 4.2.1: Ved dimensionering af bygningskonstruktioner skal anvendes følgende normer for bygningskonstruktioner:
Murværksnormen DS 414 danner sammen med DS 409 'Norm for sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner' og DS 410 'Norm for last på konstruktioner' grundlaget for beregning og udførelse af murværkskonstruktioner.
Dansk Standard udgav 1. marts 2005 en ny udgave af DS 414 'Norm for murværkskonstruktioner'. Den reviderede norm er tilpasset de europæiske standarder for murværksprodukter, der er udgivet siden murværksnormen sidst blev revideret i 1998. Det vil lette overgangen for dansk byggeri til de europæiske regler, når den danske murværksnorm om få år skal skiftes ud med Eurocode for murværk.
 - 2 Murerfagets Lærebogsudvalg, Murerbogen, 4 udgave, 2005.
 - 3 Arbejdstilsynets anvisning.

nes forskellige egenskaber. Et skema til sammenligning af blokkenes tekniske data afrunder førnævnte gennemgang. Dernæst følger en kronologisk oversigt over de mest gængse bloktypers udviklingshistorie set ud fra en dansk optik. Til grund for behandlingen af disse tekniske data ligger dels materialetekniske bøger dels oplysninger indhentet fra producenter af blokke eller pudsemørtel. Afhandlingens samlede bibliografi findes bagerst i hæfte 1. Jeg har ikke til hensigt at føre bevis for, at den ene bloktype er bedre end den anden. Der gengives i stedet kort dele af den diskussion og de argumenter, som trænger sig på, når de forskellige bloktyper bliver holdt op imod hinanden. Der er mange faktorer, der må spille ind, når man vælger den ene frem for den anden blok.

Jeg forsøger med dette hæfte på den ene side at liste en mængde faktuelle tekniske data op og på den anden side at undgå, at det får præg af en egentlig neutral anvisning. En sådan skal jo løbende opdateres og findes på producenterens hjemmeside. Jeg har med en arkitekts optik sorteret i stoffet ud fra en betragtning over hvilke aspekter man primært spørger til ved tegnebordet.

Begreber

Dampdiffusion

Dampdiffusionstallet får større og større betydning, efterhånden som det er blevet mere almindeligt med højere rumtemperaturer og dermed mulighed for højere vanddampindhold i rumluften. Samtidig er muligheden for naturligt luftskifte via utætheder ikke længere tilladt ifølge gældende bygningsreglement.

I mange af de lagdelte ydervægstyper, der ofte indeholder såvel meget porøse som meget diffusionstætte lag, kan der være fare for kondens inde i selve vægkonstruktionen. Murværk bør være diffusionsåbent, ligeså eventuelle overfladebehandlinger og isoleringsmaterialer. Indefra kommende fugt skal frit kunne passere på tværs af ydermuren.⁴

Det er som bekendt dyrt at varme fugtig luft op. Vil man undgå kondens på indervæggene, er det en betingelse, at vægoverfladens temperatur alle steder er højere end det niveau hvor dugpunktet indtræffer.

Densitet

Byggestenens tørmasse divideret med totalrumfanget uden fradrag af eventuelle indvendige huller, men med fradrag af udvendige udsparinger. Sten med densitet lavere end 1600 kg/m³ anvendes ikke i upudsede mure.

Dilatationsfuger

Behovet for dilatationsfuger og antallet af dem kan vurderes på baggrund af

4 Gustavsson, Tomas, Tegeldetaljer, Arkus i Lund, 2008.

temperatur- og fugtbetingede bevægelser.⁵ Temperaturbetingede bevægelser i murværket beregnes på basis af længdeudvidelseskoefficienten. Bag dilatationsfugen skal der være en gennemgående lodret sprække med indlagt isolering. Eventuel armering i liggefugerne afbrydes ved dilatationsfugen.⁶

Energirammen

Energirammen omfatter det samlede maksimale behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling, varmt brugsvand og i visse bygninger også belysning. Kravet ved nybyggeri er:

Max. 70 + 2200/A(kWh/m² pr. år) Boliger mm.

Max. 95 + 2200/A(kWh/m² pr. år) Kontorer mm.⁷

Det dimensionerende transmissionstab er den varmemængde, der strømmer gennem en bygnings klimaskærm.⁸ Kravet ved nybyggeri er:

Max. 6 W/m² klimaskærm eksklusiv vinduer og døre for bygninger op til 3 etager.

Fugtabsorbering

Den moderne bygningsmasse er ikke som tidligere hårdest udsat for råd udefra. Nye bygninger rådner indefra pga. manglende udluftning.⁹ Mineralbundne materialer er generelt ikke følsomme overfor fugt. Faktisk absorberer blokkens overflade fugten fra luften og giver den tilbage igen. Dette har afgørende betydning for kvaliteten af indeklimaet.

Genanvendelse

Porøse blokke er vanskelige at genanvende, da de typisk vil være svagere end fugen. Men mineralske blokke kan ved nedrivning knuses og finmales med henblik på at indgå som tilslagsmateriale.

Kuldebroer

Med homogene isolerende blokke dannes der ingen nævneværdige kuldebroer ved vinduer o.l. Der opstår heller ikke konvektionstab, fordi al luft i porerne er indkapslet i modsætning til normal isolering. DS 418 angiver, at der kan ses bort fra kuldebroer, hvis isoleringen kun er brudt af materialer med en varmeledningsevne mindre end 0,3 W/mK, fx træ og letbeton med lav densitet. (Jf. hæfte 3 Kap. *Huller i Mur*).¹⁰

5 [DS 414](#); 4.1.

6 I [DS 414](#):2005 s.32 kap.6.2.5 står der: "Der skal placeres dilatationsfuger eller træffes andre foranstaltninger i et sådant omfang, at temperatur- og fugtbevægelser kan foregå, uden der opstår svækkende revnedannelser. Ved placering af dilatationsfuger i murværk skal der tages hensyn til de øvrige konstruktionsdeles dilatationsmuligheder."

7 [BR95](#) + tillæg.

8 [DS 418](#), 6. udgave, 2002.

9 Dahl, T., P. Sørensen & A. Beim, [Den hule mur – et udviklingsprojekt](#), København, 1992. Gøsta Knudsen, p.8.

10 [DS 418](#), 6. udgave, 2002.

Limfugemørtel

En tynd mørtel til brug i fuger, hvis tykkelse er mellem 1mm og 3mm.

Lufttæthed

Luftgennemgangen gennem sprækker i klimaskærmen må ikke overstige 1,5 l/s pro m² opvarmet gulvareal ved en trykprøve på 50 Pa.

Lufttæthed er vigtig af to årsager. For det første er det et spørgsmål om komfort, da utætheder i ydermuren resulterer i trækgener. For det andet indebærer utætheder en ukontrolleret og hurtig varmetransport, som øger energiforbruget. Naturlig ventilation i nye huse skal derfor erstattes af mekanisk, kontrollerbar ventilation.

Det er af afgørende betydning at være omhyggelig med tilslutning af vinduer og døre til ydermuren. Overgangen til en let tagkonstruktion og træbygningers tilslutning til fundamentet kræver også grundighed. For massive tværsnit er forudsætningerne rigtig gode for at opnå den påkrævede tæthed. Blot disse samlinger udføres med omhu taler meget for at en massiv mur har fordele hvad angår lufttæthed sammenlignet med de lagdelte og de lette konstruktioner, hvor plastfolier med mere kan være vanskelige at få tætte.

Der kan kun passere meget små og ubetydelige luftmængder gennem selv de mest porøse blokke. Arbejdets udførelse og væggens overfladebehandling med puds, maling, tapetsering o.s.v. spiller en afgørende rolle for luftgennemtrængeligheden i blokmurværk.

Porøse tilslagsmaterialer

Valg af blandt andet tilslagsmaterialer gør det muligt at variere blokkenes egenskaber. Porøse tilslagsmaterialer reducerer blokkens vægt og varmeledningsevne. Men vejrbestandigheden reduceres tilsvarende, hvilket betyder at blokkene skal overfladebehandles.¹¹

Tilsætningsstoffer

Stoffer, som – uden at være bindemiddel eller tilslagsmateriale – giver mørtlen specielle, tilsigtede egenskaber. Tilsætningsstoffer kan være: luftindblandingsmidler, vandreducerende midler, vandholdende midler, vandafvisende midler, vedhæftningsforbedrende midler, retarderende midler, accelererende midler og frysepunktssænkende midler, fibre og visse typer farvestoffer.

Trykstyrke

På de fleste teglværker fremstilles massive sten og mangehulssten af samme ler, og det ville være nærliggende at antage, at de massive sten brændt ved samme temperatur som mangehulsstenene ville have den største trykstyrke. Dette er imidlertid ikke tilfældet, idet stenene med huller som regel har samme eller i de

11 Porøse tilslagsmaterialer defineres som angivet i DS 406.

fleste tilfælde større trykstyrke end de tilsvarende massive, selv om det bærende tværsnit er formindsket med hullernes areal. Årsagen til dette må formodentlig søges i, at sten med huller bliver bedre gennembrændt end massive sten.¹²

U-værdi

U-værdien angiver, hvor stor en varmemængde, målt i Wh, der i løbet af en time strømmer gennem 1 m² af konstruktionen, når temperaturforskellen mellem den indvendige og den udvendige side er 1°C.

Ydervægge kan udføres med U-værdi max.:

0,40 W/m ² K.	Nybygninger
0,20 W/m ² K.	Tilbygninger og ombygninger
0,30 W/m ² K.	Sommerhuse ¹³

”Specifik varmekapacitet” er i kJ/(kg K) – og det betyder at 1000 bliver til 1,0 (anvendes i beregningsprogrammer som www.builddesk.dk).

Linietab

Værdi pr. meter.

Sammenbygning mellem ydervæg og vindue: 0,06 (0,03) W/m K.

Varmeakkumulering

Varmeakkumuleringsevne er udtryk for materialers evne til at optage, lagre og afgive varme. Bygningens varmetræghed påvirkes både af bygningens isoleringsevne, ventilation samt dens termiske masse. Hvis man vil øge bygningens tidskonstant, som er et mål på trægheden, kan dette gøres på to måder (eller en kombination af disse to): bygningen kan udstyres med mere isolering og/eller tilføres mere termisk masse.

Tunge konstruktioner fungerer som gratis energifangere. For at kunne lagre varmeenergi på en god måde bør de tunge konstruktioner eksponeres ind mod rummet. Indvendige overflader må ikke dækkes med isolerende materialer. Forudsætningen for at udnytte konstruktionens varmelagrende egenskaber er at tillade at indetemperaturen på en naturlig måde varierer noget over døgnet. Konstruktionen bliver varmeregulerende på den måde, at når varmen tilføres, så lagres varmen uden at rumtemperaturen stiger nævneværdigt.

Ved at opvarme bygninger med strålevarme via varme mineralisk base-rede gulve eller vægge i stedet for at anvende opvarmningssystemer, som i højere grad består i at varme luften indendørs, kan ydervæggens U-værdi være højere, uden at man forbruger mere energi.¹⁴

Den indflydelse, byggematerialers varmeakkumuleringsevne har på tem-

12 TEGL 10, Egenskaber, Falk, C., Kalk- og Teglværkslaboratoriet, 1980.

13 BR1995 – etagebyggeri (BR 95) + Bygningsreglement for småhuse 1998 – max. 2½ etager (BR 98). Kap. 8.5:

14 Schultz, Olov & Magnus Månsson, Bærende murverk i moderne arkitektur, Stockholm, 1994, p.28.

peratur- forholdene i boliger, er genstand for forskning i mange lande. En af de ting, der er enighed om er, at gratisvarmen (varmen fra solindfald) udnyttes bedre i huse med tunge vægge.

Den loypligtige energirammeberegning kalkulerer ikke med materialernes varmekapacitet endsige fugtkapacitet.

Varmeledningsevne

Materialer med den laveste densitet, største porøsitet og som altså indeholder mest luft, har også den laveste varmeledningsevne i overensstemmelse med, at stillestående, tør luft har et meget lavt varmeledningstal.¹⁵

Det er blandt andet fugtindholdet, der har indflydelse på de almindelige byggematerialers varmeledningstal. Det er forståeligt, når man betænker, at vands varmeledningstal er 20-25 gange større end varmeledningstallet for den luft, som vandet erstatter i materialets porer.¹⁶ I normen er der opgivet, hvad man skal regne med af fugtindhold i de forskellige materialer.¹⁷

15 DS 418, 6. udgave, 2002. designlampdåværdier.

16 TEGL 10, Egenskaber, Falk, C., Kalk- og Teglværkslaboratoriet, 1980.p.8.

17 DS 418, 6. udgave, 2002.

Bloktyper

De europæiske normer inddeler blokkene i følgende produktserienumre:

Teglbyggesten (Clay)	EN 771-1
Kalksandstensbyggesten (Calcium silicate)	EN 771-2*
Betonbyggesten	EN 771-3
Letbetonbyggesten med porøse tilslag (Aggregate concrete)	
Letklinkerbetonbyggesten (Aggregate concrete)	
Letbetonbyggesten uden porøse tilslag	EN 771-4
Porebetonbyggesten (Autoclaved aerated concrete)	
Industribyggesten (Manufactured stone)	EN 771-5*

*(Ikke medtaget i dette hæfte grundet for høj varmeledningsevne).

I den danske *Norm for Murværkskonstruktioner* er det ikke vurderet relevant at nævne EN 771-6 Byggesten i natursten. (Natural stone masonry units).

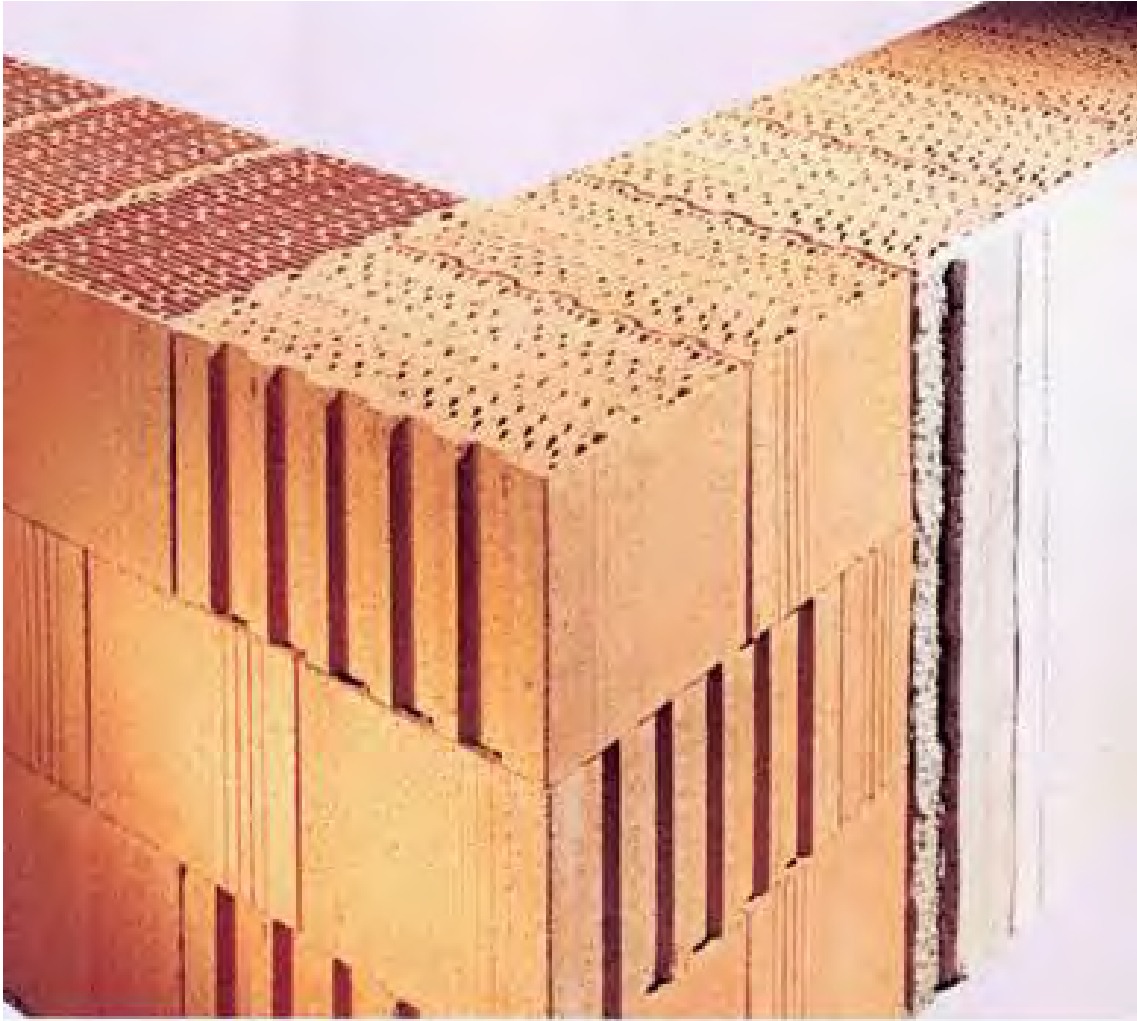


Fig.2. Hjørne opmuret i Porotonblokke – delvist overfladebehandlet.

Teglbyggsten (Clay) EN 771-1

Typebetegnelsen for de porøse teglblokke er Poroton (poro = porer + ton = ler) Normmæssigt mangler ”letvægtstegl” som en selvstændig definition.

Fig.2

Råmaterialer og produktion:

Grundmaterialet i tegl er ler, som hovedsageligt består af kiselsyre og vandholdige aluminium forbindelser, og det har en flad skifret struktur som gør det plastisk og formbart.¹⁸ Det vil sige, at det i fugtig tilstand lader sig forme. Ler til teglfremstilling er ikke rent. Det indeholder tillige finkornet sand, mineralslib, finkornet kalk samt jernforbindelser. Jo mere lerstof leret indeholder, desto mere plastisk er det. Meget plastisk ler kaldes fedt ler. Til gode teglværksprodukter må leret hverken være for fedt eller for magert.¹⁹

Lermassen iblandes sand og vand, som alt afhængig af den ønskede U-værdi samt trykstyrke tilsættes varierende mængder granulater så som savspåner / celluloseflager / polystyrenkugler eller lignende. Granulaterne brænder væk i ovnen (polystyrenkuglerne bliver til kuldioxid og vanddamp) og efterlader små fine isolerende luftporer jævnt fordelt i blokken. Der produceres også teglblokke, hvor lermassen er iblandet perlite, som ikke brænder væk men i sig selv er isolerende. Perlite er et vulkansk naturglas, som gennem brænding ekspanderer til 10 gange sit oprindelige volumen.

Formning af isolerende teglblokke sker i strengpressen. Her ekstruderes en sammenhængende lerstreng frem mod et filigran-profileret mundstykke (en dyse). Mundstykket efterlader et komplekst geometrisk mønster af lodrette, forskudte kanaler i blokken, svarende til plansnittet på det færdige produkt. Denne ribbekarakter betyder at blokkene opnår en fordelagtig trykstyrke, en stivhed overfor horizontale kræfter, en reduktion af materialemængden og ikke mindst, at varmen skal vandre langt for at nå igennem tværsnittet på blokken.

Fig.3-5

Den store overflade på blokken i kraft af ribbesystemet gør, at den er nem at tørre ud før brænding. Oprindeligt lavede man udelukkende udsparinger i lermaterialet for at fremme tørreprocessen. Man opdagede først sidenhen, at det havde en positiv indvirkning på isoleringsværdien. Blokken kan produceres på bare 12 timer fra råmaterialet blandes til færdig blok. Dette varierer dog meget fra teglværk til teglværk.

Under brændingen forgasser granulaterne væk, hvorved luftporer opstår i det tilbageblevne teglmateriale. Blokken brændes ved 900 grader. Stigende temperatur medfører, at densiteten stiger, styrken bliver større, stenen bliver mere tæt, mindre porøs, dens varmeledningsevne stiger.

Blokkene planslibes i top og bund, så de opnår en eksakt højde på

18 Hegger, Manfred, Hans Drexler & Martin Zeumer, *Basics – Materials*, Basel 2007, p.46.
19 Bengtsson, Lasse & Preben Selck, *Byggeriets Materialer*, København, 2006.



Fig. 3a

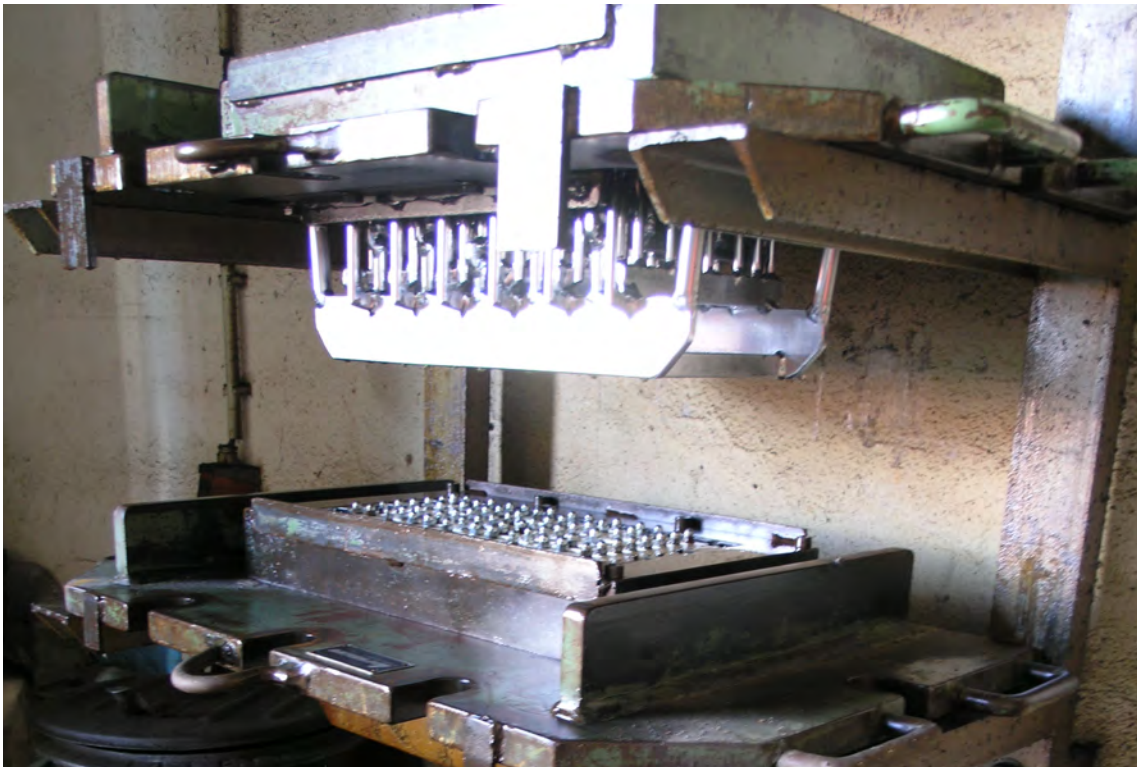


Fig. 3b

Fig. 3a. Formning af isolerende teglblokke sker i strengpressen. Her ekstruderes en sammenhængende lerstreng frem mod et filigran-profileret mundstykke -en dyse. (Eget foto)

Fig. 3b. Mundstykket efterlader et komplekst geometrisk mønster af lodrette, forskudte kanaler i blokken, svarende til plansnittet på det færdige produkt. (Eget foto).

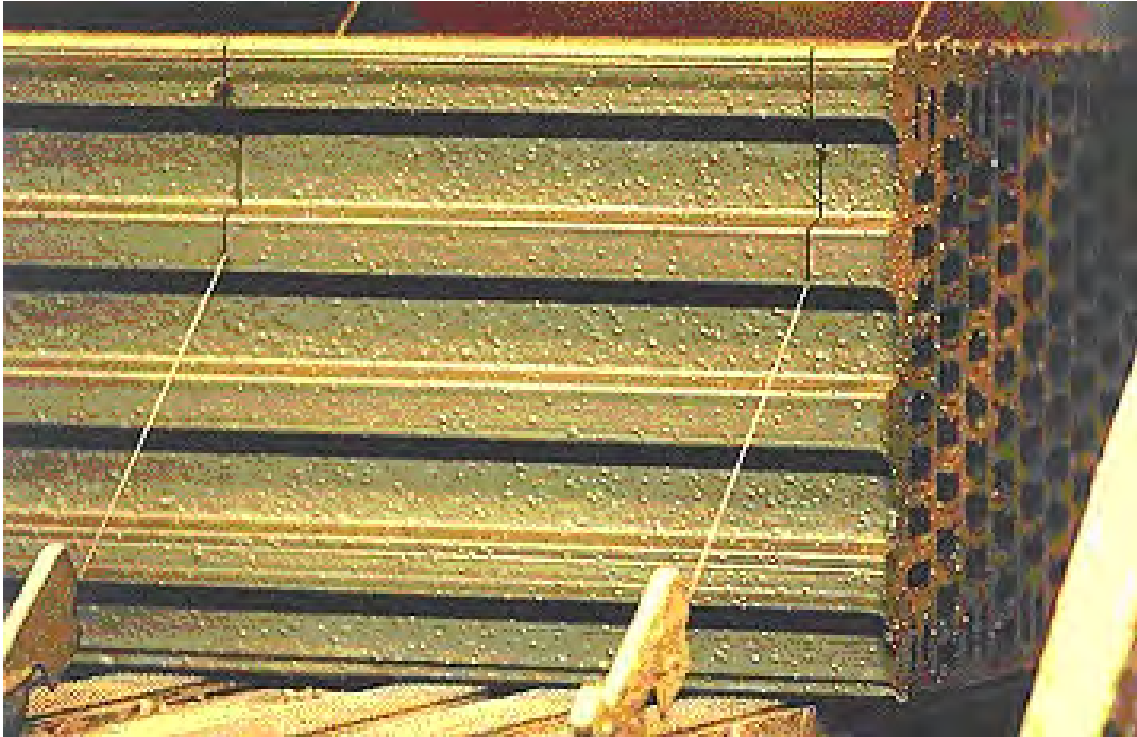


Fig. 4. Afskærebord – blokkene skæres til i højden. (Eget foto).

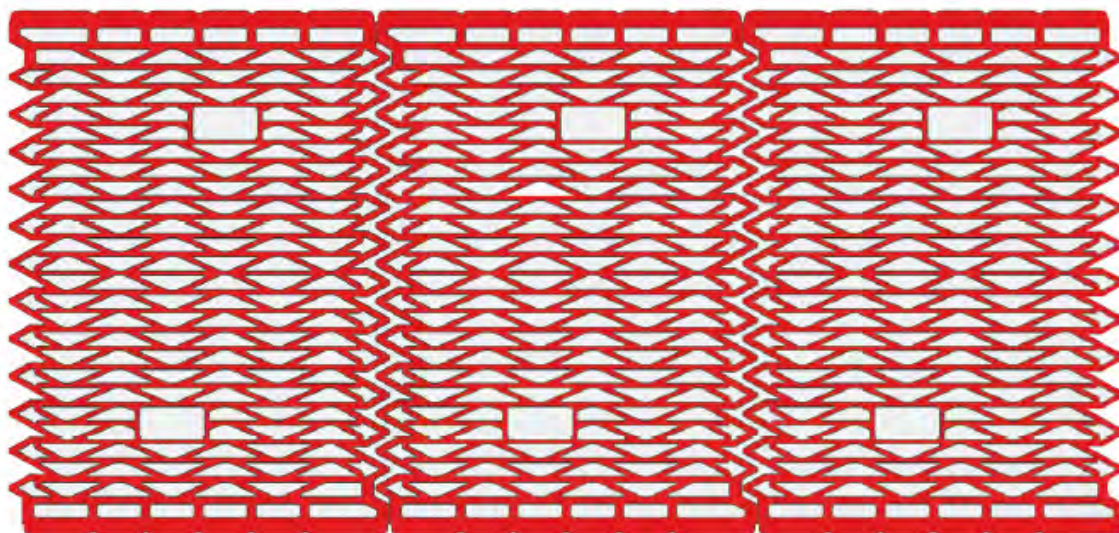


Fig .5a

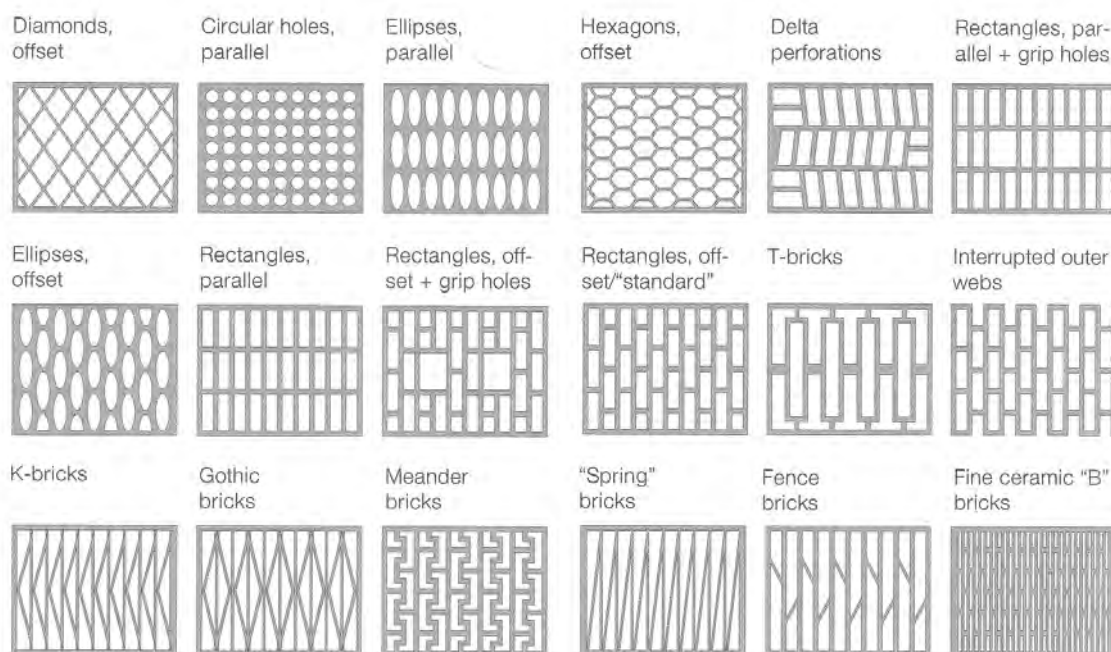


Fig.5b

Fig.5a. Bemærk sidernes savtakkede fer og not. (www.kellereziegelsysteme.de)

Fig.5b. Der er i tidens løb udviklet en enorm mængde af blokgeometrier. (Masonry Construction Manual, Birkhäuser p.165).

249mm.²⁰ Der produceres også porotonblokke til traditionel opmuring, de såkaldte Poroton-Blockziegel, højde 238mm. Det vidner om betydningen af vaner og traditioner indenfor byggeriet, for teknisk set er det på flere punkter en markant dårligere løsning at mure blokkene op med en traditionel 12mm fuger sammenlignet med Plan blokken der klæbes med 1mm lejefuger. Sidstnævnte løsning betyder, at murværkets overflade udelukkende består af ét materiale, tegl. Det er et optimalt udgangspunkt for kvaliteten af en efterfølgende pudsbehandling, og man undgår desuden aftegningen af de traditionelle mørtelfuger ved fugtigt vejrlig.

Anvendelse:

Teglblokken kan i dens nuværende form anvendes i op til 2½ etage.

I eksempelvis Tyskland har man bygget i disse teglblokke i over fyrre år og Poroton er nu oppe på 60% af markedet i konkurrencen med andre materialer. I Danmark blev der mellem 2001 og 2005 opført 60-80 boligenheder. Mellem 2006 og 2007 ca. 40 -50 boligenheder.

I mange sydlige lande produceres de såkaldte Hoch Loch Ziegel med lodrette kanaler men uden porositeten. Her er fokus selvsagt ikke på U-værdien. Blokkene bruges ofte til udfyldning mellem betonkonstruktioner.

Porotonblokkene limes op i tyndmørtel.

Formater:

I Danmark følger diverse bloktyper generelt højdemodulet 200mm svarerende til tre skifter teglsten i højden. Poroton blokkene afviger fra dette princip. Blokkens format er en addition af 'Deutsche format' DF (h)52x(l)240x (b)115mm. En 365 blok svarer således til 12DF.

Til familien hører også et tegldækssystem samt skillevægskblokke i to forskellige tykkelser alt afhængig af, om det er en bærende eller ikke bærende skillevæg. 115/175mm. Desuden findes præfabrikerede overliggere med og uden varmeisolerende kerne, udstøbningsblokke til betonarmerede overliggere eller ringankre samt udstøbningsblokke til lyd vægge mm.

Fig. 6

Blokkens bygningsfysiske egenskaber

U-værdi inklusiv puds: 0,25 W/m²K (færdig murtykkelse 400mm).

Tegl er et porøst materiale, hvilket betyder, at dets faste bestanddele er gennemskåret på kryds og tværs af kanaler og hulrum. Hvad vandafgivelse angår, har teglets poresystem den egenskab at bringe en fuldblændt teglsten til hurtigere at afgive optaget vand ved fordampning end noget andet gængs,

20 Generelt slibes blokken efter brændingen, men i visse egne er leret af en kvalitet der gør, at den kun ændrer sig op til 1mm efter brændingen. Blokken bliver i de tilfælde slebet før brænding. Det slider markant meget mere på klingerne, når blokken er brændt, og klingerne er en bekostelig del af produktionsapparatet.

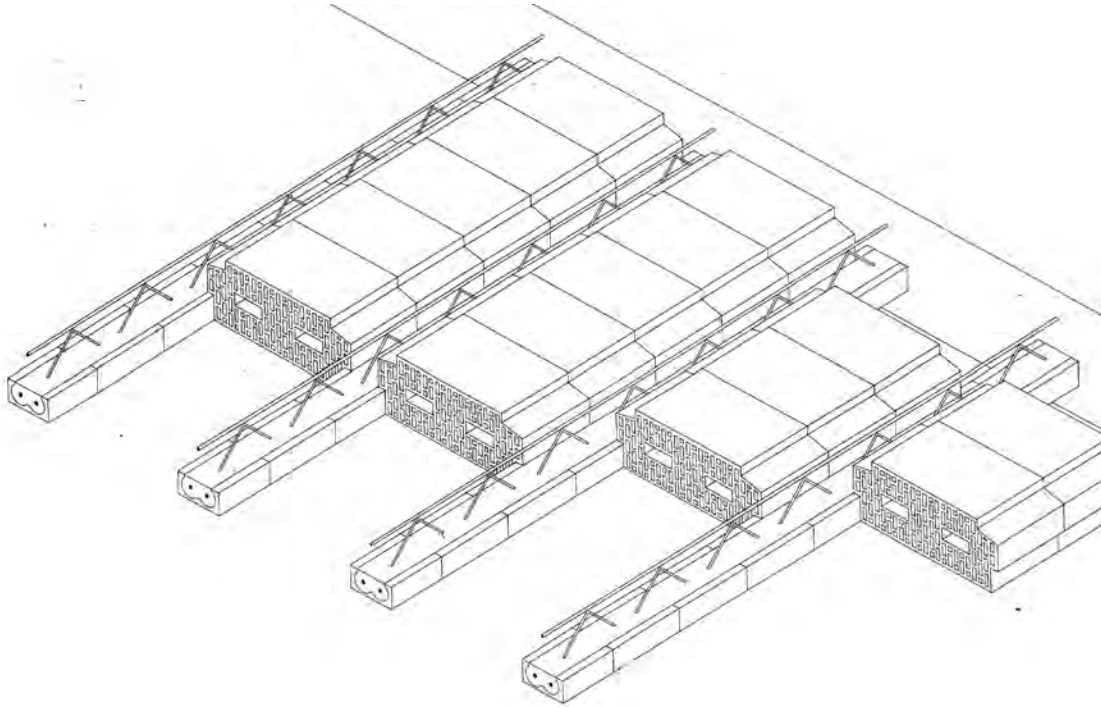


Fig. 6

Fig. 6. Tegldæk. (Building with Large Clay Blocks, Detail Practice, 2004, p. 28).

Fig. 7. Ubrændte lerblok. Der arbejdes på at udvikle en ubrændt lerblok. Det gøres der for at eliminere energiforbruget i forbindelse med brændingen, men også i erkendelsen af at ler har fremragende egenskaber for indeklimaet. Den er ikke godkendt til de første skifter, hverken i stueplan eller på de følgende etager. Der anvender man en brændt teglblok på grund af risiko for kollaps ifald den ubrændte blok udsættes for vand. (Eget foto).



Fig. 7

porøst byggemateriale.²¹ Desuden har det ved talrige forsøg kunnet påvises, at tegl ikke indeholder lukkede porer, og at et teglprodukts porer må antages at stå i forbindelse med produktets overflade. Det må sikkert sættes i forbindelse med, at der allerede ved det rå lers tørring banes vej til overfladen for vand og vanddamp.²²

I kraft af teglblokkenes fine pore- og kapillarstruktur virker væggene som et naturligt klimaanlæg. Poroton blokke udligner temperaturudsving, er diffusionsåbne og besidder fremragende fugtregulerende egenskaber. Vægoverfladerne forbliver tørre og sørger dermed for et optimalt indeklima uanset årstiden.

Tegl har den laveste restfugt sammenlignet med andre isolerende blokke. Når teglblokkene leveres til byggepladsen, er de tørre, og grundet det lave forbrug af mørtel opnås et murværk med en meget lav restfugt-procent. Udførelsen af pudsbehandlingen kan derfor som hovedregel ske umiddelbart efter opstilling af teglblokkene.

Poroton blokke har sammenlignet med andre byggematerialer den laveste formændring i forbindelse med statisk belastning samt ved varme- og kuldepåvirkninger. Parametre som svind og formændringer er derfor ikke aktuelle, idet der kan regnes med en svindfaktor på 0. Risikoen for at der opstår revner i murværket er således minimal. Når det anbefales, at der indlægges dilatationsfuger, således at murfelterne maksimalt har en længde på 25 meter, skyldes det alene de bagvedliggende dækelementers formændring.

Der arbejdes på at udvikle en ubrændt lerblok. Det gøres der for at eliminere energiforbruget i forbindelse med brændingen, men også i erkendelsen af at ler har fremragende egenskaber for indeklimaet. Den er ikke godkendt til de første skifter, hverken i stueplan eller på de følgende etager. Der anvender man en brændt teglblok på grund af risiko for kollaps ifald den ubrændte blok udsættes for vand.

Fig.7

21 TEGL 10, Egenskaber, Falk, C., Kalk- og Teglværkslaboratoriet, 1980.p.5.
22 Ibid. p.2.



Fig. 8

Fig. 8. Letklinkerbetonblok. (Eget foto).

Letklinkerbetonbyggesten (Aggregate concrete) EN 771-3

Letklinkerblokke / Letkornsbetonsten

Fig. 8

Råmaterialer og produktion:

Letklinker fremstilles af kalkfattig ler, som formes til små runde kugler, når de brændes i roterende ovne. Resultatet er små porøse klinker med en keramisk overflade, der sikrer høj isoleringsevne og modvirker vandoptagelse. Letklinker bindes sammen af en tynd limhinde bestående af cement, sand og vand. Massen fyldes i stålforme under vibrering og tryk. Hærdning foregår i dampkamre ved ca. 50°C.

Anvendelse:

Letklinkerblokke er kapillarbrydende og desuden frostbestandige, eftersom vand der fryser til is kan ekspandere i blokkens mange pore. Letklinkerblokke er derfor særdeles egnede til konstruktioner med store fugtpåvirkninger såsom svømmehaller, kælder- og fundamentskonstruktioner og i bygninger, der står uopvarmede.

Blot blokmurværket på indersiden gøres lufttæt ved hjælp af en pudsbehandling, er det muligt at lade den udvendige overflade stå ubehandlet da letklinkerblokken som beskrevet ikke er følsom overfor fugt og frostsprængninger. Men når letklinkerblokkene anvendes i bygninger med komfortkrav, bør ydervæggen beskyttes med en vandafvisende facadebehandling som eksempelvis puds.

Letklinkerblokke har været anvendt i Danmark de seneste 60-70 år. I begyndelsen primært til sekundære bygninger indenfor landbrug og småindustri, men efterhånden også til bagmure og skillevægge i boligbyggeri med videre. I 60'erne begyndte man at anvende dem som kælderydervægge, og da der i 1960'erne blev sat fokus på bygningernes isolering, blev letklinkerblokkene også i stort omfang anvendt som 'lun ramme' i fundamenter.²³

Blokkene mures op i k/c mørtel. Blokke bredere end 190mm kan opmures med en indtil 50mm bred luftspalte med eller uden isoleringsstrimmel midt i fugen. Det anbefales at lime studsfigurerne for at minimere varmetabet.

Det anbefales, at letklinker blokmurværk svindarmeres som minimum i hvert tredje skiftes liggefuge. Ved dør- og vinduesåbninger indlægges altid armering i første fuge over åbningen samt i første fuge under vinduesåbninger. Endvidere skal der altid armering i murværkets øverste liggefuge.

Det anbefales, at der indlægges dilatationsfuger, således at murfelterne maksimalt får følgende længder: 8-10 meter. Desuden er det væsentligt for at

undgå svindrevner at vente så længe som muligt med at pudse blokmurværket samt at undgå udtørring umiddelbart efter pudsningen.

Formater

Letklinker byggesten leveres i mange formater. Den blok, som i kraft af dens U-værdi er relevant i denne sammenhæng, måler 190(h)x490(l)x390(b)mm. Der produceres også overliggerer i max. længde 2990.

Blokkens bygningsfysiske egenskaber

U-værdi inklusiv puds: 0,47 W/m²K (færdig murtykkelse 410mm).

Materialet er ikke særlig hygroskopisk, men det er åbent for luft og vandgennemgang. Indtrængende vand vil søge til lefefugerne eller fordampe. Tætning af murkroner og lysninger opnås ved tyndpudsning (2-3mm), inden rem og vinduer monteres.

Et svagt punkt ved cementbundne letklinkers egenskaber er deres relativt store førstegangs egenbevægelser forårsaget af det fugtbetingede svind i udtøringsprocessen. Det kan i praksis sættes til 0,15 til 0,4 mm pr. m.²⁴

24 lbid. p.5.



Fig. 9

Fig. 9. DSM blok. (www.maxit.se).

DSM blokken – Det Stabelbare Murværk **EN 771-3.**

Fig. 9

DSM blokken produceres i Sverige. Grundet bestemmelser i den danske *Norm for Murværkskonstruktioner DS 414* skal den dokumenteres særskilt, eftersom blokkene tørstables. Den er taget med i denne sammenhæng pga. det radikale princip om tørstabling og dens slægtskab med LEGOklodser.

Råmaterialer og produktion:

DSM blokken er en letklinkerbetonblok, og den bliver produceret på samme måde som angivet under Letklinkerbetonbyggesten.

Anvendelse:

Blokken er kendetegnet ved en langsgående not på oversiden og en tilsvarende fer på undersiden. Dette er et tørstabledt murværk uden brug af mørtel i hverken studs- eller lejefuger. Not og fer er udformet så installationer og rør $\leq 25\text{mm}$ får plads i det langsgående spor/hulrum. Om nødvendigt kan der også indlægges armering i sporet. DSM blokken er beregnet til montage ved hjælp af en mekanisk løfteanordning. Blokken er udstyret med en udsparring i den ene ende for at optimere kranløft samt opnå en tæt montage.

Udlægning af første skifte kræver stor nøjagtighed og udføres som ved 'traditionelt' murværk på et glidelag. Blokkene skal forskydes mindst 200mm. I det øverste skifte skal den langsgående rende ringarmeres og fyldes med mørtel.²⁵ Montering skal altid udgå fra hjørnerne, så man opnår en låsning af hjørnet. Ved hjørnet afskæres en del af feren, så den passer ned over den tværstillede not. Tilpasningen af længden skal ske ved dør- eller vinduesåbninger i muren eller mod midten af en mur uden åbninger.

DSM blokken skal overfladebehandles med armeret puds ind- og udvendigt.

Formater:

200(h)x600(l)x400(b)mm.

25 Ved montering af vægge højere end 2,5 m og samtidig længere end 5 m uden afstivende tværvægge kræves alternativ afstivning, inden dækket belaster konstruktionen.



Fig. 10

Fig. 10. Porebetonblok. (www.hplush.dk).

Letbetonbyggesten uden porøse tilslag (Autoclaved aerated concrete) EN 771-4

Porebeton / gasbeton

Fig.10

Råmaterialer og produktion:

Porebeton består af en blanding af råstofferne kalk, cement og sand eller brændt kalk, cement, sand og flyveaske. Kvantssandet kan erstattes helt eller delvis af højvovnsslagger. Råmaterialerne males i samme finhed som cement, hvilket er en forudsætning for, at de kemiske processer sker ensartet i massen, og at det færdige produkt får en ensartet struktur.²⁶

Ved tilsætning af vand udvikles en tyktflydende masse. Massen hældes i forme og bringes dernæst til 'gæring' ved at der tilsættes en lille mængde aluminiumspulver, som bevirker, at der udvikles hydrogen. Mængden af porer øges herved til at udgøre 50-80% af voluminet via dannelse af hydrogen. Ud af kun 1 m³ råmateriale fremstilles der op til 5 m³ byggemateriale. Efter nogen timer skæres den stivnede masse til i de færdige blokformater.

Hærdningen sker i autoklave. Damptrykket stiger langsomt til 1 MPa, temperaturen til ca. 180 grader. Damphærdningen tager ca. 10-20 timer. Herefter er blokkene færdige og behøver ikke yderligere behandling eller lagring.

Anvendelse:

Porebetonblokke mures op i limmørtel eller mørtel.

Formater:

200(h)x500-600(l)x300-350(b)mm. Der leveres også porebetonblokke i 620 mm længde og 250 mm højde. Blokdimensionerne er ikke standardiserede.

Blokkens bygningsfysiske egenskaber:

U-værdi inklusiv puds: 0,27 W/m²K (færdig murtykkelse 400mm).

Porebeton er et diffusionsåbent materiale, og det fungerer som en god fugtbuffer, naturligvis under forudsætning af at væggen overfladebehandles med et diffusionsåbent lag.²⁷

Porebetonblokken har en relativ stor fugtkapacitet og kan både optage og afgive vanddamp, som kan diffundere ud gennem væggen. Blokkene indeholder op til 80% luftporer som kan klare at 90% af dem fyldes med vand, men et stort vandindhold fra nedbør eller fugtvandring kan medføre opsugning, der resulterer i frostskafer.

26 Husbygnings Materialer, Jens Mollerup, p.80/45.

27 Bärende murverk i modern arkitektu, idéskrift av Olov Schultz och Magnus Månsson, p.45.

Fugtindhold ved levering er ca. 30-35 vægt%. Vandafvisende overfladebehandling er nødvendig for at sikre vejrbestandighed. Udtørringssvindet er 0,4 mm/m og det er reversibelt (udgangspunkt 30% fugt).

Kompositblokke

Ved kompositblokke forstås blokke, der er sammensat af flere materialer. Kompositblokke kan opdeles i:

- typer der har en gennemgående ribbestruktur bestående af lodrette kanaler, som er udfyldt med et højisolerende materiale.
- typer beregnet til udstøbning med en stort set gennemgående isolerende kerne, hvor koblingen mellem for- og bagside er minimeret for at undgå kuldebroer.
- typer, der består af to bærende vanger på hver sin side af en fuldstændig gennemgående isolerende kerne. Denne type skal udstyres med trådbindere i fugen, da opbygningen er identisk med en hulmurskonstruktion.

Teglblok med perlitefyldte kanaler

Poroton T8 + S11

Fig.11

Råmaterialer og produktion:

Disse teglblokke produceres på samme måde som beskrevet i afsnittet om teglbyggesten. Dog baserer deres struktur sig på kraftige og dermed langt færre (14) kanalvægge. De lodrette kanaler udfyldes efter brænding med fugtig ekspanderet perlite, en vulkansk stenart. Blokkene rystes og perliten går i forbindelse med teglvæggene. Perliten kommer færdig ekspanderet fra Grækenland.

Anvendelse:

T8 er oprindeligt udviklet til passivhus byggeriet. Godkendt til 2½ etage. S11 er udviklet til etagehusbyggeri.

Formater:

T8: 249(h)x248(l)x425(b)mm.

S11: 249(h)x248(l)x365(b)mm.

Blokkens bygningsfysiske egenskaber:

U-værdi inklusiv puds: 0,18 W/m²K (færdig murtykkelse 460mm).

T8 blokken har en optimeret diffusionsegenskab samt lydæthed. De kraftige kanalvægge (15mm) er et fordelagtigt underlag for pudsens.

U-værdi inklusiv puds: 0,28 W/m²K (færdig murtykkelse 400mm).

S11 blokkens kanalvægge er forstærkede med henblik på øget stabilitet.



Fig.11



Fig.12

Fig.11. Perlitefyldt teglblok. (www.schlagmann.de).

Fig.12. Teglblok udfyldt med mineraluld. (www.coriso.de).

Blokken er den første af sin slags, som har styrken til at indgå i etagebyggeriet med en isoleringsværdi, som ikke fordrer yderligere isolering.

Perlite

Råmaterialet for Perlite er vulkansk sand som opvarmes til omkring 1000grader. Herved sintrer det og ekspanderer til ca. ti gange sit oprindelige volumen, og man opnår et perlesukkeragtigt porøst naturglas med en varmeledningsevne på ca. 0.042 W/m²K.²⁸ Processen minder meget om tilvirkning af letklinker. Ekspanderet Perlite er dog i modsætning til letklinker kapillarsugende. Derfor tilsættes det 0,5% silicone for at gøre det vandafvisende.

Fig.12

Lecategl

Fig.13

Råmaterialer og produktion:

Keramisk binding af letklinker er et alternativ til den cementbaserede bindingsform. Letklinkerrestprodukt blandes med ler (eller glasur). Massen formes enten i strengpresse eller støbeform. Lecateglements elementet tørres. Inden brænding kan elementet evt. glaseres eller engoberes. Anden gang letklinker brændes, bliver det sort-grå indre af letklinker-kuglerne rødt som det rødler, der binder dem sammen.

Anvendelse:

Facadebeklædning, skærmtegl. Der arbejdes også på at udvikle blokke i lecategl.

Formater:

Standardformater findes endnu ikke.

Blokkens bygningsfysiske egenskaber:

Afhængigt af mængden af tilsat ler kan der fremstilles sten med vægtfylde fra ca 600 -1200 kg/m³, hvilket sandsynligvis betyder, at materialet isoleringsmæssigt og statisk kan bevare sine egenskaber samtidig med, at det tilføres nye porositetsvariationer og varmere farver.²⁹

I den keramiske proces er der efter brændingen ingen udtørringssvind.

Som beskrevet i hæfte 1 i kapitlet Blokmurværkets Beklædning ser jeg et enormt potentiale i det faktum, at Lecategl er diffusionsåbent. Det er altafgørende i forhold til at kunne klæbe Lecateglkakler direkte på blokmurværket.

28 VIF varmeisoleringforeningen.

29 Materialenyt 1:94, Peter Sørensen i samarbejde med Anne Beim, Torben Dahl og Ola Wedebrunn.

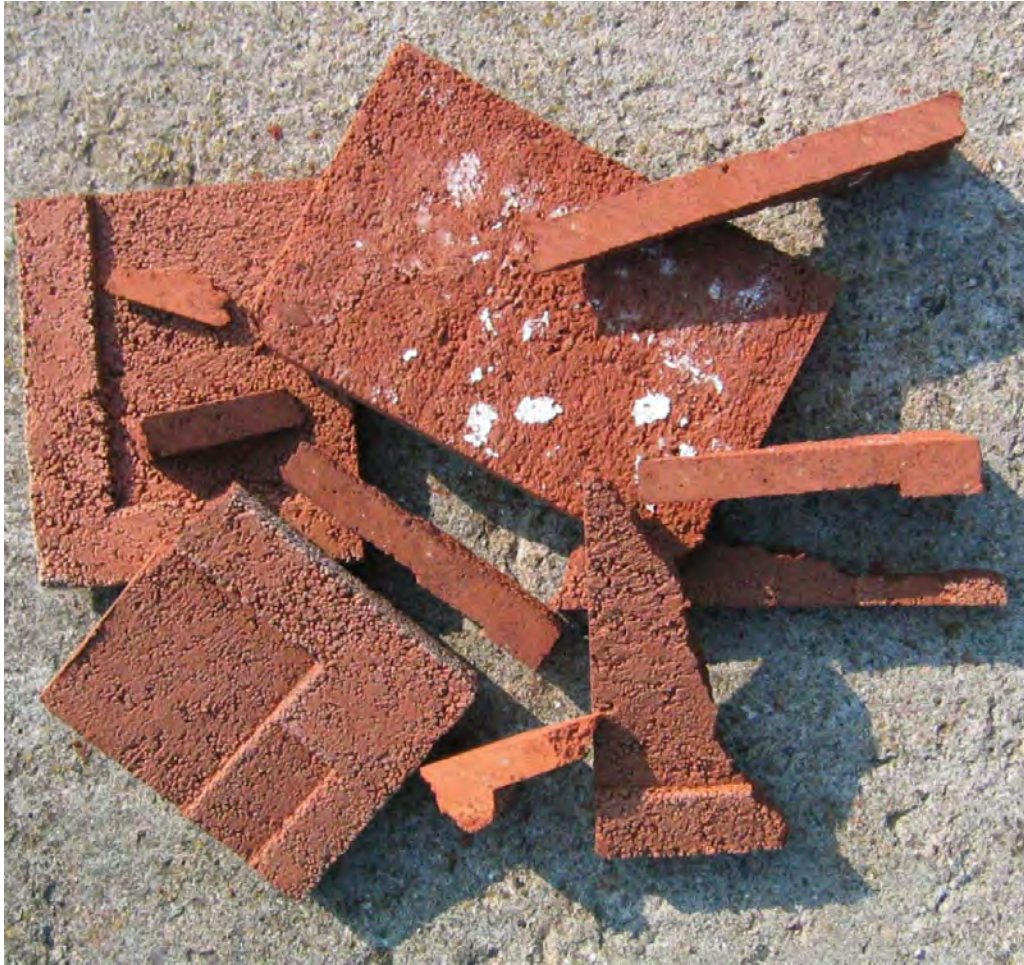


Fig. 13

Fig.13. Lecategl. (Foto Stephensen & Mackeprang.

Blokken er under produktudvikling på Danmarks designskole.³⁰ Indtil videre har varmeledningsspektet ikke været prioriteret i udviklingen af blokken. Det kunne set fra nærværende projekts perspektiv være interessant, hvis man kunne opnå en teglbunden letklinkerblok med både den samme gode varmeledningsevne svarende til letklinkerbetonblokken og en vejrbestandig overflade.

Leca®term

Fig.14

Leca®termblokken er en letklinkerblok med en 75/135mm gennemgående kerne af celleplast i form af ekspanderet polystyren (EPS). Leca®termblokke betragtes rent statisk som en hulmur, hvor der skal placeres bindere mellem for- og bagmur. Der placeres normalt 1 stk. 3mm rustfri binder pr. blok i hvert andet skifte svarende til 5 stk. pr.m².

Anvendelse:

Leca®termblokken kan både anvendes som ydermurs- og fundamentsblok.

Den mures op ved hjælp af en mørtelslæde, som sørger for at der udelukkende udlægges mørtel på blokkens vanger. I midten placeres en 60x20mm fugefilt bestående af mineraluld til at bryde kuldebroen.³¹ Desuden indlægges vandret fugearmering i mørtlen for at modvirke svind- og temperaturbevægelser samt modstå vind- og jordtrykklaster Leca®termblokkene forbindes også med mørtel i studsfigurerne.

I åbne false føres isoleringen helt frem i vindueslysningen. Inden vinduerne monteres dækkes isoleringen med tilsætninger af træ eller plademateriale, hvortil karmen fastgøres.

Formater:

190(h)x500(l)x350/390(b)mm.

Ved hjørner og lysninger anvendes en speciel hjørneblok. I byggesystemet findes isolerede, fabriksfremstillede overligger. Desuden indgår en U-blok som forskallingsblok for betonarmering til opbygning af overligger samt ringarmeringsskifte som vederlag for etagedækket samt montage ved tagfoden. Dette skal etablere den fornødne stabilitet mellem blokkens to flanger.

30 Patentet er udviklet og ejet af lektor, seniorforsker på CDF og Danmarks Designskole, Snorre L. Stephensen samt forsker og underviser på Industriel design, Danmarks Designskole, Peter Mackeprang. Det forventes at Letvægtsteglets tal for fugttransmission vil ligge noget højere end for alm. teglprodukter. Hvad angår produktets vandoptag/vandafgivelse og dermed frost/tø bestandighed, bliver produktet efter al sandsynlighed klassificeret som tilhørende miljøklasse "aggressivt miljø" i den gældende murværksnorm. I øvrigt er der i skrivende stund indleveret en eksamensopgave på DTU, som bla. omhandler opklæbning af Letvægtstegl på hårde Rockwool batts.

31 6.2.6 (2)P DS 414:2005 "For murværk af byggesten, hvis tykkelse er mindst 190mm, kan der midt i muren udføres delt fuger med en bredde indtil 50mm, uden at tværsnittets modstandsmoment regnes for reduceret".

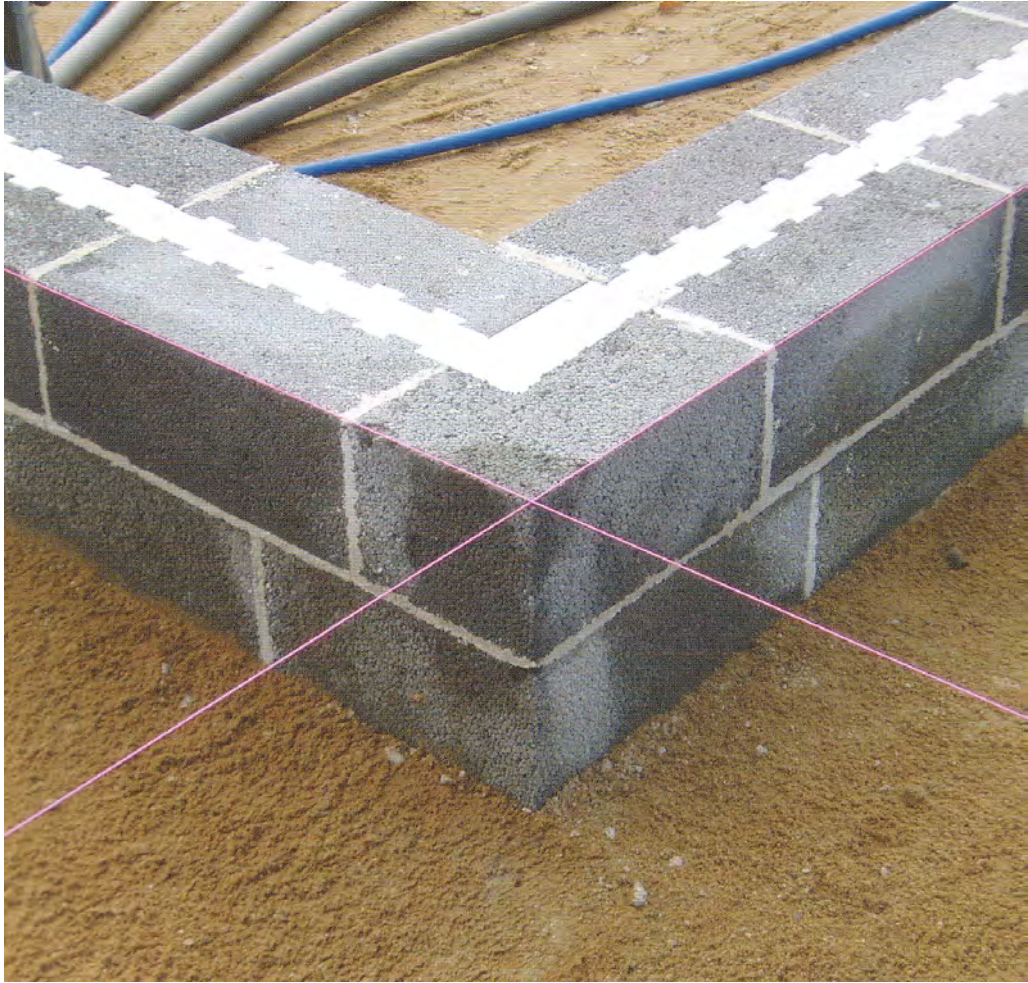


Fig.14

Fig.14. Lecathermblok. (www.maxit.dk).

Blokkens bygningsfysiske egenskaber:

U-værdi inklusiv puds: 0,30/0,20 W/m²K (færdig murtykkelse 370/410mm). Ved lange murfelter skal murværket opdeles med dilatationsfuger mindst hver 8-10 m (4-5 m fra fastholdt hjørne).

I bund og grund fungerer blokken som en hulmur. Det betyder, at dens evne til at optage momenter svarer til den traditionelle hulmurs formåen.

Fortalere for produktet hævder, at det faktisk, at EPS kernen er diffusions-tæt, ikke forringer indeklimaet, eftersom overfladetemperaturen netop i kraft af isoleringskernen aldrig vil blive lavere end dugpunktet.

EPS Ekspanderet Polystyren

Plastprodukt, der består af ca 98% luft og 2% polystyren. Findelt EPS kan bruges i isoleringsbeton. Der findes forskellige materialekvaliteter med varierende dampdiffusionstal og dræningsevne. Fordelen ved EPS er, at det er formstabil og tåler fugt. EPS smelter ved brandpåvirkning, hvilket hidtil har været udslagsgivende for, at EPS brugt som udvendig facadeisolering ikke har vundet terræn i Danmark. EPS er ikke kemikalieresistent.

Der er delte meninger om, hvorvidt EPS er miljøvenligt eller ej. Af plast at være kan det måske siges at være overraskende miljøvenligt.³²

Lammi stabelbare blok:

Fig.15

Råmaterialer og produktion:

Blokken består af to udstøbningsblokke udført i letklinkerbeton, der imellem sig har en kerne i EXP (Extruderet polystyren).

Anvendelse:

Det er et finsk produkt udviklet til ydermurskonstruktioner. Det anvendes i Sverige som del af et systemsalg og samlet huskoncept.

Formater:

Murtykkelsen er 400mm.

Til produktfamilien hører også hjørne-, slut- og halve blokke.

Blokkens bygningsfysiske egenskaber:

U-værdi inklusiv puds: 0,19 W/m²K (færdig murtykkelse 400mm).

Det positive, man kan sige om dette produkt er, at det forener en effektiv varmeisolering, varmeakkumulerende egenskab og den støbte betons styrke. Det negative er, at det er fuldstændig diffusionstæt og ude af stand til at optage fugt fra rummet.

32 Bärende murverk i modern arkitektur, Idéskrift av Olov Schultz och Magnus Månsson. p.51.



Fig.15

Fig.15. Lammi stabelbare blok (www.lampokivi.se).

Magu blokke

Fig.16

Råmaterialer og produktion:

Her er der tale om en blivende EPS forskalling, hvor yder- og indervægge består af EPS (flamingo).

Formater:

Hver forskallingsblok er 300(h)x1200(l)x250-500(b)mm.

Blokkene fås med 140/160/200 mm hulrum til udstøbning af betonkerne.

Blokkens bygningsfysiske egenskaber:

U-værdi inklusiv puds: 0,31/0,09 W/m²K (færdig murtykkelse 270/520mm).

Forskallingssystemets elementer vejer omkring 6 kilo, så de kan håndteres af en enkelt person. Elementerne klikkes sammen i underside og overside. Den lette håndtering og tilpasning af blokkene gør, at systemet egner sig til såvel professionelle som gør-det-selv folket.

Efter at have stablet alle blokkene til den første etage fyldes beton i blokkens hulrum. Inden da har man på afstandsstykkerne mellem den inderste og den yderste styropor lagt armeringsjern i de dertil indrettede fordybninger. Sverhedsgraden ligger i at sikre, at blokkene ikke flyder ovenpå under udstøbningen.

Vær opmærksom på at EPS smelter ved brandpåvirkning.



Fig.16. Magublok. (www.isobyg.dk).



Fig.17a



Fig.17b

Fig. 17a-b. Litracon blok (www.litracon.hu. Foto Áron Losonczi).

LiTraCon

Fig.17

Råmaterialer og produktion:

LiTraCon betyder Light Transmitting Concrete, lysledende beton. Blokken består af tusindvis af lysledende glasfibre, der ligger på tværs indstøbt i betonblokken. Fibrene leder lyset igennem uden nævneværdig tab af lysstyrke, endsige trykstyrke.

Anvendelse:

Indtil videre er denne blok så dyr at producere, at den udelukkende er blevet anvendt som et eksklusivt motiv i den samlede ydermur.

Formater:

300(h)x600(l)x25-500(b)mm.

Indtil videre findes de kun i blokformat, og der er endnu ikke tale om nogen masseproduktion. På sigt er det tanken at udvikle etagehøje lysledende betonelementer.

Blokkens bygningsfysiske egenskaber:

De optiske fibre udgør kun 4% af det totale volumen. Betonen har derfor samme bæreevne og varmeledningsevne som anden beton. Derfor hører den egentlig ikke hjemme blandt varmeisolerende blokke. Men den er taget med her, fordi det er en fascinerende komposit, som rykker fundamentalt ved opfattelsen af blokken som 'ikke-lys'.

Skema til sammenligning af bloktyper

Fig. 18 Udarbejdet af Nini Leimand

Produktdata Byggesten			EN 771-1				(Etagebyggeri)	EN 771-3
			Tegl WB.dk Porotherm T10	Tegl + perlite WB.de Poroton T9	Tegl + perlite WB.de Poroton T8	Tegl + perlite WB.de Poroton S11	Letklinkerbeton Maxit.dk Leca blok 600	
Længde	mm	l	248	248	248	248	490	
Bredde	mm	d/b	365	365	425	365	390	
Højde	mm	h	249	249	249	249	190	
Karakteristisk trykstyrke	MPa	f _{cnk}	2,14	1,75	1,75	1,75	2,3	
Densitet: Middelværdi	kg/m ³	ρ	650	700	650	900	600	
Varmeledningsevne	W/m K	λ	0,10	0,09	0,08	0,11	indv.mur 0,18 udv.mur 0,22	
U-værdi	W/m ² K		0,26	0,24	0,19	0,29	0,48	
U-værdi incl. Puds	W/m ² K		0,25	0,23	0,18	0,28	0,47	
Specifik varmekapacitet	kJ/kgK	C _p	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Varmeakkumulering	kJ/m ² K	Q	237	256	276	329	234	
Afkølingens-tid	(h)timer	t _a	24	23	19	33	44	
Leveringsfugtindhold max	%		1,5	1,5	1,5	1,5	15	
Længdeudv. koefficient	per K		0,5 x 10 ⁻⁵	0,5 x 10 ⁻⁵	0,5 x 10 ⁻⁵	0,5 x 10 ⁻⁵	0,8 x 10 ⁻⁵	
E-modul Murværk	MPa		1600	1600	1600	1600	Eck 2300 Ecd 1000	
Bøjningstrækstyrker i fuger	MPa		Studs 0,12 Ligge 0,29	Studs 0,12 Ligge 0,29	Studs 0,12 Ligge 0,29	Studs 0,12 Ligge 0,29	Studs 0,45 Ligge 0,20	
Antal pr. m ² mur	stk.		16	16	16	16	10	
Vægt	kg		14,1	14,7	15,8	19,2	21,2	
Vægt pr. m ² mur	kg		225,6	235,2	252,8	307,2	212	

EN 771-4					
Letklinkerbeton Maxit.se DSM blok	Letklinkerbeton + 75mm plastkerne Maxit.dk Lecaterm 75	Letklinkerbeton + 135mm plastkerne Maxit.dk Lecaterm 135	Porebeton H+H.dk Celblok	Porebeton H+H.dk Jumboblok	Porebeton Ytong.dk Massivblok
600	490	497	500	600	500
400	350	390	365	365	365
200	190	190	200	600	200
2	(vanger) 2,3	(vanger) 2,3	2	2	1,33
650	(vanger) 600	(vanger) 600	375	375	290
indv.mur 0,20 udv.mur 0,24	indv.mur 0,16 kerne 0,036 udv.mur 0,19	indv.mur 0,16 kerne 0,036 udv.mur 0,19	indv.mur 0,10 udv.mur 0,12	indv.mur 0,10 udv.mur 0,12	indv.mur 0,08 udv.mur 0,09
0,48	0,31	0,21	0,28	0,28	0,22
0,47	0,30	0,20	0,27	0,27	0,21
1,05	(vanger) 1,0	(vanger) 1,0	1,0	1,0	1,0
273	83	77	137	137	106
49	15	10	14	18	12
15	15	15	35	35	30
0,7 x 10 - 5	0,8 x 10 - 5	0,8 x 10 - 5	0,8 x 10 - 5	0,8 x 10 - 5	
	Eck 2300 Ecd 1000	Eck 2300 Ecd 1000	1200	1200	902
	Studs 0,45 Ligge 0,20	Studs 0,45 Ligge 0,20	Studs 0,20 Ligge 0,35	Studs 0,20 Ligge 0,35	Studs 0,14 Ligge 0,26
8,5	10	10	8,33/10	2,78	10
28	17,5		18	76	15,5
238	175		180	191,8	177



Fig. 19a



Fig. 19b

Fig. 19a-b. Skærmteglselementer. (www.gima.de + www.elias.lt).

Præferencer for og imod ler og beton

Det er karakteristisk for teglblokkene, at de er direkte jordrelaterede. Hvad er det for noget ved vores opfattelse af et hus, der gør at det helst skal være jordrelateret? Det skal enten være af tegl eller træ, ellers så har mange mennesker det ikke godt med det. Gasbeton er måske det materiale, der har været længst væk fra det direkte jordrelaterede. Men cement er også lavet af ler, og det er Leca klinker også.

Fig.19

"(...) Formet til sten og tørret i solen er ler stadig verdens mest brugte byggemateriale, fra tæt, lav bebyggelse i den tredje verden, over lavteknologiske højhuse i Yemen til eksperimentelt bæredygtige byggerier i den vestlige verden. Desuden bruges ler til højteknologiske produkter som f.eks. varmeskjold på rumkapsler eller til beholdere for superledere."³³

Ler adskiller sig fra beton ved dets elasticitet og sejhed. Ler kan modelleres op og ekstruderes i meget komplekse geometrier bestående af kamre helt ned til 2mm. Betonbaserede produkter er generelt afhængig af støbeforme.

Arkitekten Marco Frascari (1945-) mener, at ekstruderet pasta som farfalle/sommerfugle, spiraler m.v. i fantasifuld teknik og udformning har betydning for keramisk byggemateriale som f.eks. de teglelementer, som Renzo Piano (1937-) har udviklet til Potsdamer Platz i Berlin.³⁴

Fig.20

I september 2005 konkluderede tre forskningsprojekter følgende:

beton sparer energi grundet dens varmeakkumulerende evne, beton forringer ikke luftkvaliteten og beton behøver ikke at afgive skadelige kulbrinter ved deponering, såfremt man erstatter den mineralske olie med vegetabiliske olier som slipmiddel i formene.³⁵

33 Wedebrunn, Ola, *Materialernes Egenart og Sprog*, København, 2002.

34 Ibid. p.81.

35 Teknologisk Institut, Betonindustriens Fællesråd og Aalborg Portland har, med støtte fra Miljøstyrelsen, tre projekter som et led i den omfattende undersøgelse *Produktområdeprojekt vedrørende betonprodukter*. Her vil man kortlægge betonens positive betydning for miljøet og fremme miljørigtig brug af materialet.

Beton og energi: Det første projekt sammenfatter en række danske og udenlandske undersøgelser. Konklusionen er, at beton kan bidrage med besparelser på 5-10 pct. af energiforbruget til opvarmning og køling af bygninger. "Beton har en evne til akkumulere varme, så temperaturen i rummet kun stiger moderat. Til gengæld afgiver betonen varme til rummet, når temperaturen falder. Det er den såkaldte domkirkeeffekt. Man kan således spare energi til opvarmning og køling ved at bygge i beton i stedet for i lette materialer", påpeger afdelingschef Kjeld Almer Nielsen, Dansk Byggeri. Beton og indeklima: Det andet projekt frikender beton for anklager om, at det afgiver flygtige

stoffer, der forringer luftkvaliteten i betonbygninger.

Målinger på Teknologisk Institut har vist, at de testede betonprodukter opfylder kravene til Indeklimamærkning fra Dansk selskab for Indeklima.

Beton og kulbrinter: Det tredje projekt har påvist, at problemer med skadelige kulbrinter i deponeret beton kan forhindres. Når der anvendes mineralske olier som slipmiddel på betonforme afgives skadelige kulbrinter i betonslam og betonrester fra nedrevne bygninger.



Fig.20a



Fig.20b

Fig.20a-b. Liapor. I Sydeuropa kommer man rød farve i letklinkerbetonblokken Liapor, så den på afstand ligner tegl. Blokken skal overfladebehandles, så det er vel at mærke kun under byggeperioden at denne tankevækkende signalværdi kan betragtes. I Danmark slog Gasbeton først igennem indenfor småhusbyggeriet, og da kunne man ligeledes vælge en teglstensrød puds, der på afstand fik huset til at ligne danskernes ønskehus, som dengang helst skulle have røde teglsten i facaden. (Egne foto).

Energiforbrug ved produktion

For at producere et ton højbrændt tegl kræves omkring 1000-1175 kWh. Til sammenligning kræver det omtrent 540 kWh/ton for almindelig beton, 1400-2340 kWh/ton for cement og op til 10500 kWh/ton for stål. Disse tal svarer til de primære energibehov ved konventionelle produktions- og brugsmåder.³⁶

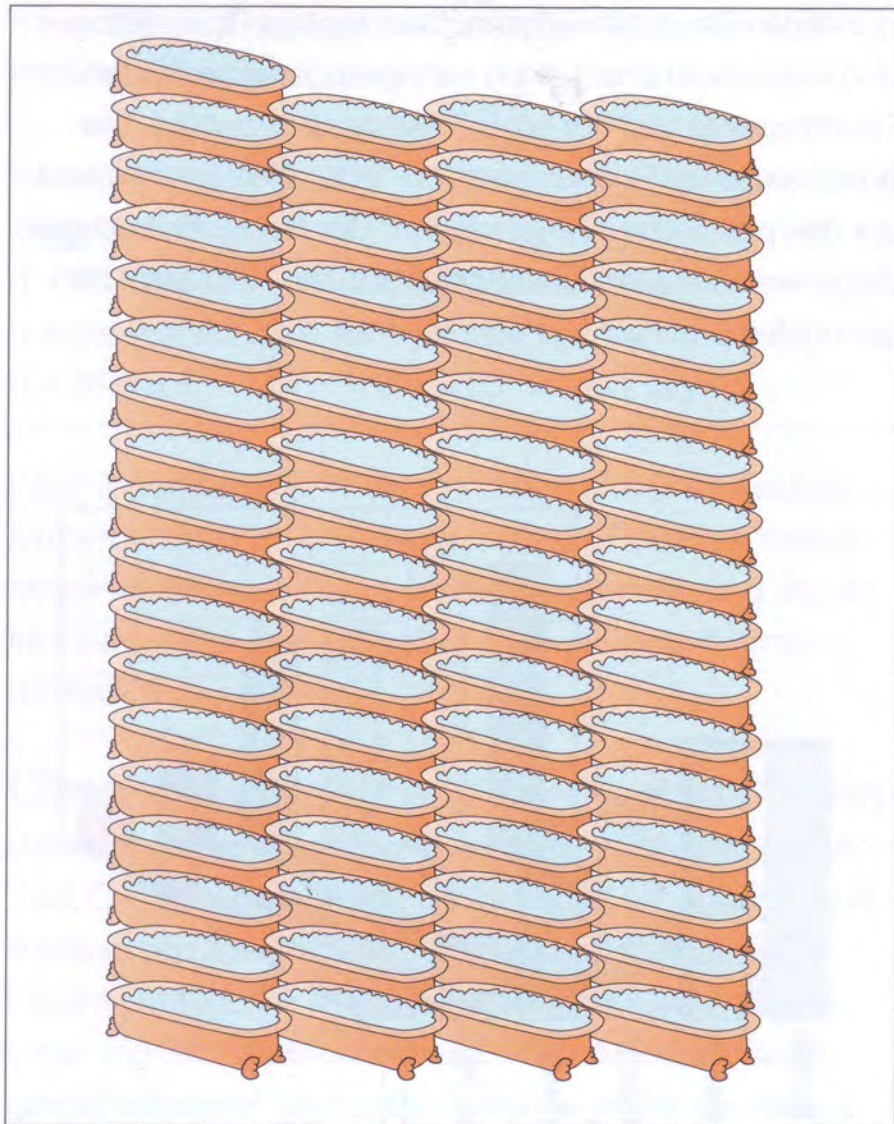
Råvareressourcer

En løbende vurdering af råvaresituationen for de forskellige produkter er en vigtig pointe i forhold til bæredygtigt materialeforbrug. En række af de vigtigste råvareressourcer er nemlig alvorligt begrænsede. Det drejer sig primært om metaller og naturolie, og i Danmark er sand og grus fx blevet en mangelvare. Angivelserne af hvor store reserver og forekomster, der er tilgængelige varierer. Der er imidlertid enighed om, at mange vitale råvareressourcer vil være brugt op i overskuelig fremtid. Der er derimod nærmest ubegrænsede mængder af ler.

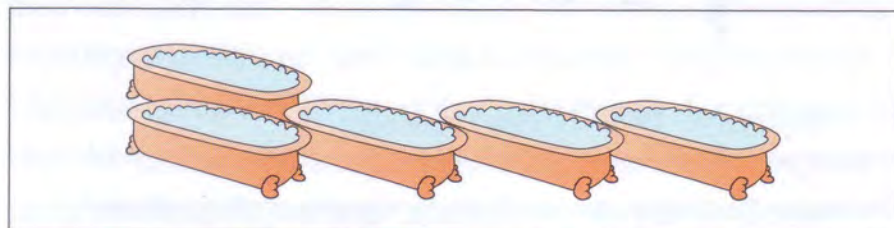
Råvaresituationen for beton og stål, som er de mest anvendte byggematerialer, vurderes som henholdsvis god og dårlig. Med tanke på den globale råvaresituation vil det derfor være fordelagtigt, hvis teglens bærende egenskaber bliver bedre udnyttet, så man så vidt muligt undgår de mange bære- og afstivningssystemer i stål.

Projektet har vist, at problemet kan afhjælpes blot ved at erstatte den mineralske olie med vegetabiliske olier. Kulbrinter fra vegetabiliske olier belaster ikke miljøet, så denne lille ændring i produktionsprocessen kan betyde, at der ikke længere er grund til at stille særlige krav til deponering af betonslam og betonrester.

Gebundenes Wasser im Einbauzustand



Rohbau aus Porenbeton = ca 14.000 Liter



Rohbau aus Ziegeln = 1.041 Liter

Fig. 21. Illustrationen viser mængden af fugt indbygget i et hus af porebeton (14.000 liter) kontra et hus i poroton 1.041 liter). (www.wienerberger.de).



Fig.22a

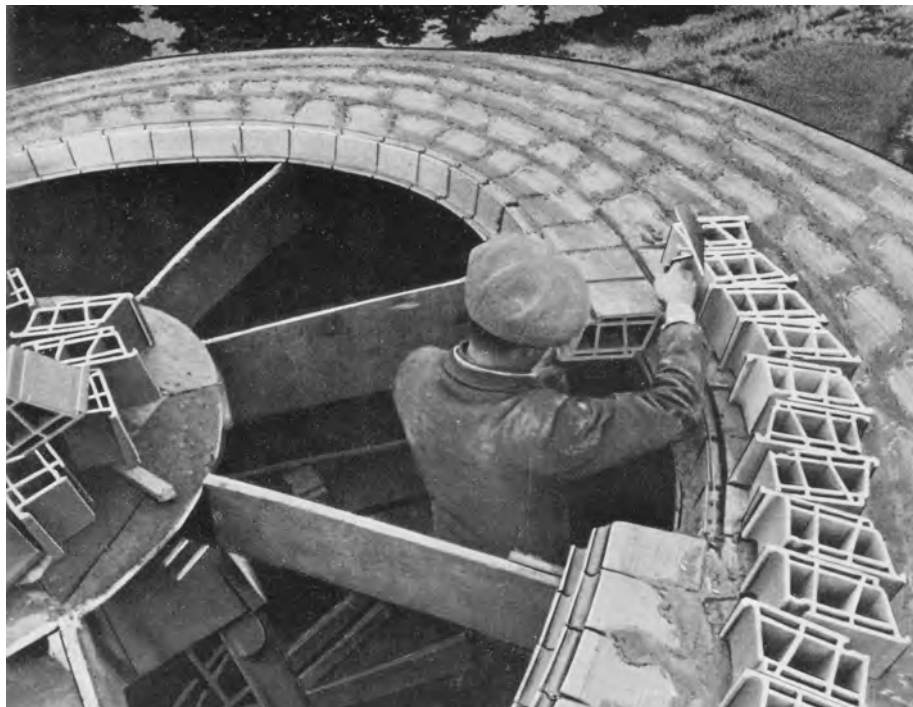


Fig.22b

Fig.22a. T23 blok. (Teglpjece nr. 1, Tegindustriens Tekniske Tjeneste, 1960).

Fig.22b. Kuppel af teglhulsten i Piacenza. (Hans Hofmann (red.), Tegel i Europa, Europas samverkande Tegelindustriföreningar, 1956.).

Tegl – Historik

Teglstenen er et af de ældste artificielle byggematerialer i verden. I Mesopotamien blev der allerede 4000 år f.v.t. brændt tegl, og 1000 år senere nåede teglbyggeriet sit højdepunkt i denne region. Selv den gang havde teglstenen de samme dimensioner som i dag. Romerne udbredte kunsten at fremstille tegl til hele vesten. Hvor så end deres felttog førte dem hen, bragte de teglet med sig. De anvendte naturlige letklinker til fremstilling af letklinkerbeton i eksempelvis kuplen i Pantheon i Rom. I Danmark har tegl været anvendt som byggemateriale i snart 800 år. Italienske franciskanermunke bragte brændingsteknikken og murerhåndværket til landet.

1160

I Danmark er »Tihlsten« (teglsten) det nye, spændende materiale omkring 1160. Ønsket om at få byggesten, som holdt bestemte mål, og som kunne fås i passende mængder, har tidligt ført til fremstilling af »byggesten«. I de egne, hvor natursten ikke kunne brydes, og transportbesværlighederne var store, har man skaffet sig »byggesten« ved at fabrikere dem.

Teglbrændingen foregik i mange hundrede år under meget primitive former, oftest i små ovne opført i nærheden af byggepladsen. Frem til slutningen af 1700-tallet blev tegl hovedsageligt anvendt til kirker, slotte og herregårde. Byer bestod først og fremmest af stråtækte bindingsværkshuse, men pga. brandfaren blev tegl mere og mere udbredt. Det hastigt stigende behov for teglsten betød, at det blev nødvendigt at udvikle egentlige produktionsmetoder, og således opstod de første teglværker.

1845

Englænderne udvikler den maskinelle fremstilling af tegl. Den banebrydende videreudvikling i teglfremstillingen finder dog sted i Tyskland - her opfinder man i midten af det 19. århundrede blødpreseren, og få år senere tager prøjsere og østrigere patent på ringovnen.

1950

Midt i det 20. århundrede begynder man at arbejde med tunnelovne, og dette fører til en markant rationalisering af produktionen. I dag består en teglværksmedarbejders opgave hovedsageligt i at overvåge den mere eller mindre fuldautomatiserede proces. Af omkring 500 teglværker i 1900 er der i dag kun 22 tilbage i Danmark.³⁷

SBI udarbejder en rapport med titlen, *Hvilken murstens- og blokstorrelse kræ-*



Fig.23a

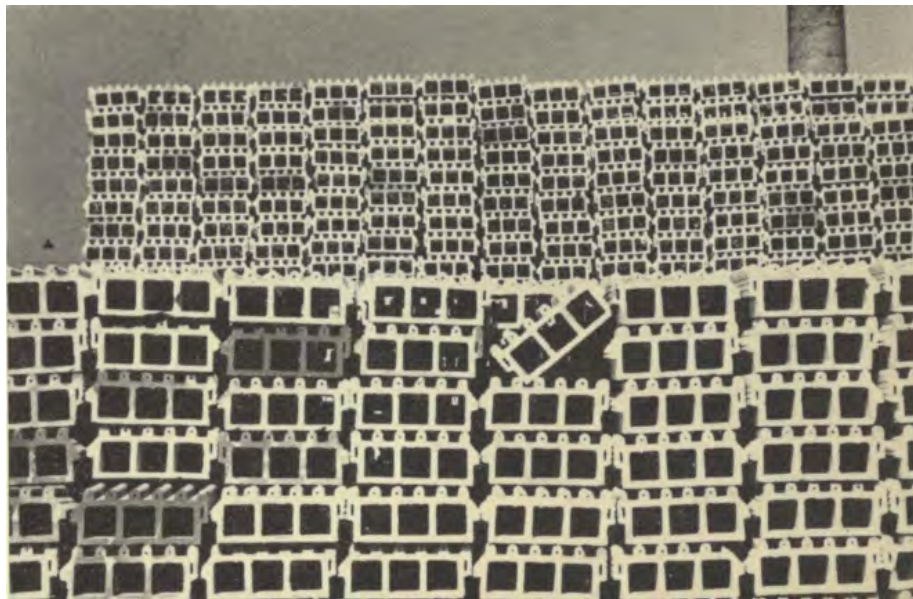


Fig.23b

Fig.23a. Forspændt tegldæk i Zürich. (Hans Hofmann (red.), Tegl i Europa, Europas samverkande Tegelinstriföreningar, 1956.).

Fig.23b. Tegldæk som Roma og Tentor er meget udbredte i Danmark i denne periode. (Teglpløje nr. 1, Teglinstrisens Tekniske Tjeneste, 1960).

ver mindst arbejdstid ved opmuringen.³⁸ T23 teglblokken med forskudte lodrette kanaler men endnu uden isolerende luftporer bliver på baggrund af disse fremkomne resultater udviklet i samarbejde med arkitekten Bent Jensen og produceret i Danmark mhp. enfamiliehusmarkedet. Dens ydre måler 295(l) x 230(b) x 121(h) mm. Vægten er ca. 8,8 kg. Ydervæggens varmeledningsevne kunne derved bringes ned under 0,9 W/m K. Der bliver udarbejdet en brochure rettet mod gør-det-selv folket.³⁹

Dansk Flamingo forsøger sig med at producere blokke med samme egenskaber som Poroton blokken.⁴⁰

Fig.22-23

1958

Sven Fernhof, ingeniør fra Malmø er manden som opfinder og tager patent på Poroton (poro=porøs+ton=ler).⁴¹ Fine luftporer forøger det brændte lers isoleringsværdi. Differentierede kanaler muliggør en glimrende balance mellem isoleringsevne og akkumuleringsevne. Dette patent udgør en milepæl i teglindustrien.

Sven Fernhof er en af de få opfindere, der blev formuende på sin opfindelse. Men som altid er det vanskeligt at blive profet i sit eget land, og det blev i Tyskland, at produktet først slog igennem.

1969

Den første poroton serie bliver sat i produktion i Tyskland i 1969. Poroton er som sagt en typebetegnelse for porøse teglblokke, Porotherm er Wienerbergers produktnavn uden for Tyskland.

Fig.24

1984

I 1984 lykkes det at forbedre isoleringsevnen i poroton ved hjælp af en elliptisk hulgeometri. Ligeledes i 1984 udvikler man en blok beregnet på naboskillevæggens særlige lydkrav. Den er udformet som en forskallingsblok til etagevis udstøbning med beton.

Fig.25

1986

I 1986 udvikler man en blok med mørtelfri studsugefortanding, Poroton Blockziegel-T. Denne bloktype muliggør en betydelig reduktion af montagetiden og forbruget af mørtel. Studsfuge fortanding slår markant

38 Teglproduktion 1956.

39 Fra bogen *Mit Hus* – 1958: "Hvor det har betydning at bringe vægtykkelsen ned og dog bevare en god varmeisolering anbefales den såkaldte T23 hulbloksten af tegl. Den er omtrent ligeså varmeisolerende som 23 cm letbeton og kræver ikke pudning".

40 *Den Hule Mur*, p.74.

41 www.poroton.com.

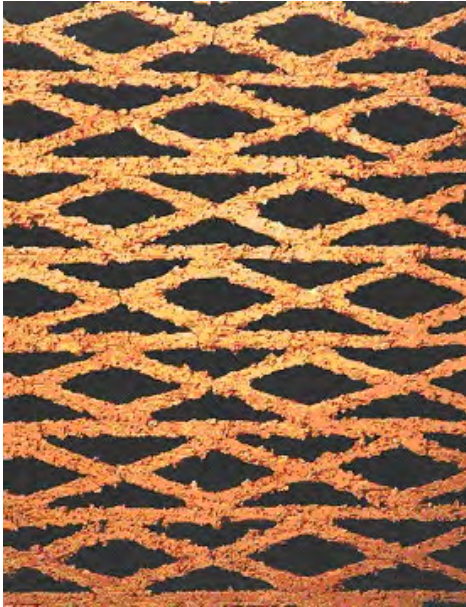


Fig. 25

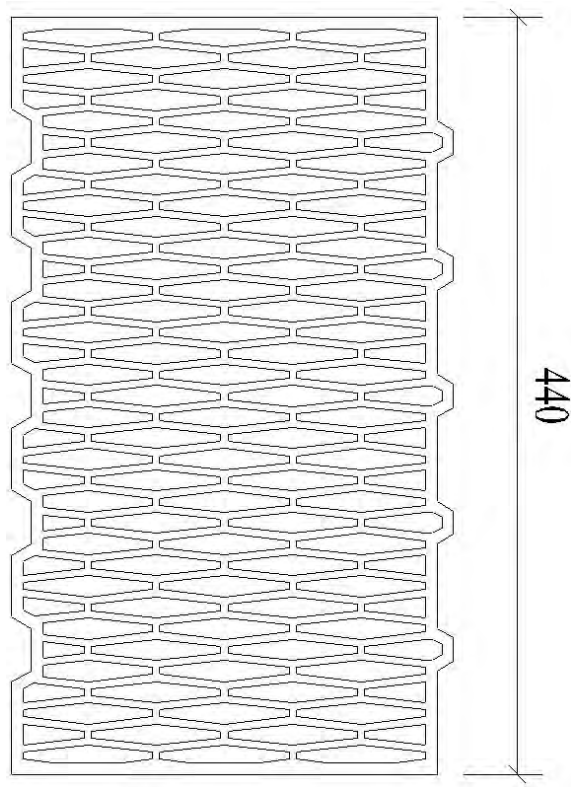
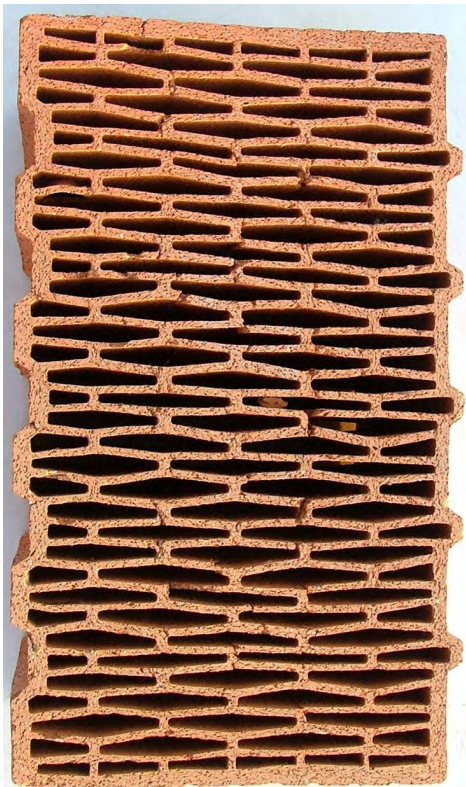


Fig. 26

Fig. 25. Udstøbningsblok til naboskillevæg (www.poroton.com).

Fig. 26. Gitterteglblokke. (www.wienerberger.at).

igennem og har siden været gængs for alle poroton blokke.

Poroton patentet blev frigivet i 1986.

1999

Med gitterteglblokken opnår man en varmeledningsevne på 0,13 W(mK) og en densitet på 650 Kg pr kubikmeter.

Fig.26

2001

I 2001 udvikler Schlagmann Poroton-T9, hvor kanalerne er udfyldt med let afbundet Perlite, en vulkansk stenart. Her opnås en varmeledningsevne på 0,09 W(mK).

Den østrigske teglproducent Wienerberger er verdens førende producent af Poroton blokke. Firmaet etablerer sig i Danmark i 2001.

2005

I 2005 producerer Schlagmann en optimeret udgave med typebetegnelsen S12. Kanalvæggene er nu forstærket med henblik på øget stabilitet. Blokken er den første af sin slags som både har styrken til at indgå i etagebyggeriet og samtidig besidder en isoleringsværdi, som ikke fordrer yderligere isolering. U-værdi for 365mm er 0,30 og luftlydsdæmpning er 50 dB.

2004

Schlagmann udvikler i 2004 T8 blokken. Som produktnavnet vidner om, opnår denne blok en varmeledningsevne på 0,8 W/mK. Det skyldes til dels dens asymmetriske opbygning med en opløsning af de bærende kanalvægge udadtil for dermed at skabe plads til mere perlite.



Fig.27a



Fig.27b

Fig. 27a. Illustration fra gasbetonens vorden gengivet i bogen "Sten på Sten" om H+Hs virksomhedshistorie, 1987.

Fig. 27b. Det kan undre mig, at man i sin tid ikke fandt på et produktnavn med en mere sympatisk klang. (Reklame gengivet i bogen "Sten på Sten" om H+Hs virksomhedshistorie, 1987, p.26).

Beton – Historik

Allerede i romertiden kendte man til beton. Kendskabet til beton gik imidlertid tabt i det almindelige kulturfald efter Antikkens sammenbrud. Det varede langt over tusind år, før man i England genopfandt betonen. Og først i patentskrifter fra slutningen af 1800-tallet støder man på tanken om letbeton.

1800 tallet

De første patenter på betonblokke blev udtaget i England, Amerika og Tyskland. Metoderne gik alle ud på at gøre betonmassen porøs ved at blande den med lette tilslag. Og det var sære ting man forsøgte sig med – kogesalt, paraffin, iskrystaller, tørre kviste, muslingskaller etc. Lidt eller intet var praktisk anvendeligt.

1845

Murblokke med tilslag af naturlige letklinker fremstilles i Koblenz, Tyskland.

1880

Patent på blokke i kalksandsten.

1914

En intensiv forskning i porebeton finder nu sted. I 1914 får to amerikanske ingeniører, Aylsworth og Dyer patent på en letbeton, der er gjort porøs ad kemisk vej. De havde fundet på at blande aluminiumspulver i cementpastaen. Metalpulveret reagerede da med cementens Kalciumhydroxid, hvorved der udvikledes brint, som fik massen til at blære op. Dette blev forløberen for Gasbeton. Der var i starten problemer med udtørringssvind, revner og for lang hærdeningstid.

1920

De første ekspanderede letklinker af ler produceres i Kansas, U.S.A. (HAYDITE®). Selvom det er et teglprodukt, er det medtaget her, eftersom det indgår i letklinkerbetonblokken.

1923-29

Svenskeren Axel Eriksson, arkitekt og Teknisk Direktør, foretager forsøg på den tekniske højskole i Sverige og opdager, at når han autoklaverede sin byggesten under 8-10 atmosfærers tryk i et lukket rum under høj temperatur, fik han et helt nyt produkt med helt nye egenskaber og en helt ny kemisk-fysisk struktur: Gasbeton. Autoklaving syntes at løse svindproblemet. Selve processen kendte man fra fremstillingen af kalksandsten. Axel Eriksson



Fig.28a



Fig.28b

Fig. 28a. Det mest populære H+H typeferiehus var typen 67, senere kaldt model Gilleleje. I årene 1965-75 blev der bygget over 1.000 huse efter de færdige tegningssæt. Der var fire forskellige modeller med varianter tegnet af arkitekt Bent Rohde. ("Sten på Sten" om H+Hs virksomhedshistorie, 1987, p.29).

ig. 28b. Oliekrisen i 1974 satte skub i en udvikling af "lavenergihuse". H+H var involveret i mange af disse projekter, bl.a. dette tegnet af Bertel Udsen. ("Sten på Sten" om H+Hs virksomhedshistorie, 1987, p.31).

arbejdede i dette spor, og i 1929 kom den første damphærdede letbeton på markedet.

1930

Ingeniør Finn Henriksen fra H+H var i USA i midten af 30'erne og kom hjem med patentet på Rockwool. Senere skaffede han også patentet på Gasbeton.

1937

Salgsselskabet »Dansk Gasbeton Aktieselskab« oprettes. Produktionen var lille, og materialets ry var ikke godt. Garager og hønsehuse udgjorde de første 'bygningsværker' af Gasbeton.⁴²

Fig.27

1939

De første ekspanderede letklinker af ler produceres i Danmark (LECA®).

1939

Dansk Gasbeton H+H bliver etableret.

1941

Mursten, massive blokke og hulblokke fremstillet af letklinkerbeton (LECA®) produceres i Danmark.

1946

Produktionen af blokke i kalksandsten bliver indstillet i Danmark.

Det karakteristiske zigzag-mønster på Gasbeton blokkene indføres. Det fremkommer ved, at man sætter kugler på de metaltråde, som Gasbetonmassen skæres ud med.

Det første byggeri i det nye blokformat og med upudsede Gasbeton-blokke i facaden lå Ved Kæret 36 i Gentofte. Blank mur i Gasbeton var noget helt nyt, og det kom til at danne skole. Flere arkitekter får blik for de arkitektoniske muligheder i den grå, zigzag-mønstrede Gasbeton-blok, og trods nogen betænkelighed hos firmaets teknikere kommer den blanke mur ind i markedsføringen. Selvbyggerbølgen, der for alvor tager fart midt i 50'erne, åbner et nyt marked for Gasbeton. De store murblokke, som gør opmuringen let og hurtig, er populære blandt selvbyggerne, og en stor del af Gasbetons informationsmateriale rettes i disse år mod denne målgruppe.⁴³ Det var for mange familier den eneste økonomisk mulige vej til eget hus. Så kom typehuset, fremført både af arkitektfirmaer og byggefirmaer, og de udgør derefter

42 *Sten på Sten* - Et strejftog gennem virksomhedens udvikling - H+H-industri a/s, Claus Arboe-Rasmussen.

43 *Ibid.* p. 25.

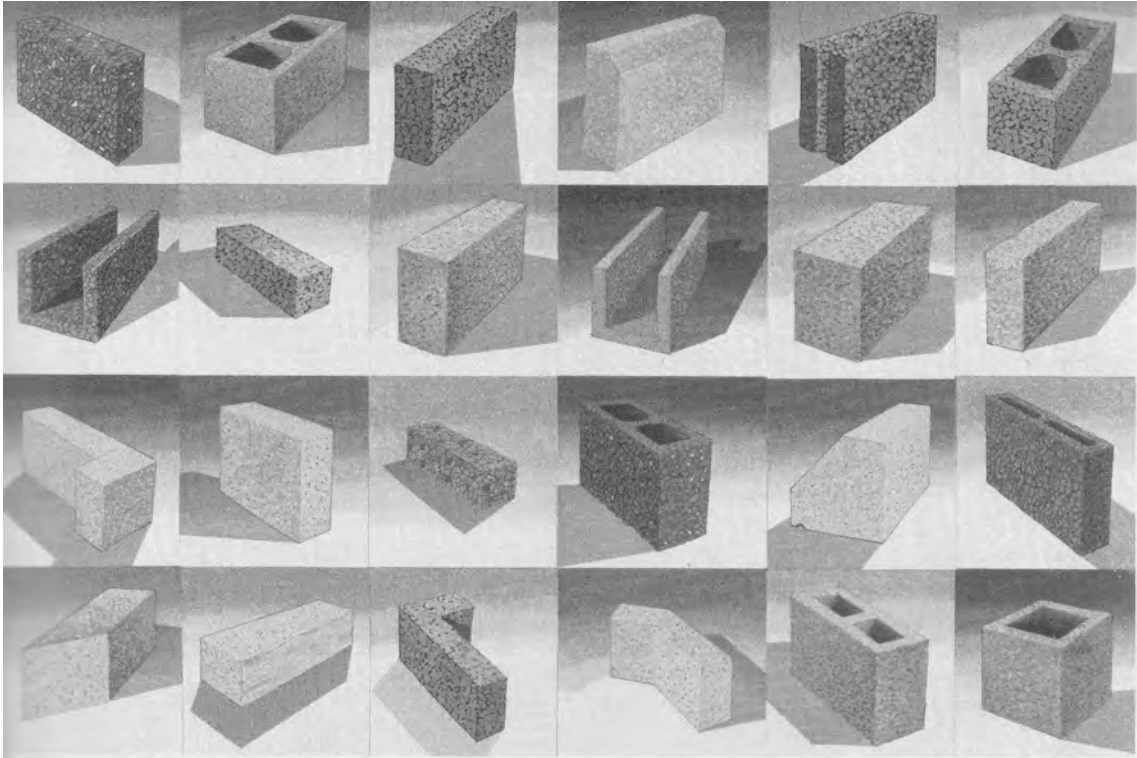


Fig. 29

Fig. 29. Betonblokke. (Design in Blockwork, M. Gage & T. Kirkbride, 1980).

de fleste énfamiliehuse, der opføres af og for private i denne periode. Mange deltager som medbyggere, mens selvbyggeren nu næsten helt er forsvundet.

Fig.28

Efter mange besværligheder med myndighedernes tilladelse opføres det første 3-etages Gasbetonhus i Hillerød.

1954

Fra 1954 indgår der et nyt råmateriale i Gasbeton, nemlig flyveaske, som er et affaldsprodukt fra kulfyrede kraftværker. Gasbeton var først med at finde anvendelse for dette affaldsprodukt. Trods autoklaveringsmetoden var der nemlig fortsat et vist svind i Gasbeton, og forsøg havde vist, at flyveasken kunne bidrage til at reducere dette svind.

Fig.29

1960

Gasbeton opretter en informationstjeneste, som udover at varetage teknisk service over for kunderne også står for udarbejdelsen af det omfattende projekteringsmateriale, der i løbet af 60'erne udsendes til støtte for salget. Da »modebølgen« med blank mur i Gasbeton begynder at aftage midt i 60'erne dukker et nyt marked op: fritidshuset, som i disse år bliver almindeligt. Her oplever Gasbeton på ny en popularitetsbølge.

1965

I 1965 vedtog regeringen, at fritidshuse skulle være præfabrikerede eller udført som selvbyggeri. Som noget helt nyt tilbød H+H, at den vordende selvbygger for nogle få hundrede kroner kunne købe et komplet tegningsæt til et typeferiehus.⁴⁴

1967

Modulordningen slår igennem i dansk byggeri, og som konsekvens heraf ændres Gasbeton-blokkens format igen, nemlig til 590x190mm. Når denne længde tillægges 10mm fuger, passer det med modul 3 M = 300mm. Dvs. 2x3 M.

1973

Med oliekrisen bliver der for alvor sat fokus på varmetab i bygninger, og et nyt bygningsreglement fra 1977 opstiller meget strenge isoleringskrav til dansk byggeri. For Gasbeton betyder det, at murblokke i massiv ydermur ikke opfylder varmetabsreglerne for boliger, selvom de stadig kan anvendes i andre typer af byggeri, f.eks. landbrugsbygninger og uopvarmet erhvervsbyggeri.

Kombinationsmure med vægelementer i bagmuren overtager en stor del

44 lbid. p.28.

af murblokkens marked, ligesom lavenergikonstruktioner, sandwich-elementer med polyurethanskum og Poralet-blokke i lav rumvægt og med høj isoleringsværdi bliver nogle af Gasbetons svar på udfordringen.⁴⁵

1988

LECATERM® blokken, letklinkerblok med midterisolering af polystyren, introduceres af Dansk Leca A/S.

1990

Med fremstillingen af H+H's Celblok lykkes det at halvere densiteten, hvorved isoleringsevnen øges tilsvarende.

45 lbid. p.31.

Overflade- behandling af blokmurværk

Pudseteknikker er kendt tilbage til oldtiden, og de har fået deres udbredelse i Danmark fra Sydeuropa på samme måde som teglstenen. Den enkle måde, hvormed man kan blande mørtel og påføre den med simple redskaber, har gjort teknikken meget udbredt.

Tidlige referencer til mørtelblandinger, puds og udførelseteknikker finder man blandt andet i Vitruvius' ti bøger.⁴⁶ På et tidligt tidspunkt fandt man ud af, at man ved påføring af pudslag forbedrede bygningens fysiske egenskaber betydeligt. Herunder kan nævnes bedre vejrbestandighed, mindre brandfare, gode egenskaber til at optage og afgive fugt, uden at det gik ud over bygningens øvrige konstruktioner.⁴⁷

Puds bibringer beskyttelse men fungerer desuden som en markant del af bygningens udtryk. Den skaber umiddelbart et monolitisk indtryk. Overfladens tekstur kan kun opfattes på tæt hold, hvor det bliver tydeligt at pudsen kun udgør en ydre hud. Denne tekstur baserer sig på mørtlens beskaffenhed og påføringsteknikken: den valgte proces efterlader spor som et resultat af samspillet mellem redskaber, tilslag og hærdningsprocessen. Karakteren af denne type overflade afhænger af mere ukontrollable faktorer så som fordelingen af diverse tilslag (grus og sand), og måden den udførende håndterer redskaberne på.

I 1997 udkom en anvisning udarbejdet af Dansk Beton Industriforenings Blokfraktion med titlen *Overfladebehandling af Blokmurværk*. Anvisningens primære formål er at viderebringe de seneste års praktiske forsøg og erfaringer med overfladebehandling af letklinkerblokke.⁴⁸

Pudsemørtler er dags dato ikke omfattet af nogen norm, idet puds i normmæssig sammenhæng udelukkende anses for at have en rent æstetisk funktion. I praksis er det dog almindeligt anerkendt, at puds ikke kun er et dekorativt element. Specielt i vejrmæssigt hårde miljøer med stor slagregnsbelastninger har pudslagene en stor beskyttende effekt for blokmurværket, idet en korrekt dimensioneret og udført flerlags pudsbehandling fungerer som en bufferzone i sig selv.⁴⁹

Pudsbehandlinger kan udføres som tyndlagsbehandlinger, ét-lagsbehand-

46 Vitruvius, Marcus Pollio, *The Ten Books of Architecture*, (De Architectura), Trans. Morris H. Morgan, Dover Publications Inc., New York, NY, 1960.

47 Murerfagets Lærebogsudvalg, *Puds – før og nu*, 2 udgave, København, 2001, p.7.

48 BIB, *Overfladebehandling af Blokmurværk* – anvisning, København, 1997.

49 BIB, *Overfladebehandling af Blokmurværk* – anvisning, København, 1997, p.4.



Fig.30a

Fig.30a. Denne bygning har fået det første lag grovpuds. (Foto Tomas Gustavsson).

Fig.30b. Pudsens sprøjtes på blokmurværket og rettes af. (Eget Foto).



Fig.30b

linger eller flerlagsbehandlinger. Flerlagsbehandlinger vil omfatte grundingslag (udkast), grovpuds og eventuelt slutpuds (udvendigt) eller finpuds indvendigt. En tommelfingerregel fastholder, at pudsens styrke skal aftage udefter. Denne afhandling omhandler ikke tyndlagsbehandlinger.

I serien DETAIL Praxis blev der i 2004 udgivet en bog med titlen *Putze, Farben, Beschichtungen*.⁵⁰ Den er rig på puds- og inddækningsdetaljer på et betydeligt højere niveau end det man normalt ser udført i Danmark. Silikatpuds er den oftest anvendte overfladebehandling af blokmurværket.

Fig.30

Mørtel

Mørtel er en blanding af bindemiddel, tilslagsmateriale, eventuelle tilsætningsstoffer og vand. Mørtel bruges blandt andet til sammenbinding af byggesten, men også til færdiggørelsesarbejder så som fugning, understrygning og pudsning. Til de forskellige anvendelser fremstilles mørtel med forskellige egenskaber. Fokus er i denne sammenhæng mørtel til overfaldebehandling af blokmurværk inde som ude.

Mørtlen betegnes ved arten af bindemidler: K for kalkhydrat, C for cement, KC for kalkhydrat og cement, Kh for hydraulisk kalk, KKh for kalkhydrat og hydraulisk kalk. De to sidste benyttes ofte i renoveringsmæssig sammenhæng, men i de senere år er deres anvendelse øget til også at omfatte traditionelle pudsarbejder. Desuden er der M for murcement. Mørtel beskrives ved blandingsforholdet mellem tørmassen af bindemiddel og sand, idet den samlede masse af bindemidler altid sættes til 100.⁵¹

Cement består af plastisk ler og kridt, som finmales, opslemmes og brændes i en rotérovn. Cementklinkerne finmales til et fint pulver.

Udvendig puds

Teknisk set er der to måder, pudsen kan optræde på. I den ene udgave er pudsemørtlen udstyret med en åben porestruktur og kan derfor fjerne enhver form for fugt, som det er lykkedes at gennemtrænge det underliggende materiale. Pudsen vil i det tilfælde have en tendens til at være skrøbelig, og den er nem at skade; den udgør ydermurens svageste lag og kræver løbende vedligeholdelse. Den anden udgave af pudsemørtel kan etablere en særegen stærk, tæt overflade, som bibeholder sin beskyttende egenskab i et anseeligt stykke tid. Denne type overfladebehandling er i første omgang meget nem at vedligeholde, men hvis der viser sig at være nogen form for svigt i pudsen, må den udskiftes totalt. Vederlaget bliver i denne proces ofte beskadiget, eftersom pudslaget er så stærkt.⁵²

50 Reichel, Alexander, Anette Hochberg og Christine Köpke, *Putze, Farben, Beschichtungen*, DETAIL Practice, 2004.

51 BIB, *Overfladebehandling af Blokmurværk* – anvisning, København, 1997, p.5.

52 Hegger, Manfred, Hans Drexler & Martin Zeumer, *Basics – Materials*, Basel, 2007, p.52.

I Østrig er det gængs praksis, at man arbejder med et udvendigt pudslag på 40mm bygget op af hele 7 arbejdsgange. Begrundelsen for det tykke pudslag går på letpudsens fordelagtige U-værdi. I Danmark finder man det rigeligt med de anbefalede 20mm i 3 arbejdsgange som overfladebehandling af Poroton.

Set ud fra en bygningsfysisk betragtning er det problematisk med de mange lag, som pudsen i Østrig bygges op af. Det betyder mange arbejdsgange, hvor skiftende vejrlig kan spille uheldigt ind under udførelsen med risiko for dårlig vedhæftning mellem flere af lagene.

Fiberarmeret letpuds og silikatbaseret slutpuds

Man har udviklet spændingsfattige og fiberarmerede letpudstyper, som har vist lovende resultater i kombination med Porothermblokken. Tilslagsmaterialer til mørtler er fortrinsvis natursand, men for at opnå de spændingsfattige, isolerende pudsemørtler tilsættes også isolerende granuler såsom perlite, letklinker, poreglas eller polystyren samt i visse tilfælde fibre for at modvirke revner. Isolerende puds er en underpuds, som altid skal dækkes med en afsluttende puds, som beskytter den mod mekanisk påvirkning og forvitring. Denne grovpuds afsluttes med et indfarvet lag silikatpuds. Overflader, der er sårbare overfor ætsning (glas, keramik, metal, træ), skal afdækkes inden silikatpudsen udføres. Slutpudsen er i dette tilfælde stærkere end underpudsen, hvilket er en afvigelse fra den gængse regel om at styrken skal aftage udefter.

Pudsunderlaget

Det er afgørende, at pudsen hæfter sig til underlaget med det samme inden hærtningsprocessen begynder. Der er derfor en grænse for, hvor tykt et lag puds, man kan påføre. Hvis underlaget suger for meget fugt ud af pudsen, vil den ikke blive tilstrækkelig stærk. Hvis underlaget slet ikke reagerer på fugtigheden, vil kun en svag og ikke tilstrækkelig vedhæftning blive etableret. Derfor grunder man stort set altid vederlaget for pudsen. Grundingslaget sikrer desuden et ensartet og jævnt sugende underlag for det efterfølgende grovpudslag, og det etablerer et indbygget fugtstandsende lag – en slagregnsbarriere.

Pudsarmering

Henover uens materialer, ved dør- og vindueshjørner, eller hvor der er risiko for bevægelse i underlaget, indlægges i pudsen et armeringsnet, hvilket modvirker revnedannelser.

Pudsskinner

Der findes et hav af pudsskinner udviklet til dels at beskytte udsatte hjørner og fremspring, dels til at formidle overgangen mellem eksempelvis sokkel og

mur, og til vederlag for dilatationsfuger. Endvidere findes der styreskinner for aftrækning af pudsen. Pudsskinner bliver fremstillet i rustfrit stål, aluminium, forzinket stål eller kunststof.

Grovpudslag

Grovpudsen er altid det tykkeste lag i en pudsbehandling. Derfor er sammensætningen af bindemidler, kornstørrelse m.m. i dette lag særligt afgørende, da grovpudsen også effektivt skal beskytte mod de klimatiske påvirkninger. Som hovedregel kan anføres, at bindemiddelindholdet bør være så lavt, som de vejr-mæssige og mekaniske påvirkninger tillader. Desuden skal pudsemørtel være nøje afstemt i forhold til blokkens elasticitetsmodul.⁵³

Slutpudslag

Indholdet af farvepigmenter må ikke overstige 8 vægt-% af bindemidlerne og største kornstørrelse bør normalt være < 1mm.

Udførelsen

Ved stødfuger, som er bredere end 5 mm, skal fuger ved opmuringen lukkes på begge sider i fladeplan med isolerende letmørtel. Hvis dette udelades ved opmuringen, lukkes de åbne stødfuger efterfølgende med samme letmørtel. Standtiderne skal overholdes nøje (tommelfingerregel: 1 dag pr. mm mørteltykkelse/fuge-bredde). Dette arbejde skal være afsluttet inden påføring af puds.

Defekter lukkes ved opmuringen i fladeplan med letmørtel. Dette gælder også not- og ferflader (notdybde større end 8 mm) eller mørtellommer ved bygningshjørner og lysninger.

Det er oplagt at afdække de bygningsdele, som den pudsede flade støder op til med tape, som man efter afhærdning blot skærer fri og fjerner. Alternativt kan man arbejde med særlige fuge- eller tilslutningsprofiler.

Til beskyttelse af udadgående hjørner anbringes hjørnejern, der sømmes fast på murhjørnet og udkastes med mørtel, hvorefter de indgår i og dækkes af den pudsede overflade med undtagelse af den lille runde vulst på selve hjørnet, der forhindrer, at pudsen stødes af.⁵⁴

Pudsemørtel af fabrikstørmørtler kan i regelen påføres uden speciel forbehandling af pudsunderlaget. Det anbefales at påføre grovpudsen i to arbejds-gange - frisk i frisk. I første arbejds-gang påføres et ca. 10mm tykt lag, som i anden arbejds-gang færdiggøres til den fastsatte grovpudsstykkelse på 15-20mm. Slutpuds må tidligst påføres grovpudsen efter 1 dag pr. mm pudsstykkelse.

53
54

BIB, *Overfladebehandling af Blokmurværk – anvisning*, København, 1997, p.4.
Murerfagets Lærebogsudvalg, *Puds – før og nu*, 2 udgave, København, 2001, p. 67.

Indvendig puds

Indvendigt er det også oplagt at overfladebehandle blokmurværket med en pudsemørtel. Den indvendige puds skal primært sikre lufttæthed. I rum med høj, relativ fugtighed i korte perioder – f.eks. køkkener og badeværelser – kan vægpuds virke som regulator ved at optage og afgive vanddampe. Hvis man tapetserer eller maler indvendigt med en plastikmaling, forhindrer man de porøse blokkes diffusionsåbne karakter i at skabe et optimalt indeklima.

Gipspuds

Gips fremstilles ved brænding af gipssten. Gipspuds svinder ikke og forbliver ridsefri. Gips har været anvendt, siden man byggede pyramiderne i Ægypten. Man har anvendt det til at udglatte ujævne overflader og til at etablere et beskyttende ydre lag. I Danmark findes gipssten kun i små mængder i naturen, hvorfor vi importerer det fra Sydeuropa.

Man trækker gipsen op i én arbejdsgang. En vandglattet overflade fremstår med en sådan præcision, at det ikke er nødvendigt med yderligere overfladebehandling. Man kan siden hen udstyre pudsen med limfarve, kalk, væv mm.

Lerpuds

De tilgængelige pudstyper bliver inddelt efter deres bindemiddel. Lerpuds kan udelukkende bruges som en underliggende behandling eller til indendørs overflader. Lerpuds svinder i takt med, at det hærder, og små revner kan herved dannes. Lerpuds har gode klimaregulerende egenskaber, hvad angår optagelse og afgivelse af indendørs luftfugtighed. Desuden er lerpudsen i stand til at akkumulere passiv varme.

Kalkpuds

Kalkpuds, som er i stand til at diffundere damp, findes fra en blød lufthærdende til en hård hydraulisk kalkpuds. Den bruges som et vandhæmmende lag indendørs og udendørs. Hvis man anvender cement som bindemiddel, er det muligt at producere en kapillær og vandtæt kalk-cement og cement puds for udendørs brug.

Kalk fremstilles af kalksten (natursten) som brændes og omdannes til brændt kalk.

Kalkpuds har bedre fugtegenskaber end gipspuds i kraft af dens optimale vanddampdiffusionsevne.

Specialpuds

Specialpuds med henblik på renovering, brandsikring, lydregulering og termisk isolering bliver produceret ved iblanding af varierende komponenter.

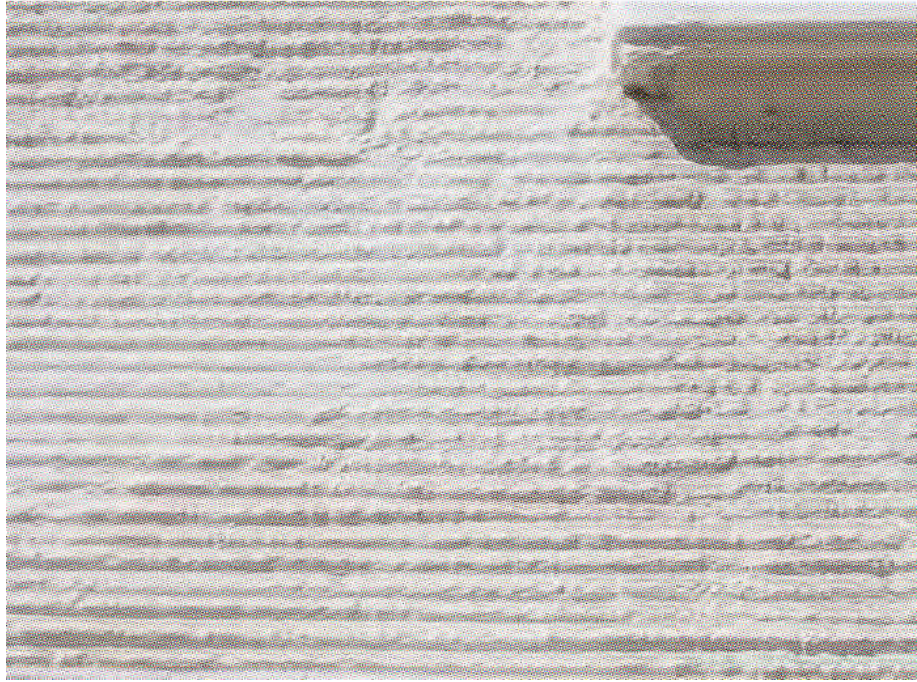


Fig.31a

Fig.31a. Vandret revet puds struktureret med en pudsekam. (A. Reichel, A. Hochberg og C. Köpke, Putze, Farben, Beschichtungen, DETAIL Practice, 2004, p. 56).

Fig.31b. Havemur i groft udført puds møder ydermur i in situ beton. Havemuren omkranser Villa Garbald i Castasegna tegnet af Gottfried Semper. Ydermuren er en del af et nybygget tårn med møderum og gæsteværelser tegnet af Miller & Maranta, 2004. (Eget foto).



Fig.31b

Pudsoverfladens Struktur og farve

Pudsoverfladens struktur har ikke bare en æstetisk betydning men også en bygningsfysisk betydning. Jo grovere overfladestrukturen er, des hurtigere finder bortskaffelsen af eventuel indtrængende fugt sted. Dette på grund af den større overflade som eksponeres mod den omgivende luft.

Tekstur

Den første mulige tekstur bliver skabt direkte i kraft af den måde den fugtige pudsemørtel bliver påført på. Den kan sprøjtes ud over store flader eller påføres små felter ad gangen med en murske eller kost. Puds, som er tørret en anelse op, kan stadig præges med murskeen, med et bræt med en særlig struktur eller en speciel kam eller rulle. Kort før pudsen hælder helt op, kan overfladen bearbejdes med et glittebræt for at opnå en meget glat og ensartet overflade. Det er også muligt at vaske bindemidlet i overfladen ned for derved at tillade tilslagsmaterialerne at komme mere til syne.⁵⁵

Fig.31

Sgraffito

Ordet sgraffito stammer fra Italien og betyder ”at kradsse”. Man anvender forskelligt farvede mørtler oven på hinanden med de mørkeste farver i bunden. Ved kradsning frilægger man de underliggende farver og opnår herved en særlig dybdevirkning i pudsefladen.

Fig.32

Farve

Pudsemørtel kan stå i dens naturlige farve eller tilsættes farvepigment.

Lasering

Maling med transparent farve indeholdende pigment med lille dækningsformåen eller pigment i så lille mængde at underlaget fremtræder mere eller mindre tydeligt.

Fig.33

Udvendig facadeisolering med puds - UFI

UFI så dagens lys tilbage i 1970. Princippet består i, at man påfører et 5-6mm lag tyndpuds udenpå isoleringsplader af celleplast eller mineraluld eller lignende. Isoleringspladerne er enten fastgjort til den bagvedliggende konstruktion med klæb eller dybler. Celleplast til dette formål er dog ikke godkendt i Danmark pga. af, at det smelter ved brandpåvirkning. Mineraluld har desuden den markante fordel, at det er diffusionsåbent, således at et indefra kommende damptryk kan passerer ud igennem facaden. Men mineraluld er ikke formstabil overfor indtrængende regnvand i større

55 Hegger, Manfred, Hans Drexler & Martin Zeumer, *Basics – Materials*, Basel, 2007, p.52.



Fig. 32a



Fig. 32b



Fig. 32c



Fig. 32d

Fig. 32 a. Motiv fra Graubünden, (www.Klötzli-puzzle.ch).

Fig. 32 b-d. Sgraffito. Betegnelsen stammer fra Italien og betyder "at kradsse". Man anvender forskelligt farvede mørtler oven på hinanden med de mørkeste farver i bunden. Ved kradsning frilægges man de underliggende farver og opnår herved en særlig dybdevirkning i pudsefladen. (Egne foto fra Engardine dalen i Schweiz).



Fig.33a



Fig. 33b

Fig. 33a-b. Etagebyggeri i Zürich tegnet af Meili & Peter, 2002. Facaden er i første omgang blevet påført felter af indfarvet puds i rød og gul. Hen over disse felter er efterfølgende strøget en grå siliconelasur. På denne måde gør man en dyd ud af det uundgåelige faktum at der forekommer synlige overgange i en pudset overflade. (2003,12. Detail p. 1454 + 1470).



Fig.34 a



Fig.34 b

Fig.34a-b. Boligbebyggelse Lohengrinstrasse i München tegnet af Hild & K., 2004.
"Alle arkitekter har overgivet sig til de udvendige facadeisoleringssystemer (UFI) – men ingen taler om det"! Citat af Andreas Hild. I dette projekt dyrker tegnestuen for alvor et motiv omkring det indpakkede <-> det eksponerede skelet. Ved altanerne skrælles isoleringsmaterialet af. (www.hildundk.de)