

Lettklinkerbetong

Blokk og blokkmurverk



Mur-Sentret
Forskningsvn. 3b
P.b. 53 Blindern, 0313 OSLO

Tlf. 22 93 07 60
Faks 22 60 11 92
e-post: post@mur-sentret.no
Internett: www.mur-sentret.no

**MUR
SENTRET**

murbransjens
forsknings- og
informasjonskontor

Definisjoner	2
1 Historikk	3
2 Fremstilling	4
2.1 Lettklinker	4
2.2 Blokkproduksjon	4
2.3 Energi og miljøhensyn	4
2.4 Bruksområder	4
3 Produktene	5
3.1 Standard blokk og Finblokk	5
3.2 Finblokk Spesialformat	5
3.3 U-blokk	5
3.4 Tilpasningsblokker	6
3.5 Lydskilleblokk	6
3.6 Isoblokk	6
3.7 Iso Rehab	7
3.8 Såleblokk	7
3.9 Konstruksjonsblokk	7
4 Dimensjoner, densitet og trykkfasthet	8
4.1 Dimensjoner og toleranser	8
4.2 Densitet og toleranser	8
4.3 Trykkfasthet	8
5 Fukttekniske egenskaper	10
6 Fasthets- og deformasjonsegenskaper ..	12
6.1 Volumstabilitet. Svinn og svelling ..	12
6.2 Temperaturbevegelser	12
6.3 Bevegelsesfuger og glidesjikt	12
6.4 Trykkpåkjenning	13
6.5 Bøystrekkpåkjenning	16
6.6 Skjærpåkjenning	16
7 Varmetekniske egenskaper	17
7.1 Termisk konduktivitet	17
7.2 Spesifikk varmekapasitet	18
8 Lydtekniske egenskaper	19
8.1 Lydisolasjonsevne	19
8.2 Lydabsorpsjon	19
9 Branntekniske egenskaper	20
9.1 Brannmotstand	20
9.2 Trykkfasthet	20
9.3 Bøystrekkfasthet/hefffasthet	20
9.4 Oppsprekking av konstruksjoner ..	21
9.5 Bestandighet av pussede flater ..	21
10 Kontroll	22
Litteraturhenvisninger	23

Forord

Anvisningene erstatter tidligere utgave fra 1985.

Nærmere 80% av alt murverk som føres opp i Norge i dag mures med lettklinkerblokker i ulike varianter. Dominerende blokkleverandør er Optiroc as med Leca lettklinkerblokker.

Anvisningene i dette heftet gjelder derfor først og fremst for Leca lettklinkerblokker. Det finnes også andre produkter på markedet, hovedsakelig utenlandske. For disse produktene må tekniske data hentes fra leverandøren, da de ikke nødvendigvis sammenfaller med data som fremkommer i dette heftet.

For mer utfyllende data om de forskjellige produktene henvises til Leca Teknisk Håndbok [11], eller Leca infobank: www.optiroc.no.

*Anvisningen er utarbeidet av
siv. ing. Ole H. Krokstrand, Mur-Sentret og
dr. ing. Tore Kvande, NBI Trondheim*

Definisjoner

LECA: light expanded clay aggregate

LWA: light weight aggregate

Nominell lengde: Oppgitt lengdemål fra produsenten. Tilsiktet tilvirkningsmål er 1 mm mindre enn dette.

Nominell høyde: Oppgitt høydemål fra produsenten. Tilsiktet tilvirkningsmål er 2 mm mindre enn dette.

Netto densitet: Blokkmassens densitet

Brutto densitet: Blokkens densitet inklusiv evt. hullandel

Lettklinkerblokker tilvirkes av betong med hovedsakelig lettklinker som tilslag. (Lettklinker blir ofte forkortet med LWA som står for Light Weight Aggregate.) I Norge betegnes lettklinker gjerne som løs-Leca. Den har normalt en tørr, løs egen-

vekt mellom 250 og 350 kg/m³. Til sammenligning kan nevnes at i tradisjonell betong benyttes tilslag med densitet rundt 1600–1700 kg/m³. I tillegg til lettklinker består lettbetongen av sement, vann, silica og sand.

1 Historikk

Lett tilslag tilsatt en eller annen form for binde- middel har vært et kjent byggemateriale fra før 500 år f.Kr. i datidens Romerrike. Man benyttet da vulkansk slag, pimpstein (tysk: bimsstein) eller lava til bygging av templer, borger, boliger etc.

I midten av 1800-tallet ble denne type tilslag tatt i bruk igjen i betong i Tyskland, og noen år senere også i resten av Europa, hovedsakelig for å redusere vekten av byggverkene.

På 1900-tallet begynte man etter hvert å produsere blokker av slik lettbetong, og man fikk et nytt produkt for muring.

Produksjon av blokker av lettbetong har pågått i Norge fra ca. 1930. Det er i Norge hovedsakelig lettklinker som har blitt anvendt som tilslag i blokkproduksjon, selv om også vulkansk lettklinker (bims) har vært benyttet.

Egenproduksjon av lettklinker ble startet i Norge av Norsk Leca as i 1954 basert på dansk lisens. Behovet for gjenoppbyggingen av Norge etter krigen og stor mangel på byggevarer gjorde at salget av Leca blokker fikk en rask oppsving i markedet. De første årene var det hovedsakelig selvbyggeren som var kunde, men etter hvert som andel kjellere/underetasjer på småhus har gått ned, har blokken også kommet inn på andre markeder. I dag benyttes nærmere 60 % av lettklinkerblokkene i det profesjonelle markedet.

Produksjonen av lettklinker foregår på Rælingen nær Lillestrøm og i Borge utenfor Fredrikstad. Blokkproduksjonen er spredd på seks fabrikker fra Lillestrøm til Harstad.

2 Fremstilling

2.1 Lettklinker

Lettklinker fremstilles i store rotèrovner med diameter på rundt 3 meter og lengde opp til 60 meter.

Leire med tilsetningsstoffer mates inn i den ene enden og varme tilføres i den andre. Rotasjonen kombinert med den varme luftstrømmen gjør at leiren tørker og etter hvert blir formet til pellets som ved temperatur rundt 1100 °C «popper» – ekspanderer til sin endelige form. Kulene har nå fått en porøs struktur omgitt av et keramisk skall.

Den porøse kjernen består av en mengde luftblærer der det interne porevolumet utgjør 70–75%.

I dag brukes i stor grad biobrensel i en eller annen form kombinert med kull som energikilde.

Leiren som benyttes må ha en spesiell finhet og være kalkfattig.

2.2 Blokkproduksjon

Den sorterte lettklinkeren fraktes til blokkfabrikkene der den blandes med sement, vann, sand og silica. Den jordfuktige betongmassen komprimeres av en helautomatisk blokkmaskin i stålformer. Blokkmaskinene har utskiftbare former, og det produseres et stort antall formater med ulik hullutforming. (Kapittel 3) Etter utstøping holdes blokkene noen timer i herdekammer før de palletteres og settes på utvendig lager. Da har blokkene allerede oppnådd 80–90% av sin til siktede styrke og en stor del av sitt herdesvinn. Blokkproduksjonen er i dag helautomatisert.

Til produksjon av lettklinkerblokker bruker man i Norge en lettklinkergradering på 4–10 mm til standard blokker og 2–4 mm for Finblokk. Finblokken får følgelig en mye finere struktur og skarpere kanter.

På grunn av minimal bruk av finstoff i betongblandingen får lettklinkerbetongen et nett av dels store porer. Poresystemet er åpent for luft- og vanngjennomgang. Dette medfører at evt. vann som måtte trenge inn i murverket lett dreneres i materialet.

2.3 Energi og miljøhensyn

Størsteparten av energiforbruket i produksjonen av lettklinkerblokker er knyttet til lettklinkerproduksjonen. I Norge har man de siste årene lykkes med å både redusere det totale energiforbruket og andel fossilt brensel betydelig.

Lettklinkerblokker har bl.a. følgende positive egenskaper sett i et livsløpsperspektiv:

- Er et naturmateriale
 - Robust og motstandsdyktig overfor fukt og frost.
 - Varmeisolerende
 - Varmelagrende
 - Hygroskopisk
 - Ingen emisjoner
 - Lar seg lett knuse for ombruk
 - Kan tilsettes resirkulert materiale
 - Brannsikkert
 - Gode lydegenskaper
 - Relativt god bæreevne
 - Lavt vedlikeholdsbehov
 - Gir ikke grobunn for sopp og råte
- Kontakt for øvrig produsenten for miljøvaredeklarasjon.

2.4 Bruksområder

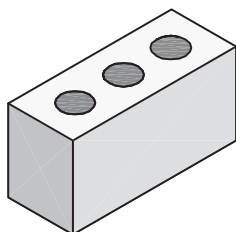
Lettklinkerblokker benyttes i dag hovedsakelig på følgende områder:

- Kjellervegger/ vegger i underetasjer
- Ringmurer
- Bærende vegger inne og ute
- Delevegger/brannvegger
- Rene fasader/forblendingsvegger
- Lydskillevegger
- Sjøktvegger
- Støttemurer (Konstruksjonsblokk)
- Levegger
- Pilarer

3 Produktene

Lettklinkerblokker leveres i forskjellige formater og typer. I det følgende er angitt de mest vanlige. For utfyllende data om lyd- og varmegjennomgangstall, se kapitlene 7 og 8. Se også Leca Teknisk Håndbok, eller Leca Infobank på www.optiroc.no.

3.1 Standard blokk og Finblokk



Nominell lengde: 500 mm
Nominell høyde: 250 mm

Nominell bredde mm	Densitet		Trykkfasthet f_{cp} N/mm ²	U-blokk	Std.-blokk	Finblokk
	netto kg/m ³	brutto kg/m ³				
75	770	770	3		x **)	
100	770	770	3		x **)	x **)
150	770	650	3 *)	x	x	x
200	770	650	3 *)	x	x	x
250	650	550	2 *)	x	x	x
300	600	450	2	x	x	

*) Finblokk kan på forespørsel også leveres med trykkstyrke 8 N/mm² forutsatt et visst volum

***) Leveres som massiv blokk

Tabell 3.1

Standard blokkdimensjoner, densitet og trykkfasthet

Hullene i blokker med nominell bredde 200 mm er plassert slik at hullene passer over hverandre ved muring i halvsteins forbandt.

Hullene kan da benyttes til utstøping og vertikal armering av murveggen (gir større bæreevne), evt til trekking av tekniske føringer (elektro/vann).

3.2 Finblokk Spesialformat

Blokken produseres på bestilling, og egner seg godt som innvendig, spekkmurt vegg der det settes krav til kombinasjon av fine overflater og lydabsorpsjon.

Nominell lengde mm	Nominell bredde mm	Nominell høyde mm	Densitet		Trykkfasthet f_{cp} (N/mm ²)
			netto kg/m ³	brutto kg/m ³	
490	125	190	770	650	3 *)
240 **)	125	190	770	650	3*)

*) Finblokk kan på forespørsel også leveres med trykkstyrke 8 N/mm² forutsatt et visst volum

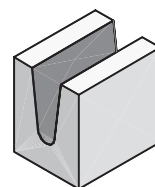
***) U-blokk

Tabell 3.2

Finblokk spesialformat, dimensjoner, densitet og trykkfasthet.

Formatet kan også leveres buet (Ikke U-blokken) med diameter 3,5 m.

3.3 U-blokk for standard blokk og Finblokk



Nominell lengde: 250 mm
Nominell høyde: 250 mm

U-blokk benyttes til utstøping i murverket, og armeres for å kunne fungere som en bjelke over åpninger. Den benyttes også som murkrone for å binde murverket sammen eller for å ta hånd om horisontale strekkbelastninger. Blokken leveres med bredder som vist i tabell 3.1.

3.4 Tilpasningsblokker

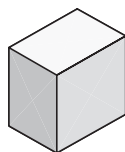
Tilpasningsblokker benyttes der arkitekten ønsker andre blokkformater i en spekkmurt vegg, eller når det er behov for høydetilpasninger. Blokkene er massive.

lengde mm	Nominell		Densitet kg/m ³	Trykkfasthet f _{cp} N/mm ²	Std.- blokk	Fin- blokk
	brekke mm	høyde mm				
500	100	150	770	3	x	x
500	100	200	770	3	x	x
500	150	200	770	3	x	x

Tabell 3.4
Dimensjoner tilpasningsblokker, densitet og trykkfasthet

3.5 Lydskilleblokk

Lydskilleblokker er massive og har høyere densitet enn standard blokk. De benyttes der det settes større krav til lydisolering. Blokken har en densitet på ca. 1300 kg/m³.



Nominelle mål er 175 x 250 x 250 mm.

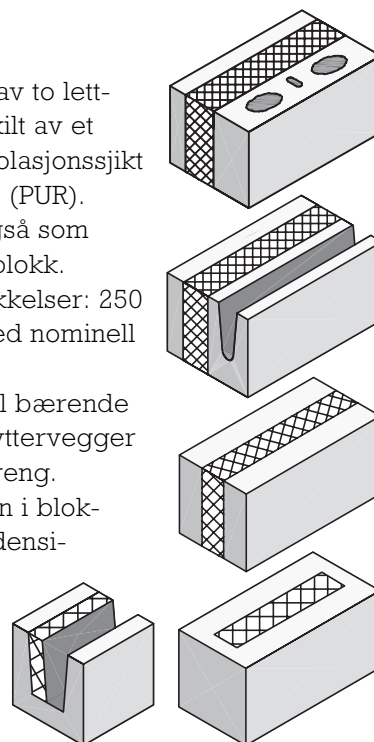
lengde mm	Nominell		Netto densitet kg/m ³	Trykkfasthet f _{cp} N/mm ²
	brekke mm	høyde mm		
250	175	250	1300	8

Tabell 3.5
Dimensjoner lydskilleblokk, densitet og trykkfasthet

Avhengig av hvorledes blokken orienteres i murverket kan man oppnå veggtykkelser på henholdsvis 175 mm og 250 mm. En tosidig pusset vegg av Lydskilleblokk 175 murt med fulle fuger gir en luftlydisolasjon R'_w på 52 dB. (Antatt 3 dB flanketransmisjon.) Tilsvarende verdi for Lydskilleblokk 250 er 55 dB.

3.6 Isoblokk

Isoblokken består av to lett-klinkervanger adskilt av et mellomliggende isolasjonssjikt av polyuretanskum (PUR). Blokken leveres også som hjørneblokk og U-blokk. Den leveres i to tykkelser: 250 mm og 300 mm med nominell høyde 250 mm. Blokken benyttes til bærende og ikke-bærende yttervegger og vegger mot terreng. Lettklinkerbetongen i blokkene har en netto densitet på 900 kg/m³. PUR-skummet har en densitet på rundt 37 kg/m³.



Isoblokk	Nominell		Tykkelse			Trykk- fasthet f _{cp} N/mm ²
	lengde mm	brekke mm	indre vange mm	ytre vange mm	isol.- sjikt mm	
Iso 25 cm	500	250	82	82	85	4
Iso hjørne 25 cm	500	250	82	82	85	4
Iso U-blokk 25 cm	250	250	55	55	50*)	4
Iso 30 cm	500	300	134	60	105	4
Iso hjørne 30 cm	500	300	149	60	90	4
Iso U-blokk 30 cm	500	300	149	60	90	4

*) Isolasjonen leveres som en løs plate ekstrudert polystyren.

Tabell 3.6
Dimensjoner Isoblokk og trykkfasthet.

I tillegg til varmeisolasjonsblokkene beskrevet over finnes også andre utenlandsk produserte isolasjonsblokker av lettklinkerbetong på markedet. Disse er isolert med eksponert polystyren og har andre dimensjoner og spesifikasjoner.

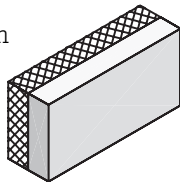
3.7 Iso Rehab

Nominelle mål: 125 x 250 x 500 mm

Blokken består av et sjikt lett-
klinker tykkelse 62,5 mm og et
sjikt polyuretanskum.

Det leveres også en hjørneblokk
med samme mål.

Blokken benyttes til tilleggisolering av eksiste-
rende og nye betong- og murvegger innvendig
og utvendig.



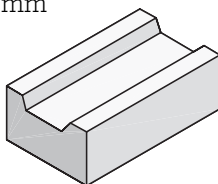
3.8 Såleblokk

Nominelle mål: 330 x 175 x 500 mm

Netto densitet: 900 kg/m³

Blokken benyttes som et
alternativ til plasstøpt grunn-
murssåle på bæredyktig grunn.

Blokken har et spor for armering og
utstøping med betong.



3.9 Konstruksjonsblokk

Nominelle mål: 250 x 250 x 500 mm

Netto densitet: 1050 kg/m³

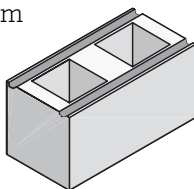
Brutto densitet: 650 kg/m³

Blokken benyttes der
horisontale og/eller vertikale
lastpåkjenninger ikke kan opptas av standard
blokker.

Blokkene har utsparinger på 150 mm x 150 mm
for armeringsføringer og ifylling av betong.

Aktuelle bruksområder er:

- Støttemurer
- Grunnmursvegger med store takhøyder
- Mellom vinduer der vertikallastene evt. er for store for standard blokk
- Brannvegger/bærevegger i næringsbygg



4 Dimensjoner, densitet og trykkfasthet

4.1 Dimensjoner og toleranser

I Norge har det vært vanlig å angi dimensjon på blokker som byggemål $b \times h \times l$. Definisjoner på lengder og overflater er gitt i fig. 4.1. Måten å angi dimensjonene på er i henhold til NS 3017 [2]. Ny NS-EN 771-3 vil avvike fra denne praksisen ved å angi dimensjonene som $l \times b \times h$, se [1]. Aktuelle dimensjoner på lettklinkerblokker på det norske markedet er gitt under pkt. 3.

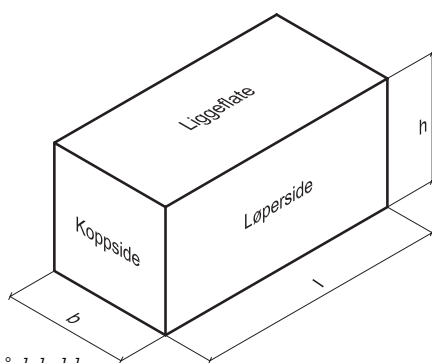


Fig. 4.1
Dimensjoner
og overflater på blokk

I tillegg til blokkens dimensjoner skal produsenten deklare toleranser for hver dimensjon, dvs. største tillatte avvik fra deklarererte mål. Tre toleranseklasser er oppgitt i prEN 771-3, se tabell 4.2. Standarden stiller også krav til blokkens planhet. Den skal produseres med tilnærmet rette vinkler mellom plane flater som møter hverandre.

Blokkene produseres med tilvirkningsmål 1–2 mm mindre enn nominelle mål. [11]

Toleranse- klasse	Tillatt avvik lengde og bredde		Tillatt avvik i planhet mm
	mm	høyde mm	
D1	+3 – 5	+3 - 5	Størst verdi av: $0,1\sqrt{l_d}$ eller 2
D2	+1 – 3	± 2	
D3	+1 – 3	$\pm 1,5$	

l_d = lengden på diagonalen som kontrolleres

Tabell 4.2
Tillatt avvik i deklarerert dimensjon og planhet avhengig av toleranseklasse

Blokkprodukter omhandlet i denne anvisningen forventes å være produsert iht. toleranseklasse D2, med unntak av såleblokk som kan være etter klasse D1.

4.2 Densitet og toleranser

Lettklinkerblokkens densitet skal oppgis både som brutto og netto densitet. Iht. til NS 3017 har det tidligere vært mest vanlig å oppgi netto densitet. Densitet bestemmes som forholdstall mellom blokkens tørre vekt og dens geometriske volum. Tørr vekt bestemmes etter tørking til konstant vekt ved $70 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$. I brutto volum medregnes ikke hull som er ment for utstøping med betong. Densitet deklarerer med en toleranse på $\pm 8 \%$ fra deklarerert verdi.

Aktuelle densiteter for lettklinkerblokker på det norske markedet er gitt under pkt. 3.

4.3 Trykkfasthet

Lettklinkerblokkens trykkfasthet er avhengig av blokkens densitet. Høyere densitet gir generelt høyere trykkfasthet, se figur 4.3. Høyere trykkfasthet og densitet kan oppnås ved å benytte lettklinkertilslag med høyere egenfasthet eller å øke andel sand, sement og silika.

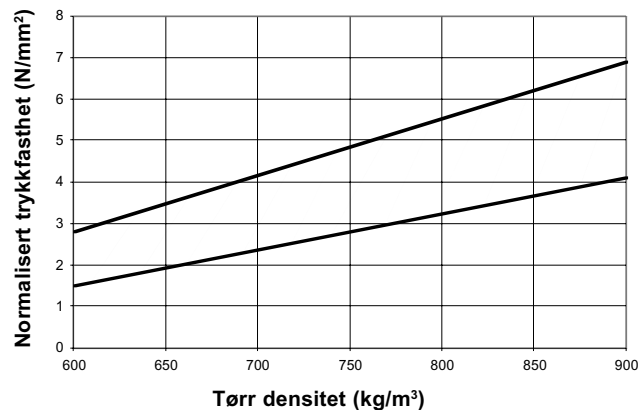


Fig. 4.3
Prinsipiell sammenheng mellom blokkfasthet og netto densitet til lettklinkerblokker.

Trykkfasthet til lettklinkerblokker måles på hele blokker orientert slik det er vanlig å benytte blokkene. Trykkfastheten beregnes som forholdet mellom bruddlasten og trykkflaten uten fradrag for eventuelle hull. Det produseres i Norge lettklinkerblokker med trykkfastheter i området 2–8 N/mm². Hvilke blokker som produseres for det norske markedet er gitt i pkt. 3.

Trykkfasthet målt på hele lettklinkerblokker benevnes blokkfasthet. Dersom blokkens trykkfasthet benyttes i dimensjonering av bærende konstruksjoner eller konstruksjonselementer, må trykkfastheten omregnes til en normalisert verdi. Målt trykkfasthet avhenger av størrelsen på prøvestykket. Med normalisert trykkfasthet menes at blokkfastheten er justert som om trykkfasthetsprøvingen ble gjennomført på standard

Høyde (mm)	Bredde (mm)				
	50	100	150	200	≥ 250
50	0,85	0,75	0,70	–	–
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥ 250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Tabell 4.4

Formfaktor δ for normalisering av målt blokkfasthet til standard terning med sidekant 100 mm. Lineær interpolasjon mellom tallverdiene er tillatt. [4]

terning med sidekant 100 mm, se formel under. Omregningen skjer ved bruk av ulike formfaktorer avhengig av blokkstørrelse, se tabell 4.4

$$f_{ck} = \delta \cdot f_{cp}$$

hvor

f_{ck} = karakteristisk trykkfasthet for blokk, normalisert verdi relatert til standard terning med sidekant 100 mm (terningtrykkfasthet)

f_{cp} = trykkfasthet av blokk fastlagt ved prøving etter standardisert prøvemethode [3], og angitt som en gjennomsnittsverdi av målte fastheter for de enkelte prøver

δ = formfaktor, bestemt etter tabell 2 for normalisering av blokkens målte trykkfasthet til standard terning med sidekant 100 mm.

5 Fukttekniske egenskaper

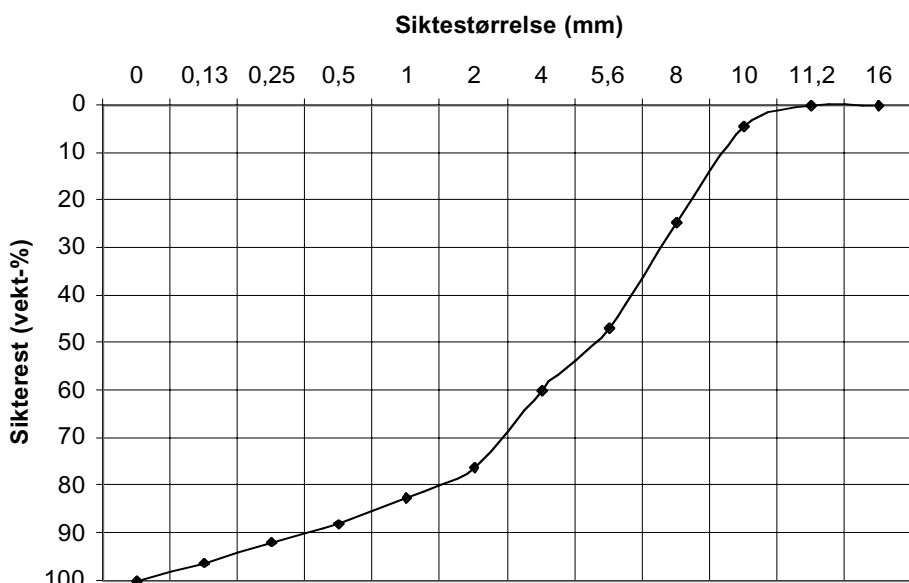
Materialenes fukttekniske egenskaper påvirker bruksegenskapene i stor grad. Fuktmengden i en lettklinkerblokk eller oppmurt konstruksjon gir utslag på varmeisoleringssevne, frostbestandighet, mur- og pussmørtelens heft- og herdebetingelser, sikkerhet mot fuktproblemer m.m. Fuktinnhold i lettklinkerblokk uttrykkes som fuktmengdens andel i vektprosent av tørt materiale. Ved levering fra fabrikk skal fuktinnholdet være mindre enn 15 vektprosent. Innmuring av blokker med høyt fuktinnhold kan gi problemer på grunn av store svinntøyninger. Av den grunn er det viktig å beskytte både blokker på byggeplass og det ferdige murverk før det pusses.

For teglmurverk gjelder at sugesevnen til teglet har betydning for heftetablingen mellom mørtel og stein under oppmuring, se Murkatalogens anvisning M1. Denne problemstillingen er mindre relevant for lettklinkerblokker. Overflatestruktur og det at også lettklinkerblokker har sement som bindemiddel gjør at en god heft normalt etableres mellom blokk og mørtelfuge. Lav blokkfasthet gjør dessuten at heften er mindre kritisk.

5.1 Porestruktur, fuktinnhold og frostmotstandsevne

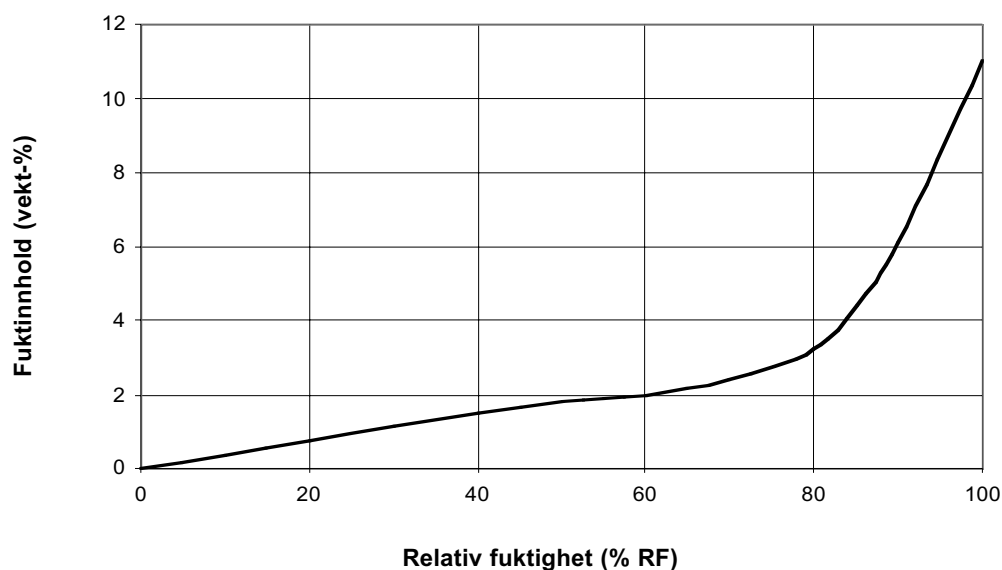
Lettklinkerbetong til produksjon av blokker har en relativt stor andel korn med diameter 4–10 mm, se figur 5.1. Andelen sand holdes lav for ikke å fylle hulrommet mellom lettklinkerkornene. Tilsetningen av sement og silika har til oppgave å lime sammen tilslaget i kontaktpunktene og skal ikke fylle hulrommet. Betongsammensetningen gjør med andre ord at blokkene får en grov og kontinuerlig porestruktur mellom tilslagskornene. Poresystemet blir ofte kalt for det eksterne poresystemet. Det eksterne poresystemet utgjør 15–40 % av det totale betongvolumet. I tillegg har lettklinkerkulene et internt porevolum på 70 – 75 % av kornvolumet. Den porøse indre kjerne av kulene er omsluttet av et keramisk skall.

Det eksterne poresystemet er sammenhengende og gjør at blokkene er drenerende for vann og dessuten luftåpne. Dette gir verdifulle egenskaper som frostsikkerhet og lydabsorpsjon, men forutsetter tetting med puss eller slemming på minimum en side i varme- og lydisolierende, samt brannskillende konstruksjoner. Uten overflatebehandling av utvendige murte lettklinkervegger kan vann lett trenge inn i veggen. Manglende overflatebehandling gir dessuten dårlig varmeisolasjon. Valg av overflatebehandling skal gjøres ut fra de stedlige klimatiske forhold.



Figur 5.1
Eksempel på siktekurve
for blokkmasse til
produksjon av kvalitet
«3/770»

Figur 5.2
Fuktliekevtskurve i
uttørkingstilstand for
lettklinkermurverk av
kvalitet «3/770» ved 20 °C



Å måle vannabsorpsjon til lettklinkerblokker er nærmest umulig på grunn av den åpne porestrukturen. Fritt vann som kommer inn i blokkene vil raskt dreneres ut igjen og er årsaken til at lettklinkerblokker har god frostmotstandsevne. Frostskader kan opptre i tilfeller der nyoppført murverk får stå uten tildekking før overflatebehandling. Ved nedfukting på grunn av mye nedbør i byggeperioden kan fuktinnhold i overkant av 20 vektprosent oppnås. Såpass høyt fuktinnhold kan ved uheldige værforhold gi frostskader og vil også gi økt uttørkingssvinn, se pkt. 6.1.

Likevektsfuktigheten i murte konstruksjoner, beskyttet mot fritt vann, varierer med den relative fuktigheten (RF) i lufta. Figur 5.2 viser fuktinnholdet i lettklinkerblokk av kvalitet "3/770" i fuktliekevekt med luft med forskjellig relativ fuktighet. Normalt vil RF innendørs ligge i området 30–60 % RF. Innendørs er det tørrest om vinteren og fuktigst i løpet av sommerhalvåret. Innvendige vegger vil inneholde 1–2,5 vektprosent fuktighet. Normalt vil ytterveggskonstruksjoner innstille seg

på 3,5–4,5 vektprosent fuktinnhold. Hvilken likevektsfuktighet blokkene innstiller seg på avhenger i stor grad av bindemiddelmengde i betongblandingen. Hvordan likevektsfuktigheten varierer med blokkdensiteten er vist i tabell 5.3.

	Likevektsfukt (% RF)	Fuktinnhold (vekt-%)
Løs lettklinker	50	0,1
	75	0,2
	90	0,5
Blokk 650 kg/m ³	50	1,5
	90	4,0
Blokk 770 kg/m ³	30	1,0
	50	2,0
	90	6,0

Tabell 5.3
Fuktinnhold i ulike blokkkvaliteter

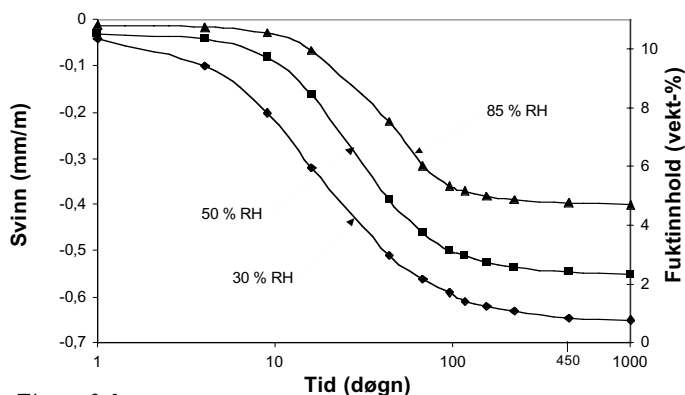
6 Blokkmurverk – Fasthets- og deformasjonsegenskaper

6.1 Volumstabilitet. Svinn og svelling

Alle bygningsmaterialer endrer mål ved varierende fuktinnhold. Sementbundne materialer er utsatt for større volumvariasjoner enn for eksempel keramiske materialer og naturstein. Svinn i lettklinkermurverk kan deles opp i kapillært svinn, kjemisk svinn og tørkesvinn. Svinnet er størst i blokkene under og rett etter produksjon. Kjemisk svinn dreier seg i første rekke om hydratiseringssvinn og vil i all hovedsak være ferdig i løpet av tiden i herdekammer og på fabrikkklager. Størst praktisk betydning har såkalt tørkesvinn som skyldes tørking av betongen. Ved senere oppfukning av murverk etter tørking kan tørkesvinnet i all hovedsak regnes som reversibelt.

I lettklinkermurverk murt med åpne stussfuger utgjør mørtelfugene mindre enn 5 volumprosent av murverket. Selv om mørtelfugene relativt sett har større svinn enn blokkene vil bidraget fra mørtelfugene være neglisjerbart når en ser på hele murverket. Svinn i lettklinkerblokkmurverk vil derfor i første rekke være avhengig av hvor fuktige blokkene er ved innmuring og i hvilken relativ fuktighet murverket befinner seg i. I figur 6.1 er vist svinnforløp for blokker av kvalitet «3/770» plassert i tre forskjellige klima. Fuktinnholdet i blokkene ved start måling var 11 vektprosent. 11 vektprosent er for praktiske forhold et relativt høyt fuktinnhold. For blokker levert byggeplass vil fuktinnholdet normalt være noe lavere. Dette er bakgrunnen for at dimensjonerende verdi for fuktavhengig deformasjon er satt til $-0,4$ mm/m i utkast til ny NS 3475 [5]. Som figur 6.1 viser vil uttørking av innervegger (30–60 % RF) gi større svinn enn uttørking av yttervegger (70–90 %RF). For innervegger er til gjengjeld de temperaturavhengige deformasjonene små sammenlignet med yttervegger.

Svinn i murverk er en sentral årsak til opprissing av puss. For å redusere faren for opprissing er det viktig at en vegg som skal pusses får tørke godt ut før overflatebehandling. Oppfukning av murverk på grunn av for eksempel nedbør gir en rask utvidelse av murverket. Uttørking tar mye lengre tid og fører til en langt tregere svinnutvikling enn fuktutviding. For å sikre god uttørking må murverk beskyttes mot nedfukning før overflatebehandling.



Figur 6.1

Svinnkurve for lettklinkerblokker kvalitet «3/770» [6]

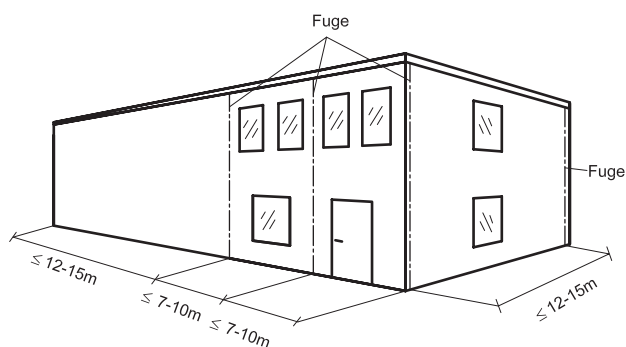
6.2 Temperaturbevegelser

Endringer i temperatur gjør at alle bygningsmaterialer forandrer størrelse. For murverk av lettklinkerblokker kan det regnes med en spesifikk temperaturutvidelseskoeffisient $\alpha = 0,008$ mm/m·K. Temperaturutvidelseskoeffisienten er påvirket av fuktinnholdet i murverket, men i dimensjoneringsammenheng er en koeffisient som nevnt over dekkende for alle fukttilstander.

6.3 Bevegelsesfuger og glidesjikt

Fukt- og temperaturbevegelser gjør det nødvendig å dele opp lange vegger med bevegelsesfuger. Avstanden mellom fugene, og bredden på fugene må tilpasses de totale, årsavhengige bevegelser. Som tommelfingerregel for fasader og innervegger av standard blokk angis en maksimum avstand mellom vertikale bevegelsesfuger på 12–15 m. For Isoblokkvegger anbefales å dele vegger som er lengre enn 8–10 m med vertikale bevegelsesfuger. Maksimumslengdene forutsetter at opplegg på sokkel og løsning mot gesims tillater relative bevegelser mellom murverk og tilstøtende konstruksjoner. Der tverrsnittet av murveggen blir kraftig redusert av høye porter, vinduer og annet, vil det være riktig med en vesentlig kortere avstand mellom vertikale bevegelsesfuger, se figur 6.2.

For lengre vegger som har ommurte hjørner, vil det være en teknisk god løsning å plassere en



Figur 6.2
Avstand mellom vertikale bevegsfuger avhengig av fasadens geometri. (Standard blokk)

bevegsfuge i selve hjørnet. Som tommelfingerregel angis at avstanden til nærmeste vertikale bevegsfuge fra ommurt hjørne uten bevegsfuge ikke bør overstige 6–8 m for murverk av standard blokk og 4–5 m for Iso-blokkmurverk. Lengre maksimumslengder kan tillates ved kontrollerte betingelser. Der lett-klinkerblokkfasader benyttes sammen med et eget bæresystem, må forankringen alltid tillate relative bevegelser både horisontalt og vertikalt. Se forøvrig Murkatalogens anvisning P1, P2 og P8.

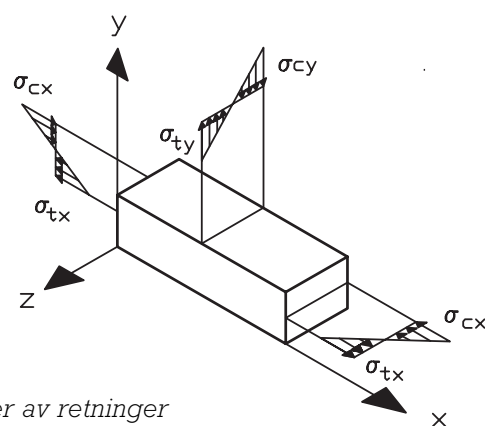
6.4 Trykkpåkjenning

6.4.1 Blokkfasthet i forhold til murverkets fasthet

For murverk er det viktig å skille mellom delmaterialenes (blokk/mørtel) fasthet og murverkets fasthet. Materialets fasthet refererer til den enkelte blokktype mens murverkets fasthet er avhengig av flere faktorer. De viktigste er:

- blokkens densitet og fasthet
- tilslagsmateriale som benyttes i blokken
- samvirke mellom blokk og mørtel
- mørtelkvalitet

For murverk generelt er trykkfastheten langt større enn strekkfastheten. F.eks. har lettklinkerblokker med densitet 770 kg/m^3 og trykkfasthet 3 N/mm^2 en strekkfasthet på ca. $0,5 \text{ N/mm}^2$. Videre har murverket forskjellige fasthetsegenskaper i de to retningene i murverkets plan.



Figur 6.3
Definisjoner av retninger på spenninger og momenter

Definisjoner av retninger på spenninger og momenter er vist i figur 6.3.

NS 3475 [5] – Prosjektering av murkonstruksjoner inneholder oversikter over blokktypers fasthetsegenskaper samt beregningsgrunnlag for dimensjonering av konstruksjoner ut fra disse fastheter.

I teglmurverk er steinens fasthet mye større enn murmørtelens. Karakteristisk for lettklinkerbetong er at blokkens fasthet samsvarer bedre med murmørtelens. Normalt er murmørtelens fasthet høyere enn lettklinkerblokkens.

6.4.2 Trykkfasthet

Murverkets trykkfasthet bestemmes etter standardisert prøvemetode [7]. Hvor dokumenterte verdier ikke foreligger kan karakteristisk trykkfasthet f_{cn} for uarmert murverk murt med alle fuger fylte bestemmes etter følgende uttrykk [5]:

$$f_{cn} = K \cdot f_{ck}^{0,75} \cdot f_{cm}^{0,25} \quad (\text{N/mm}^2)$$

hvor

f_{ck} = karakteristisk trykkfasthet for blokk bestemt etter NS-EN 772-1 [3]

f_{cm} = murmørtelens karakteristiske trykkfasthet bestemt etter NS-EN 1015-11[8]

K = konstant relatert til anvendt murprodukt og anvendt mørteltype i murverket, se [5]

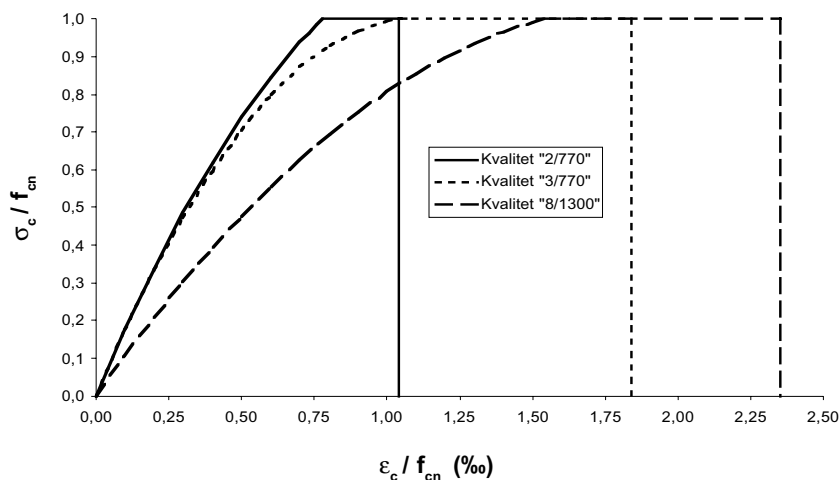
Trykkfastheter for lettklinkermurverk, beregnet etter uttrykket over, er angitt i tabell 6.6.

For delte mørtelfuger og muring uten mørtel i vertikalfuger blir kapasitetene redusert. Regler for dette er gitt i [5].

Figur 6.4
Karakteristisk arbeidsdiagram for tre typer lettklinkerblokkmurverk ved vertikal trykkpåkjenning

σ_c = randtrykkspenning

ϵ_c = opptredende trykktøyning



6.4.3 Arbeidsdiagram

Tøyningsegenskapene inngår i dimensjonering av både uarmerte og armerte murkonstruksjoner, samt ved dimensjonering av samvirkekonstruksjoner (utstøpt murverk o.a.). E-modulen inngår bl.a. ved bestemmelse av trykkpåkjennte konstruksjoners effektive slankhet, mens bruddtøyningen inngår ved dimensjonering av armerte konstruksjoner.

Blokkmurverk kan antas å ha en spennings- og tøyningssammenheng (arbeidsdiagram) ved aksial trykkpåkjenning frem til brudd som vist i figur 6.4.

6.4.4 Elastisitetsmodul, korttidslast

Ved kapasitets- og deformasjonsberegninger av lettklinkermurverk er det vanlig å betrakte materialet som lineært elastisk. Det vil si at deformasjonene øker proporsjonalt med spenningene frem til brudd. Proporsjonalitetsfaktoren kalles materialets elastisitetsmodul, E. E-modul oppgis i N/mm². Strengt tatt er ikke spenning/tøyningsforløpet lineært. Lineariteten er størst i første del av spennings/tøyningsforløpet, se fig. 6.4. E-modul bestemmes som sekantmodul ved 1/3 av bruddlasten.

Elastisitetsmodulen i lettklinkermurverk varierer med flere faktorer:

- lastvirkning (trykkpåkjenning, bøyestrek-påkjenning)

- lastretning
- lastens varighet (korttidslast eller langtidslast)
- murverkets fasthet

Elastisitetsmoduler for lettklinkermurverk med vertikal og horisontal trykkpåkjenning er gitt i tabell 6.6.

6.4.5 Elastisitetsmodul, langtidslast

Murverkets elastisitetsmodul under langtidslast kan bestemmes ut fra korttidsmodule korrigerede for lastavhengige kryptøyninger [5]. Kryptøyningene vil bl.a variere med type murverk, lastutnyttelse og alder ved pålastning og angis ofte som kryptall; forholdstallet mellom endelig kryptøyning og elastisk deformasjon. Lettklinkermurverk har normalt et kryptall rundt 2,0. Til sammenligning har teglmurverk normalt et kryptall rundt 0,5. Forskjellen skyldes sammensetningen av lettklinkerblokker med sement som bindemiddel.

Elastisitetsmodul for langtidslast ved vertikal trykkpåkjenning er gitt i tabell 1. For overslagsberegninger av murverk under langtidshorisontal trykkpåkjenning kan følgende uttrykk benyttes for elastisitetsmodulen [5]:

$$E_{cnx} \approx \left(\frac{E_{cnx}}{E_{cny}} \right) \cdot E_{cny}$$

Elastisitetsmodul for langtidslast for lettklinkermurverk med vertikal og horisontal trykkpåkjenning er angitt i tabell 6.6.

6.5 Bøystrekkpåkjenning

6.5.1 Bøystrekkfasthet

Murverkets konstruksjonsfasthet for bøyning (karakteristisk fasthet) blir betegnet med symbolet f_{tn} . Bøystrekkfasthet i henholdsvis horisontal og vertikal retning angis som f_{tnx} og f_{tny} . Med horisontal retning er her ment bøyning om stussfugene mens vertikal retning er bøyepåkjening om liggefugene, se figur 6.5.

Verdier for lettklinkermurverks bøystrekkfasthet og tilnærmede E-moduler i de ulike akse-retningene er gitt i tabell 6.6. Murverkets bøystrekkfasthet ved bøyepåkjening parallelt med liggefugene, f_{tny} , skal kun utnyttes for opptak av kortvarige laster, eksempelvis vindlaster [5].

Ved å benytte spesialtilpassede murmørtler og utførelseskontroll er det mulig å øke heftfastheten mellom mørtel og blokk slik at evt. bøystrekkbrudd er sikret å gå i selve blokken. Med dette kan høyere bøystrekkverdier oppnås. Dokumentasjon må fremlegges.

6.5.2 Elastisitetsmodul for bøystrekk, korttidslast

For lettklinkermurverk påkjent av bøyebelastning kan det benyttes følgende E-moduler [5]:

$$E_{tnx} \approx E_{cnx}$$

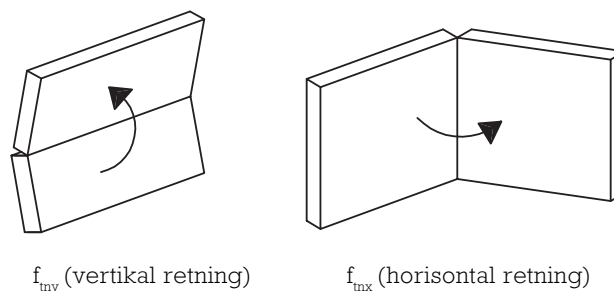
$$E_{tny} \approx 2/3 \cdot E_{cny}$$

6.5.3 Elastisitetsmodul for bøystrekk, langtidslast

For murverk under langtidslast bøyebelastning kan følgende E-moduler brukes ved overslagsberegninger [5]:

$$E'_{tnx} \approx E'_{cny}$$

$$E'_{tny} \approx E'_{cny}$$



Figur 6.5

Bruddfigurer i murverk utsatt for bøyepåkjening

6.6 Skjærpåkjening

Heftfastheten mellom mørtel og blokk angis ved hjelp av skjærfastheter bestemt etter standardisert prøvemethode [7].

Hvor det ikke foreligger dokumenterte verdier kan karakteristisk skjærfasthet for uarmert murverk murt med vanlig mørtel og fylte fuger bestemmes etter følgende uttrykk:

$$f_{vn} = 0,1 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

for skråskjærbrudd i murverket
(øvre grenseverdi)

$$f_{vnx} = 0,4 \cdot f_{tny}^{0,75} \cdot f_{cm}^{0,25} \leq 0,1 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

horisontalt skjærbrudd i mørtelfuger

Skjærfastheter for lettklinkerbetongmurverk, beregnet etter uttrykket over, er angitt i tabell 6.6.

For delte mørtelfuger og muring uten mørtel i vertikalfugene blir kapasiteten redusert. Regler for dette er angitt i [5].

For murverk påkjent av trykkspenning fra permanente laster kan det medtas et bidrag fra friksjonskreftene som vil øke f_{vnx} , dog ikke høyere enn øvre begrensning gitt av f_{vn} . Dimensjoneringsregler for dette er angitt i [5].

7 Varmetekniske egenskaper

Lettklinkermurverk er et relativt volumstabil materiale med små temperaturbevegelser. Materialet har gode varmelagrende og isolerende egenskaper. Spesifikk varmeutvidelse er omtalt under punkt 6.2.

7.1 Termisk konduktivitet (varmeledningsevne)

Varmeledningsevnen for lettklinkermurverk varierer med fugeutførelse, densitet og fuktinnhold.

For blokkmasse med densitet på 770 kg/m^3 kan den settes til: $\lambda = 0,23 \text{ W/(mK)}$

Delte mørtelfuger og lett murmørtel gir positive bidrag i denne sammenheng (dvs. lavere λ -verdi).

For å oppnå tilsiktet varmeisolasjonsevne, må minst én overflate porettes. Dette gjelder ikke Finblokk, som har en tettere struktur.

Tabell 7.1 angir U-verdi for yttervegger for en del vanlig løsninger. Se for øvrig Leca Teknisk Håndbok eller Leca infobank: www.optiroc.no.

Type	Liggefuger	Overflate	U-verdi $\text{W/m}^2\text{K}$	Lydisolasjon $R'_w \text{ dB}^{3) 6)}$	Brannmotstand
Finblokk 125	Fulle	Ubehandlet	1,2	10	REI 120 ⁶⁾
Finblokk 125	Fulle	Puss en side	1,2	42	REI 180
Finblokk 150	Fulle	Ubehandlet	1,1	10	REI 240 ⁶⁾
Finblokk 150	Fulle	Puss en side	1,1	44	REI 240
Finblokk 200	Fulle	Ubehandlet	0,9	10	REI 240 ⁶⁾
Finblokk 200	Fulle	Puss en side	0,9	47	REI 240
Finblokk 250	Fulle	Puss en side	0,7	50	REI 240 ⁶⁾
Blokk 100	Fulle	Puss en side	1,6	40	EI 120
Blokk 150	Fulle	Puss en side	1,3	44	REI 240
Blokk 200	Strengmurt	Puss begge sider	0,9	48	REI 240
Blokk 200	Strengmurt	Puss en side	0,9	46	REI 240
Blokk 250	Strengmurt	Puss begge sider	0,8	51	REI 240
Blokk 250	Strengmurt	Puss en side	0,8	49	REI 240
Blokk 300	Strengmurt	Puss begge sider	0,55	53	REI 240
Blokk 300	Strengmurt	Puss en side	0,55	52	REI 240
Lydskilleblokk 175	Fulle	Puss begge sider	1,7	52	REI 240
Lydskilleblokk 250	Fulle	Puss begge sider	1,4	55	REI 240
Isoblokk 250 ⁴⁾	Strengmurt	Puss begge sider	0,30	40	REI 120
Isoblokk 300 ⁴⁾	Strengmurt	Puss begge sider	0,21 ¹⁾	40	REI 120
Iso Rehab	Fulle	Puss utvendig	1,95 ²⁾	⁵⁾	EI 60

¹⁾ Forutsetter lettmørtel i fugene og fugeisolering.

²⁾ Varmemotstandstall R-verdi mK/W

³⁾ Tallene vist er luftlydisolasjonsverdier R'_w for innervegger. (Laboratoriemålt verdi - 3dB). For trafikkstøyreduksjonstall i yttervegger, trekk fra 1 dB

⁴⁾ Pga Isoblokkens oppbygging vil lydbølger i frekvensområdet 200–400 Hz trenge igjennom veggen. Isoblokk egner seg derfor ikke der det er spesielle krav til lydisolering.

⁵⁾ Avhenger av type bakvegg

⁶⁾ Forutsetter fylte vertikale fuger

Tabell 7.1

Tekniske data for varmegjennomgang, lydisolasjon og brannmotstand for utvalgte murverkløsninger med lettklinkerblokker. De oppgitte verdier er gjennomsnittstall for hele veggflaten der det er tatt hensyn til nødvendig ublokkskift og fugearmoring.

7.2 Spesifikk varmekapasitet

Materialenes evne til å magasinere (akkumulere) eller avgi varme uttrykkes ved materialkonstanten spesifikk varmekapasitet (c). For tørre lettklinkerblokker regnes en spesifikk varmekapasitet på

$$c = 900 \text{ Ws/(kg}\cdot\text{K)}$$

Murverkets høye varmekapasitet har gunstig innvirkning på både inn klima og oppvarmingsøkonomi. En kan oppnå:

- magasinering av overskuddsvarme fra solinnstråling
- utjevning av temperatursvingninger som oppstår på grunn av solens varierende stråleintensitet
- kjøleende effekt på varme og solrike dager

8 Lydtekniske egenskaper

8.1 Lydisolasjonsevne

På grunn av lettklinkerbetongens relativt høye densitet, grove poresystem samt lave E-modul, vil veggkonstruksjoner av lettklinkermurverk få god lydisolasjonsevne.

I tabell 7.1 vises luftlydisolasjonsverdier for en del vanlige veggløsninger.

Det er flere praktiske forhold som må ivaretas for å oppnå de gitte lydisolasjonsverdier:

- Stussfugene bør fylles med mørtel.

- Pussing av overflaten:

En upusset lettklinkervegg er fullstendig luftåpen og gir derfor beskjeden luftlydisolasjon.

Det er derfor nødvendig at murverket porettes med puss eller slemming på minst en av sidene. (Gjelder ikke Finblokk.)

Vanligvis anbefales puss på begge sider. Det sikrer en effektiv lufttetting.

- Avslutning mot tilstøtende vegger eller takflater eller andre konstruksjoner må være absolutt tette for å unngå luftlydgjennongang.

Tilslutningsdetaljene mot tilstøtende vegger og tak er helt avgjørende for gode lydisolerende løsninger, og bør ivaretas på et tidlig tidspunkt i prosjekteringsfasen.

Veggenes lydisolerende egenskaper kan forbedres ved utlekting av gipsplater på lydbøyler, evt ved å sette opp en dobbeltvegg. I hulrommet mellom vangerne (vanligvis 50 mm) plasseres en tung mineralullmatte for å dempe svingningene i hulrommet.

Vangerne må ikke ha kontakt, og begge vanger må porettes.

8.2 Lydabsorpsjon

Strukturen på upusset lettklinkermurverk gir en relativt høy lydabsorpsjonsfaktor. Absorpsjonsfaktoren α er et mål for materialets lydabsorpsjonsevne og angir forholdet mellom den lydenergi som absorberes av en flate (evt. trenger gjennom flaten) og den totale innfallende lydenergi som treffer flaten.

Lydabsorpsjonen avhenger av konstruksjonsløsning og frekvensområde. (Se tabell 8.1.)

En glattpusset flate har lydabsorpsjonsfaktor helt nede i 0,02 – 0,08.

Overflatebehandling i form av sprøytemaling eller rull påvirker absorpsjonsfaktoren lite.

Benyttes en poreetting som for eks. slemming vil absorpsjonsfaktorene bli vesentlig lavere. Frittstående murte lettklinkervegger har vesentlig bedre lydabsorpsjon i bassområdet enn faststøpte blokker mot en bakvegg av betong.

Type konstruksjon	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
100 mm blokker, faststøpt mot betong	0,10	0,30	0,50	0,45	0,45	0,45
Frittstående murverk	0,35	0,40	0,55	0,50	0,50	0,50
Frittstående murverk, Finblokk	0,30	0,96	0,51	0,58	0,68	0,7
Finblokk sprøytemalt med silikatmaling	0,23	0,89	0,51	0,56	0,60	0,62

Tabell 8.1

Lydabsorpsjonsfaktor for lettklinkerkonstruksjoner. (Verdiene gjelder for ubehandlet murverk der intet annet er angitt.)

9 Branntekniske egenskaper

9.1 Brannmotstand

Murverk av lettklinkerblokker har meget god brannmotstand og brannbeskyttende egenskaper, og kan motstå brannbelastning over lang tid med bibehold av betydelig bæreevne.

Siden lettklinkertilslaget i blokkene er et keramisk materiale som allerede er brent ved temperaturer rundt 1100 °C, vil ikke disse gjennomgå noen nevneverdig forandring i et branntilfelle. Derimot vil sementlimet kunne svekkes innover i blokkene i takt med temperaturøkningen. Pga. lettklinkerens varmeisolerende evne, vil denne prosessen gå vesentlig langsommere enn i vanlig betong.

I et «normalt» branntilfelle vil fasthetsreduksjonen sjelden gå lenger inn i blokken enn 15–25 mm.

Brannmotstand for forskjellige vegg-løsninger av lettklinkerblokker er gitt i tabell 7.1

Standard blokker må poretettes på minst en av sidene for å kunne gi den angitte brannmotstand. Finblokk kan derimot pga sin tette struktur stå ubehandlet på begge sider forutsatt at man har oppført murverket med fylte vertikale fuger.

Brannmotstanden til murte ikke-bærende lettklinkervegger kan settes empirisk til :

$$T = 140 (m/100)^{1,72}$$

der

T = brannmotstand (min) [10]

m = flatemassen til veggen (kg/m²)

Ved vurdering av en brannpåkjent konstruksjons bæreevne, må flere forhold tas i betraktning:

- Evt. redusert blokkfasthet
- Evt. redusert mørtelfasthet og heftfasthet mørtel/blokk
- Evt. avskalling av puss eller bæretverrsnitt
- Evt. riss- og sprekkdannelse
- Evt. varige deformasjoner (krumning, forskyvning)
- Evt. redusert forankring
- Evt. redusert effekt av armeringen

9.2 Trykkfasthet og bæreevne

Så vel lettklinkerbetongens som murmørtelens trykkfasthet avtar med økende temperaturer. Det kan antas en rettlinjert reduksjon av trykkfastheten fra full verdi ved 300 °C til null ved 800 °C som for betong. Pga. lettklinkerens varmeisolerende evne, må det en helt spesiell og langvarig brann til for at murverket skal nå 800 °C over hele tverrsnittet. Murverkets fasthetsegenskaper vil derfor bestemmes av hvor stor del av tverrsnittet som er oppvarmet til denne temperatur.

Vegger utsatt for ensidig brannbelastning får utbøyning inn mot veggens brannside. Utbøyningen vil være størst for slanke vegger. Krumming av en lettklinkervegg vil være større enn på for eksempel en teglvegg. Dette kommer av materialets mindre stivhet, større varmeutvidelse og bedre varmeisolasjonsevne, slik at det blir en større temperaturgradient gjennom veggen.

Dersom veggen er lastbærende, kan den under brann få sterkt redusert bæreevne på grunn av at utbøyningen gir utilsiktet lasteksentrisitet. I ekstreme tilfeller kan utbøyningen under brann bli så stor at veggen helt mister bæreevnen.

Etter avsluttet brannpåkjenning og avkjøling vil utbøyningen helt eller delvis gå tilbake.

9.3 Bøyestrekfasthet/heftfasthet

Brannpåkjenning kan være langt mer kritisk for murverkets bøyestrekfasthet enn for trykkfastheten siden bøyestrekfastheten er bestemmende for veggens bæreevne for horisontallast, for eksempel utvendig eller innvendig vindlast.

Bøyestrekfastheten for murverk med vertikal spennretning er en funksjon av egenfastheten i blokkmaterialet eller samvirket mellom mørtel og blokk i murverkets liggefuger. Ved økende brannpåkjenning og temperatur taper materialet en betydelig del av sin bøyestrekfasthet og antagelig reduseres også heftfastheten mellom mørtel og blokk i samme grad.

Bøyestrekfastheten i horisontal spennretning påvirkes av mengden av armering i liggefugene.

Armeringen i fugene er overdekket med sementmørtel. Ved høye temperaturer vil stålet utvide seg kraftig, og det kan oppstå heftbrudd mellom armering og mørtel.

Fugenes overdekning kan bli ødelagt, men det er vanskelig å angi hvor mye veggens bæreevne blir redusert. Normalt er armeringsmengden i lettklinkermurverk relativt beskjeden.

9.4 Oppsprekking av konstruksjoner

Ensidig oppvarming vil medføre krumming med den konvekse siden mot brann siden. I forbindelse med krummingen kan det oppstå riss og sprekke-dannelser på den ueksponerte siden. Hvor vegg er fastholdt, for eksempel i hjørner, kan det lett oppstå sprekker.

Normalt vil sprekke-ne imidlertid ikke være gjennomgående.

For bærende vegger må det vurderes om sprekke-dannelsen har betydning for veggens statiske funksjon.

I enkelte tilfeller kan sprekker repareres ved innlegging av armering over sprekken i forbindelse med utbedring av fugemørtel.

9.5 Bestandighet av pussede flater

Under brannpåkjenning og temperaturer over 550–600 °C vil bindemiddelet i puss en miste sin funksjon med det resultat at det ytterste laget av puss en blir løs og lett flakner av. Etter ca. 20 min. med hard brannbelastning vil et 10–15 mm puss-lag være ødelagt.

10 Kontroll

All produksjon av betongprodukter til formål som skal dekket av Byggeforskriftene, skal godkjennes av Kontrollrådet for betongprodukter under klasse F1.

Kontrollrådet tar stikkprøver på de enkelte produksjonsbedriftene og gjennomgår bedriftens egenkontroll.

Isblokkene er i tillegg gjenstand for kontroll av Varmeisolasjonskontrollen (VIF-kontrollen), som tar stikkprøver av varmekonduktiviteten av PUR-skummet og gjennomgår bedriftens egenkontroll.

Blokk av lettklinkerbetong skal produseres iht. krav angitt i NS 3017 – «Lettklinkerbetong. Blokk for muring». [2]

Her angis krav til dimensjonsnøyaktighet, densitet, fuktinnhold, trykkfasthet og volumstabilitet. Standarden gjelder for blokker med nominell densitet 700 kg/m^3 , men i henhold til avtale med Kontrollrådet for betongprodukter følges prinsippene i NS 3017 også for blokker med andre densiteter. NS 3017 vil bli erstattet av kommende NS-EN 771-3 [1]. I ny produktstandard er det tatt hensyn til at blokkene produseres med ulike densiteter.

Litteraturhenvisninger

- [1] Draft European Standard prEN 771-3 – Specification for masonry units – Part 3: Aggregate concrete masonry units (Dense and light-weight aggregates). European Committee for Standardization CEN, Brussels 2000.
- [2] Norsk Standard NS 3017 – Lettklinkerbetong. Blokk for muring. Norsk Standardiseringsforbund, 1. utg. Oslo 1970.
- [3] Norsk Standard NS-EN 772-1 – Prøvemethode for murprodukter. Del 1: Bestemmelse av trykkfasthet. Norsk Standardiseringsforbund, 1. utg. Oslo 2000.
- [4] European Prestandard ENV 1996-1-1:1995. Eurocode 6: Design of masonry structures. Part 1-1: General rules for buildings – Rules for reinforced and unreinforced masonry, European Committee for Standardization CEN, Brussels 1995.
- [5] Utkast til Norsk Standard NS 3475 – Prosjektering av murkonstruksjoner. Bereknings- og konstruksjonsregler. Oktober – 2, 2001.
- [6] Tore Kvande – Investigations of some Material Properties for Structural Analysis of LECA Masonry. Doktoravhandling 2001:9, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim 2001.
- [7] Norsk Standard NS-EN 1052 – Prøvmeter for murverk. Del 1: Bestemmelse av trykkfasthet. Del 3: Bestemmelse av skjærfasthet
- [8] Norsk Standard NS-EN 1015-11 – Prøvmeter for mørtel til murverk. Del 11: Bestemmelse av bøyestrekfasthet og trykkfasthet til herdnet mørtel. Norsk Standardiseringsforbund, 1. utg. Oslo 2000.
- [9] Tore Kvande – Branntekniske eigenskapar for tegl og lettbetong. Prosjektoppgave NTNU 1996
- [10] Leca mot brann, anvisning 1997
- [11] Leca teknisk håndbok '99

