

Litt om vintermuring

Av laboratoriesjef **SVEN D. SVENDSEN**
Norges byggforskningsinstitutt
og sivilingeniør **ALF WALDUM**

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1966

sq 693. 2 : 69.03. 324''
S
324

Litt om vintermuring

Artikkelen gjengir foredraget som lab.sjef Sven D. Svendsen holdt i Byggforskningens åpne serie på Blindern 4.—5. november 1965. Stoffet er videre supplert med nye forsøksresultater og vurderinger.

1. Hva vi vet i dag

Den situasjonen vi nå har når det gjelder arbeidskraft innenfor bygningsindustrien, er som kjent nokså betenkelig. Tilgangen på yngre folk er for liten, og gjennomsnittsalderen for dem som arbeider i bransjen, vokser fra år til år. Hvis denne utviklingen skal fortsette, — og det ser det dessverre ut til at den gjør, — kan det føre til alvorlige problemer. En økende overgang til prefabrikasjon og en enda sterkere grad av mekanisering på byggeplassen enn den vi alt har, vil nok kunne lette situasjonen, men det rydder langt fra alle vanskeligheter av veien. Vi må også finne frem til andre tiltak.

En av årsakene til rekrutteringssvikten ligger nok i det faktum at en stor del av bygningsarbeidet enda er sesongavhengig. Vinterarbeider i dette faget er ingen enkel sak når man har et såpass hardt klima som vårt. På den annen side er det klart at hvis bransjen skal kunne trekke til seg nye folk, må det kunne sikre dem jevn sysselsetting året rundt. Vi må på en eller annen måte løse problemene ved vinterbygging, finne frem til arbeidsmetoder og teknikk som egner seg for lave temperaturer.

Vintermuring er ett av de feltene vi dessverre vet alt for lite om, og det er gjort meget få systematiske undersøkelser på området. Noe finnes det imidlertid, og det er meningen her



Fig. 2. Bygging under fullt telt.

å prøve å samle en del av de erfaringer som foreligger og diskutere de forsøksresultatene som er kommet frem. La oss først se litt nærmere på det vi vet med sikkerhet:

Vi kan da med en gang slå fast at det virkelig finnes én fremgangsmåte som løser de aller fleste problemer ved muring om vinteren, — bygging under fullt telt. I Canada er denne metoden brukt en rekke steder med stort hell, og i de senere årene er den også forsøkt i de nordiske land. I Danmark er man kommet lengst på dette området (fig. 1), og der finnes det i ethvert fall ett firma som konsekvent bruker telt ved sin vinterbygging. Erfaringene har vært meget gode, også økonomisk, og det sier seg selv at arbeidsforholdene på den måten blir bedret ganske radikalt (fig. 2).

Bygging under telt egner seg aller best ved serieproduksjon av småhus, og hele teltet kan da ofte lages transportabelt ved hjelp av hjul som løper på skinner langs begge sider av bygningsrekken. Det kan også brukes telt i forbindelse med høyhus, og man heiser det da opp etter hvert som bygningen skyter i været. I mange tilfelle, og særlig ved skjelettkonstruksjoner, kan teltet forenkles til en tett dekking av veggene etasje for etasje (fig. 3). Bruker man plastfolier i telt eller avdekking, vil stråling utenfra kunne gi et kraftig varmetilskudd selv i den kaldeste vintertiden. Dette betyr



Fig. 1. Bygging under fullt telt.

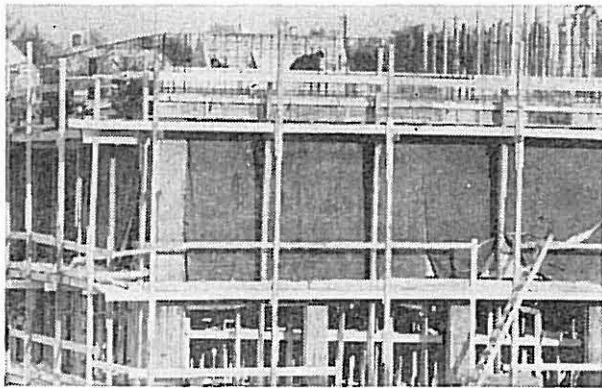


Fig. 3. Dekking av veggene etasje for etasje.

selvsagt at oppvarmingsproblemene blir ganske betydelig forenklet.

Det er to argumenter som blir brukt særlig meget mot bygging under telt. Det ene er at man vanskelig kan bruke krantransport i noen særlig grad. Ved småhus betyr ikke dette så meget, og her vil andre transportmidler, f. eks. gaffeltrucks, kunne erstatte kranene. Ved høyhus må man tilsvarende gå over til å bruke ulike heissystemer. Det andre argumentet mot fullt telt er at det betyr en alvorlig fordyring av byggearbeidet. Erfaringene fra Danmark tyder imidlertid på at dette slett ikke behøver å være riktig bestandig. I alle tilfelle har metoden så store fordeler at den i ethvert fall fortjener en meget grundig vurdering før man eventuelt forkaster den.

Slik situasjonen er i Norge i dag, må vi vel imidlertid regne med at en vesentlig del av all vintermuring i mange år fremover vil foregå uten full beskyttelse. Her er vi da straks på langt mer usikker grunn, både når det gjelder den risiko man tar og de tiltak man kan treffe for å bedre situasjonen. Vi vet imidlertid at muring ved lav temperatur slett ikke er umulig teknisk sett, det finnes tvert imot en rekke eksempler på godt murverk som er satt opp under meget harde forhold. Erfaringene tyder faktisk på at det særlig ofte går bra i riktig kaldt vær. Det er i ethvert fall et faktum at man i Nord-Sverige og Nord-Finland murer ved langt lavere temperaturer enn man våger å gjøre i mildere klimasoner.

På den annen side finnes det også mange eksempler på skader som skyldes at muringen har foregått om vinteren, og de kan da i alminnelighet føres tilbake til den ferske mørtels egenskaper.

Vanlig mørtel, særlig slik vi bruker den her i landet, har et meget stort vannoverskudd når det mures med den. Hvis temperaturen er lav og hvis dette vannet ikke forsvinner meget raskt, vil det dannes iskrystaller i de grove porene. Krystallene har ofte form som lange

parallele nåler (fig. 4), og etter som is har større volum enn vann, vil dette føre til deformasjoner og endringer i mørtelens struktur. Enkelte ganger gjør ikke dette noen skade, men ofte vil deformasjonene være årsak til at den herdnete mørtel får redusert fasthet, at den slår sprekker eller at den smuldrer fullstendig opp. Man har lenge vært klar over at dette er helt avhengig av om mørtelen er helt fersk eller om den har begynt sine herdningsprosesser idet den fryser. En myk, fersk mørtel kan tåle temmelig stor formendring uten å ta skade av det, men stiv, delvis størknet eller herdnet mørtel er meget ømfintlig overfor sprengvirkningen fra isen.

En annen viktig faktor er at bindemidlene, kalk og cement, herdner meget langsommere ved lave enn ved høye temperaturer. Kalkens karbonatisering begynner å bremses opp ganske merkbart allerede ved 5–6° C, og når temperaturen når frysepunktet stopper reaksjonen så å si helt. For cement og murcement tar det stadig lenger tid mellom blanding og størkning når temperaturen synker. Herdningen går også langsommere og langsommere og stopper antakelig helt opp ved omtrent –10° C. Dette betyr at i murverk som fryser ned mens det er helt ferskt, kommer de kjemiske reaksjonene overhodet ikke i gang. Så lenge mørtelen er frosset, har den likevel en betydelig styrke, men når den senere tiner, blir den myk igjen. I mellomtiden er kanskje bygget kommet langt på vei, og belastningene vil da lett være blitt så høye at man får store deformasjoner. Tiner veggen opp fra én side, vil dette kunne føre til at murverket kommer ut av lodd. Man kan også risikere at noe mørtel blir presset ut av fugene, og at det på den måten dannes riss mellom mørtel og murstein.

Alt dette er ting som vi har visst eller trodd rent generelt, men det er først det siste året at man til en viss grad har begynt å under-

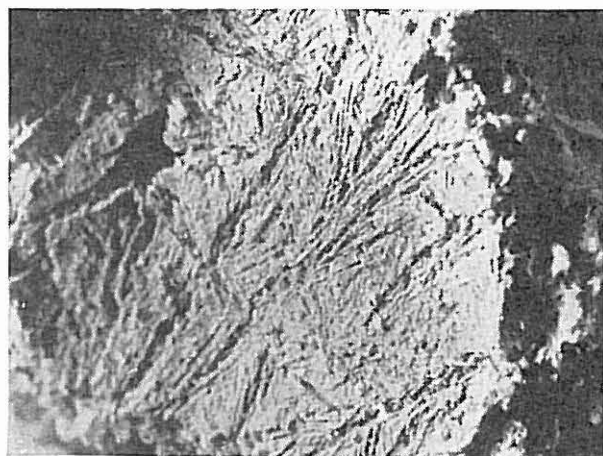


Fig. 4. Spor etter iskrystaller i mørtelen.

søke denne saken eksperimentelt. Skal vi kunne mestre vintermuring helt ut, er det jo en lang rekke detaljproblemer som først må løses og en hel rekke tallverdier og grensebetingelser som må finnes. Vi trenger blant annet å vite *hvor* fuktig og *hvor* herdnet mørtelen må være for at den skal bli alvorlig skadd ved nedfrysing. Vi må finne ut hvilken stein og mørtel som er best egnet for vinterarbeid, og om steinen bør være tørr eller våt, varm eller kald. Vi må også kjenne til hvor stor risiko det er i hvert enkelt tilfelle for farlige deformasjoner, og det er også en lang rekke andre problemer som burde løses.

2. Nyere laboratorieundersøkelser

I Finland har man nå en tid vært i gang med en større vintermuringsundersøkelse, og en del resultater er etter hvert blitt tilgjengelig. Dette gjelder først og fremst mørtelforsøk, men finnene er også i gang med å bestemme en rekke av murverkets egenskaper ved forskjellige temperatur- og herdningsforhold.

Her i Norge har siv.ing. Alf Waldum arbeidet med vintermuring som det store eksamensarbeid ved NTH, og han har senere gjort en del supplerende forsøk i samarbeid med NBI's laboratorium i Trondheim. Det er særlig disse norske undersøkelsene som vil bli beskrevet og diskutert nedenfor, men det vil også bli trukket en sammenlikning med finske resultater der slike finnes.

Den norske forsøksserien faller i to avdelinger: forsøk med murverk og forsøk med mørtel, og innenfor hver av disse avdelingene ble det gjort dels orienterende forsøk og dels hovedforsøk. Av praktiske grunner skal murverk og mørtel nedenfor behandles hver for seg.

3. Murverksforsøk

Ved murverksundersøkelser her i Norge er det vanlig å bestemme styrken ved hjelp av 1-stein x 1-stein pilarer som mures meget nøyaktig med helt fylte fuger (*fig. 5*). Fuging blir gjennomført i forbindelse med muringen. Nederte skift legges i mørtel C 100/330 på en planslipt stålplate, og både denne bunnfugen og de øvrige fuger holdes på 15 mm. Etter at pilaren er murt ferdig med i alt 12 skift, rettes toppen av den av i plan parallelt med stålplaten, og også her brukes det C 100/330. Alt i alt får pilaren en høyde på ca. 100 cm, men dette kan selvsagt variere noe med steinens brenningsgrad, altså med størrelsen på den.

Ved siden av disse store prøvestykkene blir det også alltid murt små «pilarer» av den typen man ser på *fig. 6*, og disse skal brukes til å be-

stemme heftfastheten mellom mørtel og stein. Det legges først ut en stein, og på øvre liggeflate plasseres det en strimmel av tynn gas. På gasen anbringes mørtel som ved vanlig muring og en ny stein, og det hele reguleres til en fugetykkelse på 15 mm. Hele operasjonen gjentas til man har en liten søyle med 5 fuger, og på toppen legges det så de første dagene en belastning i form av 3 teglstein. Når heftfastheten skal bestemmes, lar pilarene seg lett plukke i stykker fordi gasen hindrer mørtelen i å binde til steinen under.

Ved vintermuringsforsøkene foregikk muring og herdning i tre ulike rom. Det ene av dem var selve laboratoriesalen (S) hvor temperaturen i hele forsøksperioden lå på ca. +20° C og luftens fuktinnhold på gjennomsnittlig 30 % (med ganske store svingninger). De to øvrige rommene var store kjølerom (K1 og K2) hvor temperaturen kunne varieres innen vide grenser. I K1 ble temperaturen holdt konstant på -15°C, bortsett fra tiden under selve muringsarbeidet da den stort sett lå noen få grader høyere. Muringen foregikk i perioder på ca. 30 min., og innenfor hver periode ble det bare brukt mørtel fra en sats. Denne mørtelen sto hele tiden i kjølerommet, men da dunken var isolert med mineralull og styropor (se *fig. 5*),



Fig. 5. Muring av pilarer i kjølerom.

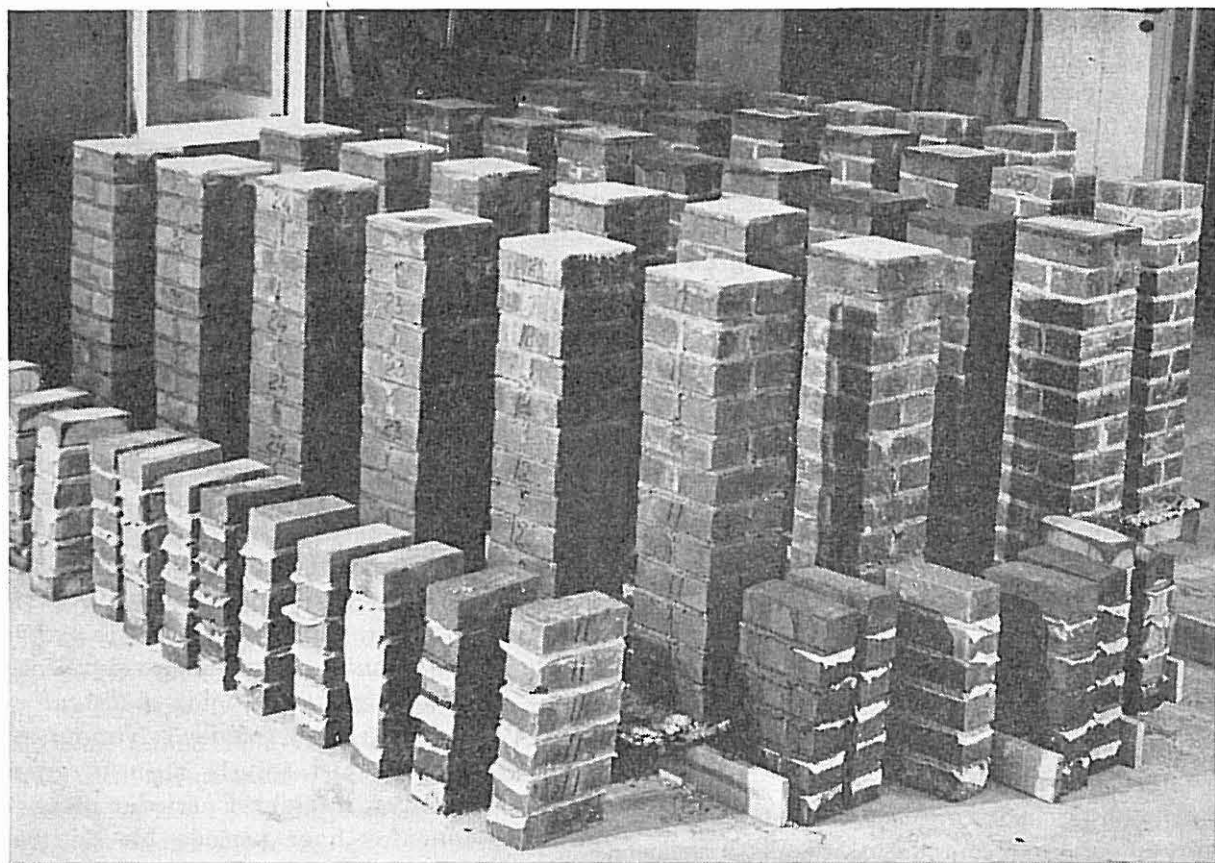


Fig. 6. Store og små pilarer for å bestemme murverkfasthet og heftfastheten mellom mørtel og stein.

holdt temperaturen seg hele tiden godt over frysepunktet. Det tredje rommet, K2, ble holdt på $+6-7^{\circ}$ C under hele muringen, og temperaturen ble deretter forholdsvis langsomt senket til -15° C. Alle prøvestykker fra kjølerommene ble til slutt flyttet ut i salen og ble lagret der i kortere eller lengre tid før prøvning. Fig. 6 gir en oversikt over samtlige store og små pilarer ved hovedforsøkene.

Ved avsluttet herdningstid ble de store pilarer kjørt til brudd i en 500^t presse av fabrikat Tonindustrie med innstilling 100^t (fig. 7). Tidligere erfaring har vist at man ved slike forsøk har forholdsvis liten nytte av å måle deformasjoner, og dette ble derfor droppet. I stedet ble

det ført en meget nøyaktig kontroll av forsøkets utvikling, og blant annet ble alle riss med tilhørende belastning notert. Pilarene ble plassert i maskinen på den bunnplate de var murt på, og en tilsvarende plate ble lagt mellom søyletopp og maskinhode.

Heftpilarene ble som nevnt delt opp i enkelte stein, og hver av disse steinene hadde da et mørtellag på sin underside. Plasseringen av gasen er foretatt ut fra den vanlige erfaringen at heft mellom stein og mørtel normalt er dårligst langs fugens overside. For forsøkene ble det først boret sirkulære spor med diameter 8 cm gjennom mørtellaget og et lite stykke inn i teglsteinen (fig. 8). Boringen ble utført med

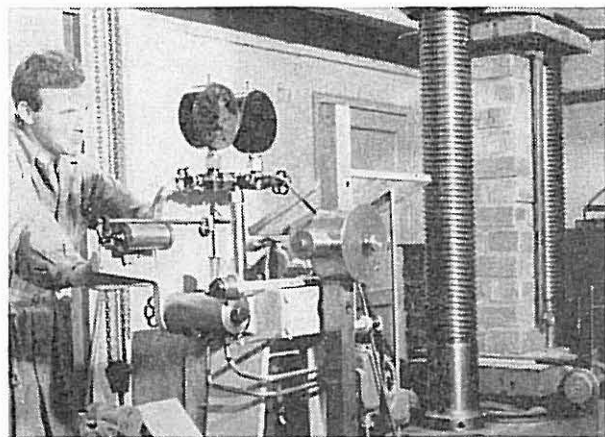


Fig. 7. Prøvning av murverkpilarer.

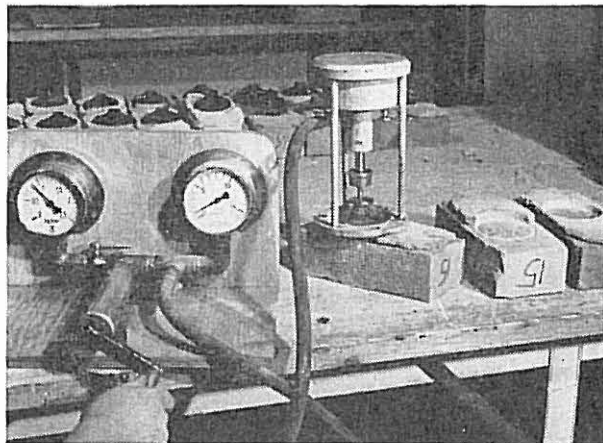


Fig. 8. Prøvning av heftfasthet.

et hardmetallbor og en langsomtgående elektrisk drill som sto fastspent i et stativ. Arbeidet ble gjort så forsiktig som overhodet mulig, men det var ikke til å unngå at mørtelen ble utsatt for ganske store påkjenninger under boringen. Enkelte prøver ble derfor revet løs, og selv om dette ikke er helt korrekt, ble de gitt heftfasthet 0.

På de uskadde prøvestykkene ble det deretter med epoxylim festet en sirkulær aluminiumsbrikke med nøyaktig samme areal som utboret flate (50 cm²). Limet fikk herdne ett døgn i vanlig laboratorieluft og hadde da høyere strekk- og heftfasthet enn alle normale kombinasjoner av mørtel og underlag. Ved prøvningen ble brikken festet til et lite hydraulisk strekkapparat og trukket løs med et rent sentrisk strekk (se fig. 8). Ved siden av strekkkraften ble det også ført nøyaktige notater om bruddets utseende, — om det var et rent heftbrudd eller om en del av eller hele bruddet gikk i mørtel eller teglstein.

De orienterende murverksforsøkene hadde som oppgave å sjekke prøvningsmetodikken og skulle samtidig gi visse indikasjoner om hvilke variable faktorer man burde bruke under hovedforsøkene. Det ble brukt to typer murstein som begge var levert av Strinden Teglverk og spesialsortert slik at de var usedvanlig ensartet. Den ene typen var en mellombrent og forholdsvis porerik fasadestein med minuttsuging ca. 25 g/dm², mens den andre var en hardbrent stein fra samme parti med minuttsuging 10 g/dm². Minuttsugingen er definert som den vannmengde en tørr stein tar opp pr. dm² når den holdes dyppet 1 cm ned i vann i ett minutt med flasken ned. Steinen ble murt tørr og var dels varm med temperatur + 20° C og + 6° C, og dels kald med temperatur - 15° C. Det ble bare brukt én mørteltype, KC 35/65, sammensatt og blandet etter reglene i NS 422A.

Forsøksresultatene skal ikke beskrives i detaljer, men noen av de viktigere opplysningene man fikk, skal nevnes. Det viste seg f. eks. at begge steintyper ga mørtelen en meget grundig avsuging i løpet av ganske kort tid, — ved mellombrent stein var denne sugingen så kraftig at det i høy grad gikk ut over heftfastheten og antakelig også influerte på murverkets styrke. De pilarene som sto i kjølerom, ble holdt nedfrosset i 21 døgn og fikk deretter herdne i salen i 7 døgn. I løpet av den første dagen i salen, tinte mørtelen, og den ble da helt myk igjen. Til tross for den korte tiden med effektiv herdning (6½ døgn) nådde de frosne pilarene, så vel fra K1 som fra K2, 75 % av murverksfastheten for de pilarer som ikke var frosset

og som var lagret 28 døgn i salen. Dette tydet på at nedfrysingen faktisk hadde gitt en betydelig økning av murverkets styrke. Det viktigste av alle resultatene var imidlertid at det ikke spilte den minste rolle verken for murverksfasthet eller heftfasthet om steinen var varm eller kald. Kald stein var også like enkel å mure med som varm når den ble brukt så tørr som under forsøkene.

Ved hovedforsøkene, som omfattet i alt 38 murverkspilarer, ble det bare brukt én steintype, — den hardbrente steinen fra de orienterende forsøkene. Sorteringen ble denne gangen foretatt enda mer omhyggelig enn første gang, og stikkprøver viste at det var en nesten utrolig overensstemmelse fra stein til stein både når det gjaldt dimensjoner, minuttsuging, romvekt og fasthet. Det ble igjen murt i de tre rom, i salen ved + 20° C, i K1 ved - 15° C og i K2 ved + 6° C, og med ett unntak holdt steinen muringsrommets temperatur. 18 av pilarene ble murt med tørr stein og 18 med stein som først var lagret ett døgn i vann og som deretter fikk dryppe av seg og tørke noen timer. De to siste pilarene ble laget av varm, våt stein i kjølerom K1. Ved disse forsøkene ble det dessuten brukt 3 ulike mørtler, KC 50/50, KC 35/65 og KC 20/80, som alle var sammensatt og blandet etter NS 422A.

Med tørr stein gikk murarbeidet også denne gangen meget lett, enten steinen var varm eller kald. Med våt stein var saken imidlertid helt annerledes. Overflaten begynte ganske raskt å

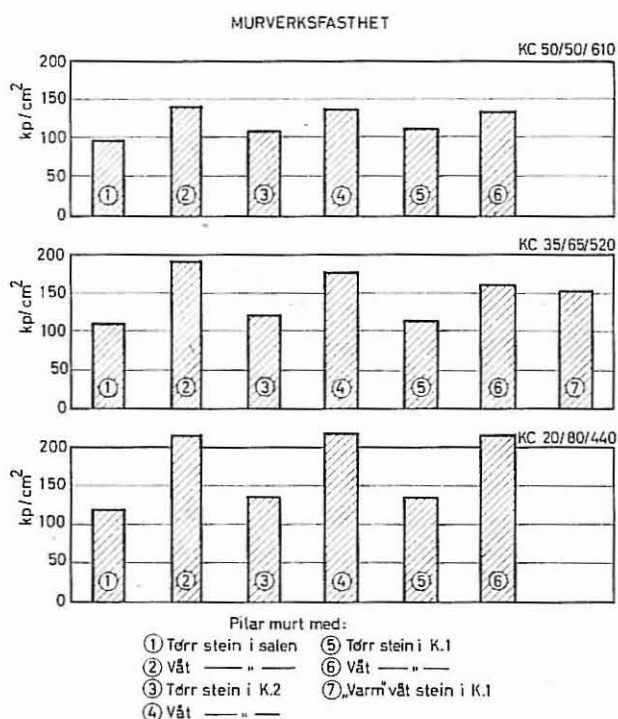


Fig. 9. Grafisk fremstilling av forsøksresultatene for murverksfasthet.

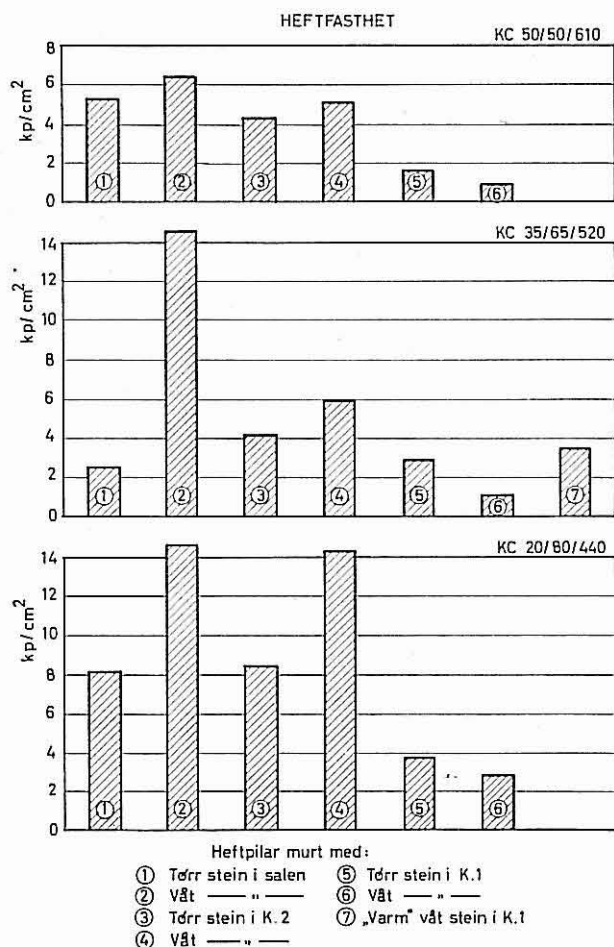


Fig. 10. Grafisk fremstilling av forsøksresultatene for heftfasthet.

skyte is, steinen «svømte» i mørtelen, og muringen tok nesten dobbelt så lang tid som med den tørre steinen. Et direkte og synlig resultat var dessuten at mørtelen til dels ble presset ut av fugene og at disse «våte» pilarene ble flere centimeter kortere enn de tørre. Ved varm, våt stein var forholdene en tanke bedre enn ved kald, våt.

Under forsøkene ble temperaturen i mørtelfugene kontrollert med termoelementer. I K1 var mørtelens muringstemperatur 9° C, og ved våt, kald stein sank den til 0 i løpet av 2½ time. Den tilsvarende tiden for tørr, kald stein var 3½ time og for varm, våt stein hele 7 timer. Forskjellen mellom den tørre og den våte, kalde steinen skyldes at våt stein har høyere varmeledningstall enn tørr. I K2 var mørteltemperaturen ved muring ca. 13° C. Her ble romtemperaturen senket forholdsvis langsomt fra +6° C til -15° C, og det tok henholdsvis 34 og 30 timer før mørtelen ved våt og tørr stein nådde frysepunktet. Her gir altså våt stein lengst tid, og årsaken er at den har høyere varmekapasitet og derfor kjøles langsommere ned.

Et konsentrat av forsøksresultatene er gitt i tabell I og II og i fig. 9 og 10. Før resultatene

kan diskuteres, er det imidlertid nødvendig å komme litt nærmere inn på et forhold som har hatt ganske stor innflytelse på hele forsøksserien. Som nevnt fikk våt stein en viss uttørking før muring, og denne uttørkingen ble hele tiden kontrollert og holdt på et konstant nivå. Dette ble delvis gjort ved at en del stein ble veiet med regelmessige mellomrom, og delvis ved at den våte steinens minuttsuging ble sjekket. Ved muringen hadde steinen bare mistet en meget liten del av sitt vanninnhold, og dens minuttsuging var fremdeles svært lav. På grunn av at resultatene virket noe uventet, ble imidlertid dette resultatet senere sjekket i detalj. Det viste seg da at denne steinen som tilsynelatende var meget lite vannsugende, likevel hadde evnen til å fjerne en stor del av mørtelens overskuddsvann etter muring. Dette skyldes selvsagt at det som først tørker, er steinens ytterste sjikt, altså de deler som har direkte kontakt med mørtelen. Det merkelige var at dette ikke ga seg utslag i minuttsuging, og man må bare slå fast at denne prøvningsmetoden tydeligvis har store svakheter. Forholdet har imidlertid ført til at mørtelen i de «våte» pilarene har vært betydelig tørrere enn opprinnelig forutsatt.

Resultatene av pilarforsøkene viser da også entydig at den våte steinen — vel å merke med en viss suging — konsekvent gir høyere murverksfasthet enn den tørre. Dette gjelder for alle mørteltyper og er helt uavhengig av herdingsmetoden. Våt, varm stein har imidlertid noe lavere fasthet enn våt, kald stein, til tross for at den var enklere og bedre å mure. Dette kan skyldes at mørtelen i dette tilfelle så vidt var begynt å størkne da den frøs og at den derfor kan ha fått en mindre skade. For den tørre steinen er murverksfastheten høyere for frossete enn for ufrossete pilarer, altså det samme resultat som ved de orienterende forsøk. Ellers er det verd å merke seg at de fasthetene som ble funnet for våt stein og KC 20/80 absolutt er de høyeste som noen gang er bestemt ved NBI's laboratorium.

Hva heftfastheten angår, er det viktigste resultatet at man får så lave verdier for våt stein i kjølerom K1. Dette må skyldes at steinen skjøt is, og man må faktisk undre seg over at dette ikke har gitt større utslag i murverksfastheten. Det mest markante trekk er ellers den voldsomme forbedringen våt stein gir for pilarene murt i salen.

Forsøksresultatene skal ellers ikke drøftes nærmere her, — de vil i stor utstrekning bli diskutert i den samlede vurderingen sist i artikkelen.

4. Mørtelforsøk

Når vi skal bestemme fastheten for en mur- eller pussmørtel, bruker vi i alle skandinaviske land den såkalte nordiske prøvningsmetoden. Tanken bak denne metoden er at mørtelen, i ethvert fall til en viss grad, skal kunne få de samme herdningsbetingelsene i laboratoriet som den har i praksis. Ettersom de fleste av våre «konvensjonelle» mørtler inneholder både kalk og cement, er dette særlig viktig. Kalk herdner, karbonatiserer, først når mørtelen er begynt å bli forholdsvis tørr mens cement krever rikelig tilgang på vann om herdningsprosessen skal bli fullstendig.

I praksis har både murverksfuger og pusssjikt en meget begrenset tykkelse. De har også i de aller fleste tilfelle kontakt med en murstein eller et underlagsmateriale som har større eller mindre sugsevne, og som derfor trekker ut en del av mørtelvatnet umiddelbart etter at mørtelen er kommet på plass. Begge disse faktorene har en sterk innflytelse på herdningsprosessene, og prøvningsmetoden forsøker da også å ta hensyn til dem begge. Prøvestykkene er gjort så tynne som det praktisk er mulig, og mens de ligger i formen, blir de utsatt for en avsuging til to av sidene.

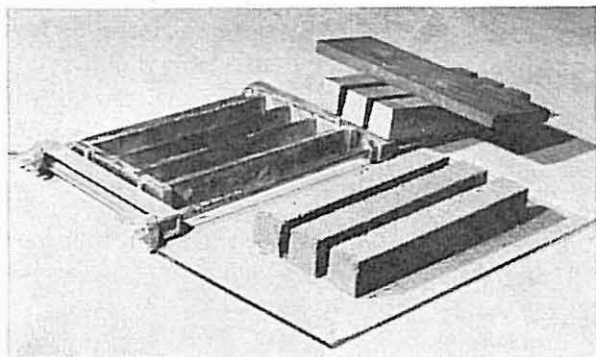


Fig. 11. Form, utstøper og prismer for bestemmelse av mørtelfasthet etter den nordiske prøvningsmetoden.

Fig. 11 viser et eksempel på nordiske mørtelprismer og støpeformer. Prismene har dimensjon 25 x 25 x 170 mm, og mens de ligger i formen, er det plassert 4 trekkpapir av en standardisert type både mot over- og undersiden av dem. Dette fører til en forholdsvis kraftig avsuging, og prismene kan derfor formes av etter forholdsvis kort tid, — i alminnelighet 2 timer. Ved avformingen bruker man gjerne en utstøper av tre (se fig.) for å unngå skader på de spinkle prøvestykkene. Etter avforming blir prismene plassert på en glassplate og lagret 7 eller 28 døgn under standardiserte betingelser. Det vanlige er at de får herdne i et rom hvor temperaturen er omtrent 20° C, og luftens rela-

tive fuktinnhold ligger på ca. 70 %. I visse tilfelle kjører man imidlertid også parallelle prøveserier hvor luften kan være enten tørrere eller fuktigere enn dette.

Det gjelder for de aller fleste byggematerialer at trykkfastheten er den styrkeegenskap som lettest lar seg bestemme. I virkeligheten er imidlertid strekkfastheten ofte en enda viktigere egenskap, og dette er noe som i høy grad gjelder for mørtler. Det er nokså innlysende at forholdet må være slik i forbindelse med puss hvor riss- og sprekkdannelse er en av de mest alminnelige skadetyper. Det er imidlertid et faktum at også murverksfastheten i første rekke blir bestemt av mørtelens og mursteinens strekkstyrke. Dette må man prøve å ta hensyn til ved mørtelforsøkene, men i praksis er det både komplisert og tidkrevende å gjennomføre rene strekkfasthetsforsøk. Derfor prøver man å komme frem til best mulige resultater ved å gå en omvei.

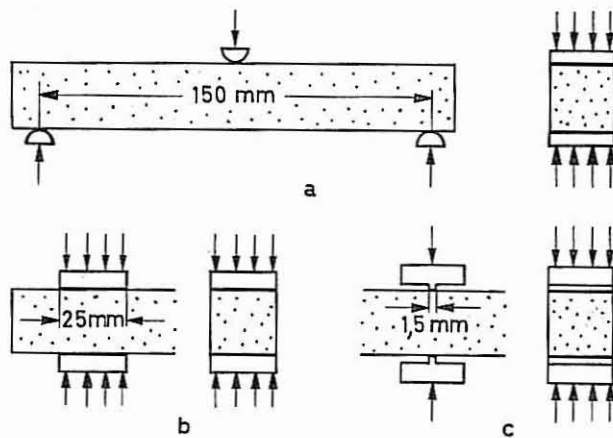


Fig. 12. Skjematiske fremstillinger av hvordan man bestemmer mørtelfastheten etter den nordiske prøvningsmetoden.

I fig. 12 er det vist skjematisk hvordan man bestemmer mørtelfastheten etter den nordiske prøvningsmetoden. Man finner først bøyestrekkestyrken ved å belaste prismet med en enkeltlast på midten og kjøre til brudd (a). Dette forsøket gir et visst uttrykk for både trykk- og strekkfasthet. Deretter blir begge prismehalvdelenene belastet ved hjelp av trykkplater med dimensjon 25 x 25 mm, og man finner trykkfastheten (b). Til slutt bestemmer man den såkalte spaltestrekkefastheten ved å «klippe» over to delbiter av det samme prismet slik det er antydnet i c. Bruddspenningen i dette siste tilfelle blir beregnet ved at man dividerer lasten med 2 x arealet av en innskrevet sirkel i prismetverrsnittet, altså med $2 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 2,5 \text{ cm}^2$. Den verdien man får på denne måten, er sannsynligvis ikke nøyaktig den samme som den rene strekkfasthet, men vi regner med at det

er et konstant forhold mellom spaltestrekkfasthet og strekkfasthet. Ettersom det ved hvert enkelt mørtelforsøk brukes 3 prizmer, får man altså 3 verdier for bøyestrekfasthet, 6 for trykkfasthet og 6 for spaltestrekkfasthet. Det er gjerne bare midlet av disse verdiene som blir oppgitt.

Ved de orienterende mørtelforsøkene ble den nordiske prøvningsmetoden fulgt, bortsett fra at de fleste av prismene ble frosset ned på samme måte som pilarene. Forsøkene viste imidlertid at denne metoden alene ikke var tilstrekkelig til å gi alle de resultater man ønsket, og at man særlig måtte ta hensyn til den vannmengde som ble avsugget og til forherdningen. Det ble derfor lagt opp en egen forsøksserie for mørtler, og denne ble gjennomført etter at pilarforsøkene var avsluttet.

Som mørtler ble brukt de samme typer som ved murverksundersøkelsene, altså KC 50/50/610, KC 35/65/520 og KC 20/80/440. Blandingen foregikk i en standardisert 4 l mikser av type Hobart, og for hver mørteltype ble det brukt en konstant vannmengde i alle satsér. Denne vannmengden ble bestemt på forhånd under de orienterende forsøkene, og den var dosert slik at alle mørtler fikk den samme konsistens, representert ved 20 Mo-slag (svensk Mo-måler). En nøyaktig måling viste at for en serie på 3 prizmer var vanninnholdet 91 g ved KC 50/50/610, 89 g ved KC 35/65/520 og 88 g ved KC 20/80/440.

Ved utstøpingen i formene ble prismene gitt 4 ulike grader av avsuging etter de metodene som er skissert i fig. 13. Metode a følger den nordiske prøvningsmetoden, bortsett fra at det bare ble brukt ett av de standardiserte trekkpapirene på hver side. Etter de for-forsøk som ble gjort, skulle mørtlenes vanntap (for 3 prizmer) ligge på ca. 15 g. Både ved denne og ved alle de øvrige metodene ble det anbrakt et lag med tynn gas direkte mot mørtelen slik at heftfastheten ble brutt. Over og under trekkpapiret var det lagt en glassplate, og hele prismeformen ble belastet med ca. 6 kg umiddelbart etter at mørtelen var stampet på plass. Metode b fulgte i alle detaljer de nordiske reglene med 4 trekkpapir på hver side, og her ble det også brukt en last på 6 kg. Metoden skulle nominelt gi et vanntap på 25 g.

Ved de to siste metodene ble trekkpapiret erstattet med teglstein, etter at det på forhånd var gjort meget omfattende for-forsøk. Ved disse forsøkene ble det gjort prøver både med ubehandlet og slipt teglstein (fig. 14), og dessuten med sagete teglsteinskiver. Den slipte steinen ga langt de beste resultatene, og det

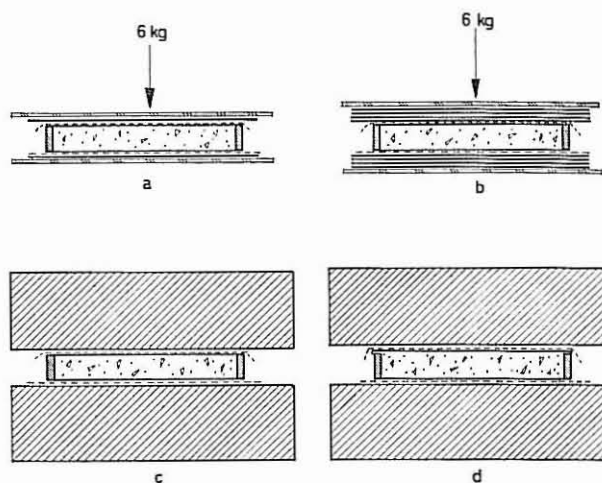


Fig. 13. Ulike metoder for avsugning av mørtelprismene i formen.

viste seg at man ved å bruke meget velsortert stein kunne oppnå nesten konstante avsugingsmengder ved en og samme mørtel. Ved å vaske og tørke teglsteinen umiddelbart etter avformingen, kunne dessuten den samme steinen brukes om og om igjen et meget stort antall ganger.

Ved metode c ble stein med gas-sjikt lagt direkte mot formkantene, og den totale avsugingsmengde skulle da være 35 g. Det ble imidlertid en del avvik fra dette tallet, sannsynligvis fordi mørtelen får et svinn under avsugingen og dermed mister en del av kontakten med

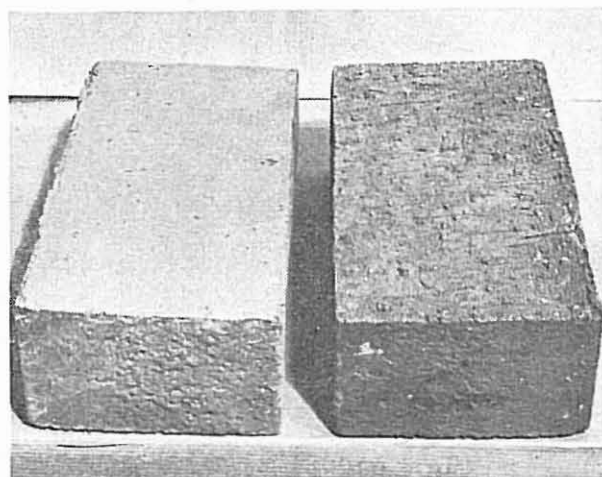


Fig. 14. Slipt og ubehandlet teglstein (for avsugning).

øvre stein. Metode d ga imidlertid meget jevne resultater. Her ble mørtelen støpt ut i formen med en konstant, liten overhøyde, og den øvre steinen ble så med et loddrett trykk presset ned i denne mørtelen. Denne metoden ga den største avsugde vannmengde, ca. 45 g.

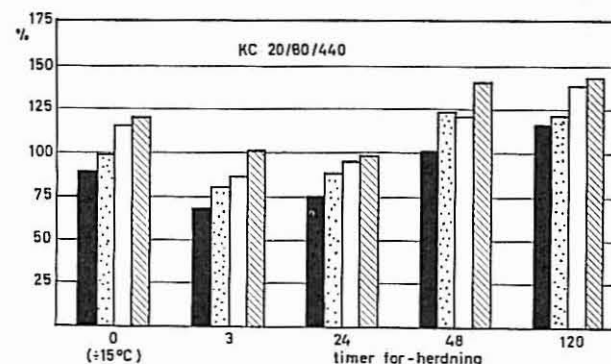
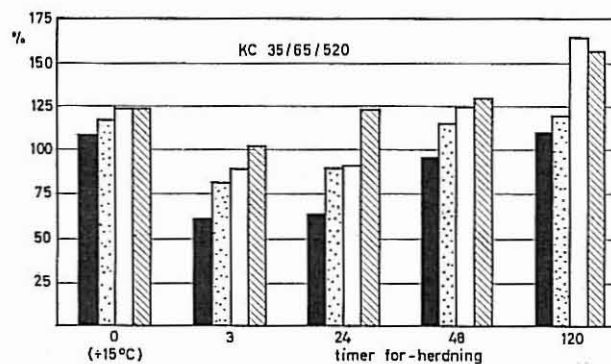
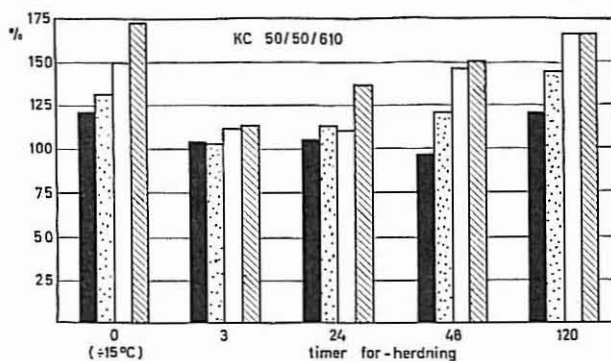
Som nevnt spiller forherdningen, og dermed også prismenes lagringstid i formen, en meget stor rolle for resultatene. Det var derfor nød-

vendig å gå til avforming så raskt som overhodet mulig, og ved å arbeide meget forsiktig, klarte man å kutte tid i formen ned til 20 minutter. Dette førte imidlertid til et par ulemper. For det første var det uunngåelig at prismene fikk en mer ujevn overflate enn vanlig og at det også forekom en god del sår. For det annet var man på denne måten avskåret fra å lage prizmer helt uten avsuging; slike prizmer lar seg nemlig ikke avforme før etter flere timer.

Med hver mørteltype og hver avsugingsmetode ble det laget i alt 6 serier, og hver av disse seriene fikk forskjellige herdningsbetingelser. Serie 1 ble etter avforming satt direkte inn i laboratoriets herderom ved $t = 22^{\circ}\text{C}$ og $\text{RF} = 70\%$, og ble lagret der i 28 døgner før prøvning. Serie 2 gikk direkte inn i -15°C , stod der i 6 døgner og fikk deretter 28 døgners herdning i herderommet. Seriene 3–6 fikk en forherdning ved $+6^{\circ}\text{C}$ (i kjølerom K2) på henholdsvis 2, 24, 48 og 120 timer, og temperaturen ble deretter senket forholdsvis langsomt til -15°C . Etter 6 døgners lagring ved denne temperaturen, ble også disse seriene flyttet over til herderommet og fikk der 28 døgners etterherdning. Til slutt ble samtlige prizmer prøvet på trykk, bøyestrek og spaltestrek. Resultatene som gjennomsnitt av 3 prizmer, er samlet i tabell III.

Tabellen viser ganske klare og konsekvente resultater hva trykkfastheten angår. Både bøyestrek- og spaltestrekfastheten har nøyaktig de samme tendensene, men her er det atskillig flere og større avvik. Årsaken til dette er ganske sikkert de sårene og ujevnhetene man fikk ved den tidlige avformingen. Slike små overflateskader spiller svært liten rolle ved trykkforsøk, men de vil kunne gi store utslag på prismenes strekkfasthet. Den videre behandling av tallverdiene er derfor konsentrert om trykkfastheten.

Fig. 15 viser i diagramform hvordan trykkfastheten varierer med mørtelens sammensetning, avsuging, forherdning og nedfrysing. Alle verdier er regnet ut i prosent av fastheten for de prismene som overhodet ikke hadde noen nedfrysing. Diagrammet viser ganske mange interessante detaljer. For den mest kalkrike av mørtlene har nedfrysing nesten uten unntak ført til en økning av fastheten. Dette gjelder for alle typer av forherdning og grader av avsuging, men er aller mest markert for de tørreste mørtlene som ble satt direkte i fryserom eller fikk særlig lang forherdning ved $+6^{\circ}\text{C}$. Disse mørtlene har fått maksimalverdier som ligger nesten dobbelt så høyt som det man oppnår med «normal», frostfri herdning. De laveste



- avsuging med 1 trekkpapir
- ▤ " " 4 " " "
- " " stein u/overhøyde
- ▨ " " m/ " " "

Fig. 15. Mørtelens trykkfasthet i prosent. 100 % angir fastheten for mørtler som utelukkende er lagret i normalt herderom.

verdiene får man ved liten avsuging og kort eller mellomlang herdningstid.

Ved de mer cementrike mørtlene er bildet noe endret. Her er det først og fremst den lange forherdningstiden som fører til positive utslag, og det er tydelig at mørtlene da oppnår så stor utgangsfasthet at de ikke lenger lar seg skade av en kraftig nedfrysing. Ved våte mørtler og

kort forherdning har imidlertid frostpåkjenningene en tydelig negativ virkning, og man har resultater som går ned mot halvparten av «normal» fasthet. Ved direkte nedfrysing er det særlig de tørre mørtlene som får et tilskudd til sin styrke, — den våteste mørtelen i blandingsforhold KC 20/80 blir derimot svakere.

Fig. 16 gir kanskje et enda bedre helhetsinntrykk av forsøksresultatene. Her har man regnet ut virkelig vanninnhold etter avsuging i hvert eneste prismesett og beregnet vann-cementforholdet; man har altså i denne forbindelse sett bort fra kalk-andelen. Trykkfastheten i kp/cm^2 for de enkelte serier er så plottet inn i direkte avhengighet av v/c-forholdet. Det fremgår av kurvene at mørtlene som ble «normalherdnet», faktisk er uavhengig av vanninnholdet ved herdningens begynnelse, mens alle de andre seriene viser en klar økning ved synkende v/c. Dette presiserer kanskje mer enn noe annet hvor viktig det er at mørtler ved vintermuring bør kombineres med en sugende stein. Kurvene blir steilere jo mer cementrik mørtelen er, og særlig ved KC 20/80 savner man sterkt verdier for en mørtel som i det hele tatt ikke har fått noen avsuging. En slik mørtel ville ha hatt et v/c-forhold på ca. 1,0, og det er liten tvil om at den ville ha fått en meget lav fasthet.

Sammenlikner man finske og norske mørtelforsøk, finner man en klar overensstemmelse når det gjelder mørtler satt direkte i fryserom. For forherdete mørtler fant imidlertid finnene ingen fasthetsøkning, men derimot stort sett en reduksjon. Dette kan skyldes flere årsaker. For det første ble det i Finland bare brukt kort forherdningstid, opp til 24 timer, altså tidsrom som har gitt forholdsvis dårlige resultater også ved de norske forsøkene. For det annet var de finske prismene under forherdning og frysing pakket inn i plast slik at de overhodet ikke hadde noe tap av fukt i denne tiden. De norske prismene lå i forholdsvis store bokser forsynt med lokk, og målinger viste at RF omkring dem lå på ca. 70%. Disse prøvestykkene har altså hatt en viss sjanse til å tørke noe ut under forherdningen, og dette kan selvsagt ha hatt en gunstig virkning på resultatene. Det er vanskelig å si hvilken av disse metodene som ligger nærmest opp til forholdene i praksis, — det vil jo i høy grad avhenge av de uttørkingsmuligheter murverket har den aller første tiden etter muring.

I Finland har man prøvet å finne frem til en forklaring på den økning man kan få i trykk-

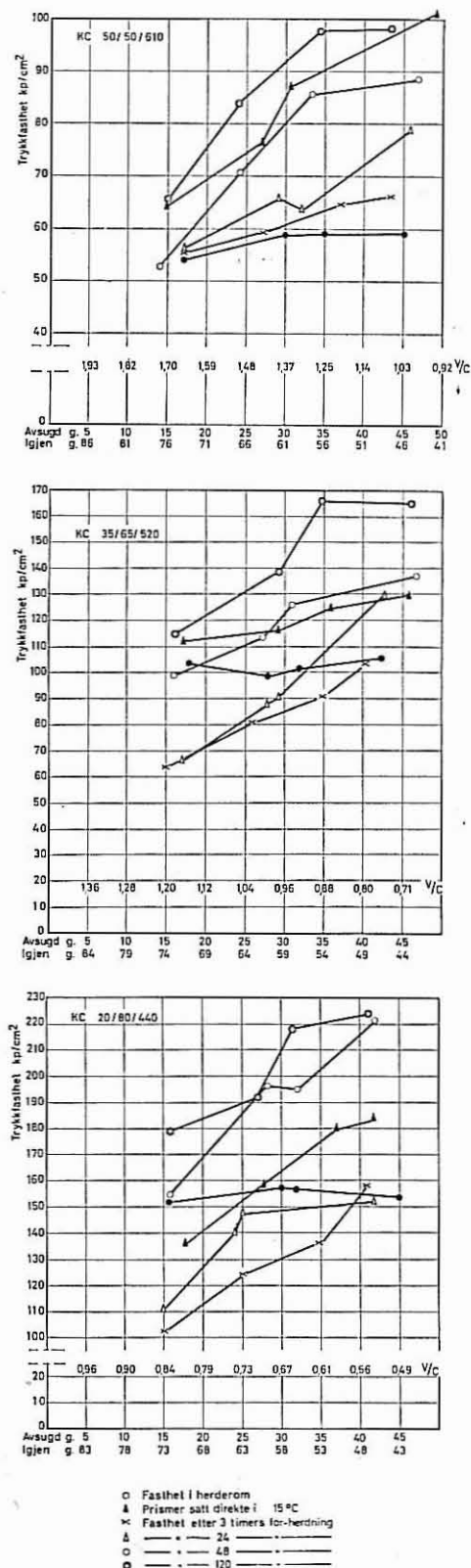


Fig. 16. Mørtlenes trykkfasthet i avhengighet av deres v/c-forhold etter avsuging.

fastheten ved nedfrysing. Det er påvist at mørtlene under frysing får en endring i sine porer, både når det gjelder størrelse og fordeling. Dette er særlig utpreget ved meget ferske mørtler og kan uten tvil spille en stor rolle for den endelige fasthet.

5. Vurdering av resultatene

Det er fristende til slutt å spørre seg selv: Har disse forsøkene i Finland og Norge virkelig ført til noen avklaring eller noen nye synspunkter når det gjelder problemene ved vintermuring uten beskyttelse? Til dette må man svare både ja og nei. På den ene siden er det fremdeles en rekke spørsmål som det ikke er gitt noe som helst svar på. Dette gjelder først og fremst forholdene ved belastet murverk, altså de deformasjoner man kan få ved ulike forhold. På den annen side har man fått bekrefteelse på en god del av det man visste eller trodde på forhånd, og dessuten er det kommet frem enkelte opplysninger som står mer eller mindre i strid med vanlig oppfatning. Det skal til slutt i denne artikkelen bli gjort et forsøk på å summere opp de rent praktiske resultater som man med større eller mindre sikkerhet kan trekke ut av forsøkene:

For det første ser det ut til at vintermuring rent generelt er atskillig mindre risikobeton enn de fleste har trodd. Dette er spesielt tilfelle om man arbeider med murstein som har en viss, minste sugsevne. Vi vet ikke akkurat hvor stor denne sugsevnen må være, men alt tyder på at den kan være forholdsvis moderat, og det er også tilstrekkelig at de *ytte* sjikt av steinen suger. Men vi må samtidig være klar over at den steinen som ble brukt under forsøkene, var av en type med et forholdsvis lite antall sugende porer. En stein med meget sterk sugsevne vil — ved vintermuring som ved sommermuring — kunne redusere mørtelens vanninnhold så sterkt at det går ut over heftfasthet og murverksfasthet.

Har steinen en passende sugsevne, kan man mure med den uansett temperatur og faktisk også uansett temperaturvariasjoner. Betingelsen er bare at mørtelen er varm nok og at den under hele muringsarbeidet ligger godt over frysepunktet. Det ser også ut til at det i et slikt tilfelle er nokså likegyldig om man murer med kald eller varm stein, selv om det nok kan forekomme tilfelle hvor den varme steinen vil kunne fremskynde forherdningen og øke startfastheten. Dette gjelder spesielt i perioder hvor man har noen få plussgrader om dagen og kraftig nattefrost. Murer man under slike forhold, — altså med en sugende stein, varm eller kald, kan man vente at murverksfastheten etter hvert blir minst like god som ved sommermuring og antakelig en god del høyere. Dette henger sannsynlig sammen både med endringen i porestruktur og med en langsommere

uttørking og mer fullstendig herdning av murmørtelen.

Det står allikevel ett problem igjen ved muring med sugende stein: Deformasjonene. Vi vet imidlertid at mørtel som har mistet bort imot halvparten av sitt opprinnelige vanninnhold, vil ha en viss fasthet selv om herdningen enda ikke er kommet i gang. Dette skulle være tilstrekkelig ved små belastninger, men sikkert ikke ved virkelig høyt belastet murverk. Det vil være en fordel om man bruker en mørtel med høyt cementinnhold, fortrinnsvis KC 20/80 eller en tilsvarende murcementmørtel. Slike mørtler har raskere fasthetsøkning og bedre herdningsmuligheter ved lave temperaturer enn mer kalkrike mørtler.

Jo mindre steinen suger, desto mer øker risikoen for rene frostskafer. Kan man være helt sikker på at murverket får en flere dager lang forherdning ved temperatur godt over 0° C før det fryser, er man antakelig berget også i dette tilfellet. Man kan da regne med høy murverksfasthet og god heft mellom stein og mørtel, og i slike tilfelle vil det sjelden være noen særlig fare for deformasjonsskafer.

Murer man i virkelig kaldt vær og med stein som suger lite eller ingen ting, vil murarbeidet i seg selv gå atskillig tregere og være betydelig mer brysomt. Risikoen for at det skal komme ubehagelige deformasjoner når murverket tiner, er temmelig stor, men på den annen side kan man regne med at fastheten også i dette tilfellet vil bli høy når mørtelen omsider herdner. Dette er vel en av årsakene til at man så ofte har hatt gode resultater i riktig kaldt, stabilt vinterklima, og her kommer nok endringer i mørtelens porestruktur særlig sterkt inn i bildet.

Verst er antakelig forholdene når temperaturvariasjonene er store og går meget raskt. Bruker man i et slikt tilfelle stein med liten sugsevne, kan man lett få frostskafer i mørtelen. Varm stein kan i denne forbindelse øke risikoen fordi den øker forherdningens lengde.

Det er fristende å avslutte oppsummeringen med et resultat som ikke har noe med vintermuring å gjøre: De murverksforsøkene som er referert tidligere viste med all ønskelig tydelighet at under vanlige forhold, altså i sommerhalvåret, vil fuktet stein kunne gi et murverk med en overlegen fasthet og tetthet. Dette er kanskje en metode som er for komplisert til å kunne gjennomføres i vanlig praksis, men det kan være nyttig å ha dette forholdet klart for seg. Den ekstra fastheten og tettheten kan komme godt med i spesialtilfelle hvor kravene til murverket er ekstraordinært høye.

Tabell I. Trykkforsøk med pilarer
Mørtel 1, KC 50/50/610

Pilar nr.	Murt i	Stein	Bruddlast t	Middel t	Bruddfasthet kp/cm ²	Risslast/Bruddlast
1 2	S	t	52.7 54.1	53.4	98.8	0.57 0.53
3 4	S	v	74.3 79.0	76.6	142.1	0.79 0.73
5 6	K2	t	57.6 54.4	56.0	103.2	0.59 0.56
7 8	K2	v	71.1 75.0	73.1	135.1	0.65 0.72
9 10	K1	t	58.6 61.8	60.2	111.3	0.64 0.63
11 12	K1	v	74.3 79.0	73.5	136.1	0.70 0.73

Mørtel 2, KC 35/65/520

13 14	S	t	60.0 59.7	59.9	110.9	0.55 0.62
15 16	S	v	112.2 93.2	102.7	190.6	0.87 0.91
17 18	K2	t	65.4 67.1	66.3	122.6	0.63 0.60
19 20	K2	v	98.6 95.4	97.0	179.5	0.77 0.87
21 22	K1	t	59.7 66.5	63.1	116.5	0.57 0.63
23 24	K1	v	85.5 81.9	83.7	154.6	0.79 0.70
25 26	K1	vv	80.4 86.0	83.2	154.1	0.81 0.69

Mørtel 3, KC 20/80/440

27 28	S	t	69.3 70.0	69.7	129.2	0.72 0.70
29 30	S	v	124.2 104.8	114.5	212.7	0.89 0.90
31 32	K2	t	79.0 70.7	74.9	138.5	0.78 0.62
33 34	K2	v	122.5 113.9	118.2	219.0	0.87 0.72
35 36	K1	t	69.8 80.1	74.5	137.9	0.64 0.85
37 38	K1	v	117.4 115.6	116.5	215.6	0.82 0.90

S = Salen, t = tørr stein, v = våt stein, vv = «varm» våt stein.

Tabell II. Mørtlenes heftfasthet

Mørtel 1, KC 50/50/610

Heftpilar	Murt i	Stein	Heftfasthet kp/cm ²		Bruddtyper
			Middel	«Range»	
1	S	t	5.15	2.6—8.9	B og mørteltopper
2	S	v	6.30	5.5—6.4	B
3	K2	t	4.20	2.6—6.0	C og mørteltopper
4	K2	v	5.00	3.0—7.0	B og mørteltopper
5	K1	t	1.55	1.0—2.0	C
6	K1	v	0.85	0—2.1	C, 2/5 under boring

Mørtel 2, KC 35/65/520

7	S	t	2.45	2.0— 4.4	C og mørteltopper
8	S	v	14.40	13.5—15.8	4/5 B, 1/5 A
9	K2	t	4.20	2.4— 7.7	C
10	K2	v	5.85	4.5— 7.2	Mørteltopper
11	K1	t	2.90	2.0— 4.7	C og mørteltopper
12	K1	v	1.05	0— 3.0	C
13	K1	vv	3.45	1.9— 4.3	C

Mørtel 3, KC 20/80/440

14	S	t	8.10	5.3—11.3	C og mørteltopper
15	S	v	14.60	12.3—16.5	1/5 A og mørteltopper
16	K2	t	8.30	4.7— 9.6	C og mørteltopper
17	K2	v	1.35	10.7—16.8	Mørteltopper
18	K1	t	3.65	2.5— 7.2	C
19	K1	v	2.90	2.5— 3.8	C

A: Brudd i teglstein

B: Brudd i murmørtel

C: Rent heftbrudd mellom mørtel og stein

**Tabell III. Fasthetsforsøk med mørtler
Mørtel KC 50/50/610**

Avsuging	120t f.h.	48t f.h.	24t f.h.	3t f.h.	Direkte i ÷ 15°C	Diff.rom.
Bøyestrekfasthet						
1 trekkpapir	21,4 (15)	23,8 (14)	18,9 (17)	13,4 (17)	11,5 (15)	16,4 (17)
4 trekkpapir	23,8 (26)	22,5 (24)	23,3 (29)	23,7 (27)	22,0 (27)	21,4 (30)
Stein u.o.høyde	25,4 (35)	24,9 (33)	20,1 (32)	25,5 (37)	13,9 (31)	21,4 (35)
Stein m.o.høyde	27,6 (45)	23,0 (51)	20,2 (50)	22,2 (47)	30,1 (53)	12,3 (49)
Spaltestrekfasthet						
1 trekkpapir	9,5 (15)	8,2 (14)	5,5 (17)	6,0 (17)	5,3 (15)	7,2 (17)
4 trekkpapir	11,3 (26)	10,7 (24)	9,0 (29)	7,3 (27)	9,7 (27)	7,5 (30)
Stein u.o.høyde	11,0 (35)	9,3 (33)	10,2 (32)	9,5 (37)	10,4 (31)	7,4 (35)
Stein m.o.høyde	13,1 (45)	10,4 (51)	10,9 (50)	9,9 (47)	11,9 (53)	6,5 (49)
Trykkfasthet						
1 trekkpapir	65,5 (15)	52,6 (14)	57,0 (17)	56,0 (17)	65,1 (15)	54,1 (17)
4 trekkpapir	84,5 (26)	70,5 (24)	65,8 (29)	59,2 (27)	76,9 (27)	58,1 (30)
Stein u.o.høyde	97,7 (35)	85,9 (33)	63,5 (32)	64,5 (37)	87,5 (31)	58,3 (35)
Stein m.o.høyde	97,9 (45)	88,2 (51)	79,2 (50)	66,1 (47)	101,3 (53)	58,4 (49)

Mørtel KC 35/65/520

Bøyestrekfasthet

1 trekkpapir	32,0 (16)	31,1 (16)	26,5 (17)	18,5 (15)	29,9 (17)	29,9 (18)
4 trekkpapir	36,0 (29)	29,2 (27)	22,9 (28)	31,4 (26)	31,8 (29)	28,2 (28)
Stein u.o.høyde	39,7 (33)	34,5 (31)	30,1 (29)	27,9 (35)	33,0 (36)	23,9 (32)
Stein m.o.høyde	36,1 (50)	34,8 (51)	34,5 (46)	32,5 (44)	32,3 (50)	35,3 (46)
Spaltestrekfasthet						
1 trekkpapir	19,2 (16)	14,7 (16)	10,2 (17)	9,3 (15)	10,8 (17)	8,8 (18)
4 trekkpapir	18,0 (29)	14,6 (27)	9,1 (28)	13,6 (26)	14,8 (29)	13,0 (28)
Stein u.o.høyde	17,3 (33)	17,2 (31)	11,4 (29)	15,3 (35)	16,6 (36)	12,6 (32)
Stein m.o.høyde	22,7 (50)	18,3 (51)	17,3 (46)	17,5 (44)	16,2 (50)	16,6 (46)

Avsuging	120t f.h.	48t f.h.	24t f.h.	3t f.h.	Direkte i ÷ 15°C	Diff.rom.
Trykkfasthet						
1 trekkpapir	115,0 (16)	99,7 (16)	66,1 (17)	64,5 (15)	111,7 (17)	103,7 (18)
4 trekkpapir	139,3 (29)	114,2 (27)	88,8 (28)	81,3 (26)	116,0 (29)	98,7 (28)
Stein u.o.høyde	165,9 (33)	126,0 (31)	91,4 (29)	90,1 (35)	125,0 (36)	101,3 (32)
Stein m.o.høyde	165,0 (50)	136,8 (51)	130,4 (46)	103,9 (44)	131,2 (50)	105,7 (46)

Mørtel KC 20/80/440

Bøyestrekfasthet

1 trekkpapir	41,0 (16)	39,0 (16)	36,0 (15)	37,2 (15)	36,7 (18)	33,6 (16)
4 trekkpapir	40,3 (27)	40,9 (28)	37,6 (24)	38,0 (25)	40,6 (28)	43,0 (30)
Stein u.o.høyde	44,3 (31)	48,4 (32)	34,0 (25)	30,7 (35)	47,8 (37)	43,7 (32)
Stein m.o.høyde	45,9 (44)	41,8 (45)	36,5 (45)	35,0 (44)	39,7 (45)	45,9 (50)

Spaltestrekfasthet

1 trekkpapir	17,4 (16)	17,8 (16)	16,8 (15)	11,3 (15)	18,5 (18)	16,3 (16)
4 trekkpapir	23,1 (27)	26,0 (28)	19,1 (24)	13,4 (25)	17,8 (28)	20,3 (30)
Stein u.o.høyde	25,6 (31)	24,2 (32)	19,0 (25)	21,8 (35)	22,7 (37)	24,4 (32)
Stein m.o.høyde	23,7 (44)	26,5 (45)	21,1 (45)	19,1 (44)	24,7 (45)	21,5 (50)

Trykkfasthet

1 trekkpapir	179,5 (16)	155,0 (16)	110,6 (15)	102,0 (15)	136,0 (18)	153,2 (16)
4 trekkpapir	192,0 (27)	196,0 (28)	140,0 (24)	124,5 (25)	156,8 (28)	157,8 (30)
Stein u.o.høyde	219,0 (31)	195,0 (32)	148,0 (25)	135,8 (35)	180,0 (37)	156,0 (32)
Stein m.o.høyde	224,0 (44)	221,0 (45)	152,0 (45)	157,2 (44)	184,0 (45)	154,5 (50)

Tallene i parentes angir hvor meget vann det er suget bort fra hvert sett på 3 prøver.

