

TEGEL

ORGAN FÖR SVERIGES TEGELINDUSTRIFÖRENING

Redaktionskommitté: Kapten H. STRÖM - Civilingenjör E. FALKE - Ingenjör K. WRÅKE

Redaktör och ansvarig utgivare: Civilingenjör R. ELGENSTIERNA

Redaktionsombud: Ingenjör S. HENNINGSSON, Heby - Civilingenjör H. SCHLYTER, Göteborg
Ingenjör K. WRÅKE, Malmö - Ingenjör S. ÅLANDER, Sundsvall

Redaktion och expedition: ENGELBREKTSGATAN 29, STOCKHOLM, Tel. 10 80 51

Eftertryck utan skriftligt tillstånd förbjudet. Copyright. — Tryckeri AB Thule, Stockholm 1952

Nr 4 — 1952

ÄRGÅNG 42

INNEHÅLL

Tegelbebyggelse i Finntorp

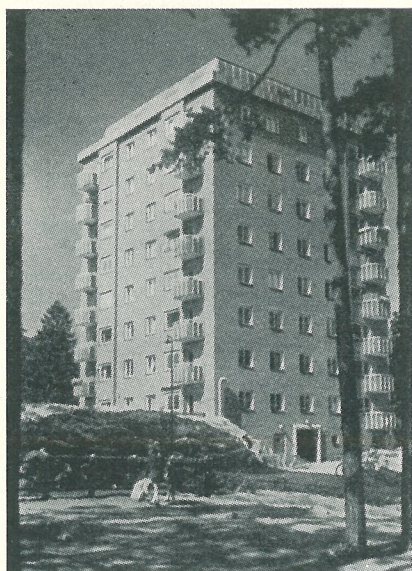
Carl-Evin Sandberg

Ett nytt bostadsområde
i Nacka presenteras

Teglets frostbeständighet

Orvar Carlsson

Redogörelse för provningar av olika
faktorerers inverkan på teglets frostbe-
ständighet samt diskussion av olika
provningmetoder



På omslaget punkthus i Finntorp

J kallt och fuktigt klimat är frosten en av de huvudsakliga orsakerna till att porösa byggnads-material kunna förstöras. Eftersom skadorna framträder långsamt är problemet att kunna skilja mellan mer eller mindre frostbeständiga material lika svårt som det är viktigt. Svårigheten har länge varit känd. Vitruvius t. ex. var mycket väl medveten om, att tegel måste tillverkas av bra lera och vara väl bränt, om det inte skulle förstöras av frosten. Han visste även, att det enda säkra sättet att urskilja ett frostbeständigt tegel var att prova det i praktiken.

Den största svårigheten när det gäller att fastställa frostbeständigheten är, att den inte endast beror på det använda materialet utan även på de påfrestningar, som det utsättes för. I vårt vidsträckta land varierar de klimatiska påfrestningarna, men som regel gäller, att materialet måste vara i hög grad vattenmättat, när frosten inträder, för att det skall frysa sönder.

Detta mycket aktuella problem har ännu ej fått sin lösning, trots att forskare från hela världen under många år sysslat med det. I detta nummer framlägger tekn. lic. Orvar Carlsson en del resultat från sina forskningar vid Institutionen för Silikatkemisk Forskning vid Chalmers Tekniska Högskola.



TEGELBEBYGGELSE I FINNTORP

Arkitekt SAR Carl-Evin Sandberg

Enligt generalplanen för Nacka avses det så kallade Sicklaområdet genom nybebyggelse bli den verkliga kärnan i staden. Sicklaområdet, beläget norr om nuvarande Värmdövägen, sträcker sig från gränsen mot Stockholm, vid Henriksdal, och ut till Skurusundet. Ny utfartsväg från Stockholm, ledande till Värmdön och skärgårdsområdena, är planerad att sträckas norr om bebyggelseområdet. Den nuvarande Värmdövägen blir då endast huvudväg inom Nacka. Det räknas med en slutlig befolkning av ca 40 000 personer för hela Sicklaområdet.

Den del av Sicklaområdet, som jag med denna artikel skall beröra, är Finntorpsbebyggelsen. Finntorpsområdet är beläget väst och nordväst om Nacka kyrka mellan nuvarande Värmdövägen och den planerade nya utfartsvägen och beräknas få ett invånareantal om ca 3 000 personer. Stadsplanen för området är upprättad av stadsarkitekten i Nacka, Tor Boije. Bebyggelsen är utformad med olika byggnadstyper anpassad till den bergiga terrängen och utgöres av radhus och trevånings lamellhus samt innanför denna rundbebyggelse punkthus i 7—9 våningar. I bebyggelsens tyngdpunkt och på en av de få punkter, där terrängen är tämligen jämn har förlagts en mindre torgbildning. Byggnaderna i detta lokalcentrum, förutom bostäder, för området erforderliga butiker, filialer för post och stadsbibliotek, tand-

poliklinik, barnträdgård, restaurang samt en byggnad rymmande samlingshall och biograf.

Av hela Finntorpsområdets planerade bebyggelse har nu ungefär två tredjedelar uppförts. I områdets östra delar är Nacka Bostäder byggherre. För den övriga bebyggelsen, huvudområdet, för vilken undertecknad varit arkitekt stod AB Förenade Bostadsproducenter som byggherre med uppförande i egen regi. Sedermera har efter färdigställd "1:a etapp" av bebyggelsen denna försålts till ny byggherre nämligen HSB-föreningen i Nacka och gällande samtliga byggnader utom de 14 radhusvillorna, vilka sålts till olika privatpersoner.

"1:a etappen" av denna bebyggelse är nu som sagt i stort sett genomförd och omfattar 4 st punkthus om 8 à 9 våningar, 2 radhuslängor samt största delen av torgbildningen. Under torgytorna är utförd ett garage med verkstad för 300 bilar.

Ursprungligen var planerat en för hela Finntorpsområdet gemensam panncentral och tvättanläggning. Detta har av olika skäl frångåtts, och för den här aktuella bebyggelsen omfattande närmare ett tjugotal byggnader är en särskild panncentral och tvättanläggning uppförd i anslutning till ett av punkthusen. Dessutom har även radhuslängorna en egen gemensam panncentral uppförd i omedelbar anslutning till ett av radhusen.

Ovannämnda radhuslängor, omfattande 14 st

*T. v. Vy över torget mot punkthusen.
Under torget garage och verkstad
för 300 bilar*

*Några av de 14 färdigställda rad-
husvillorna i fågelperspektiv*



4 punkthus äro hittills uppförda



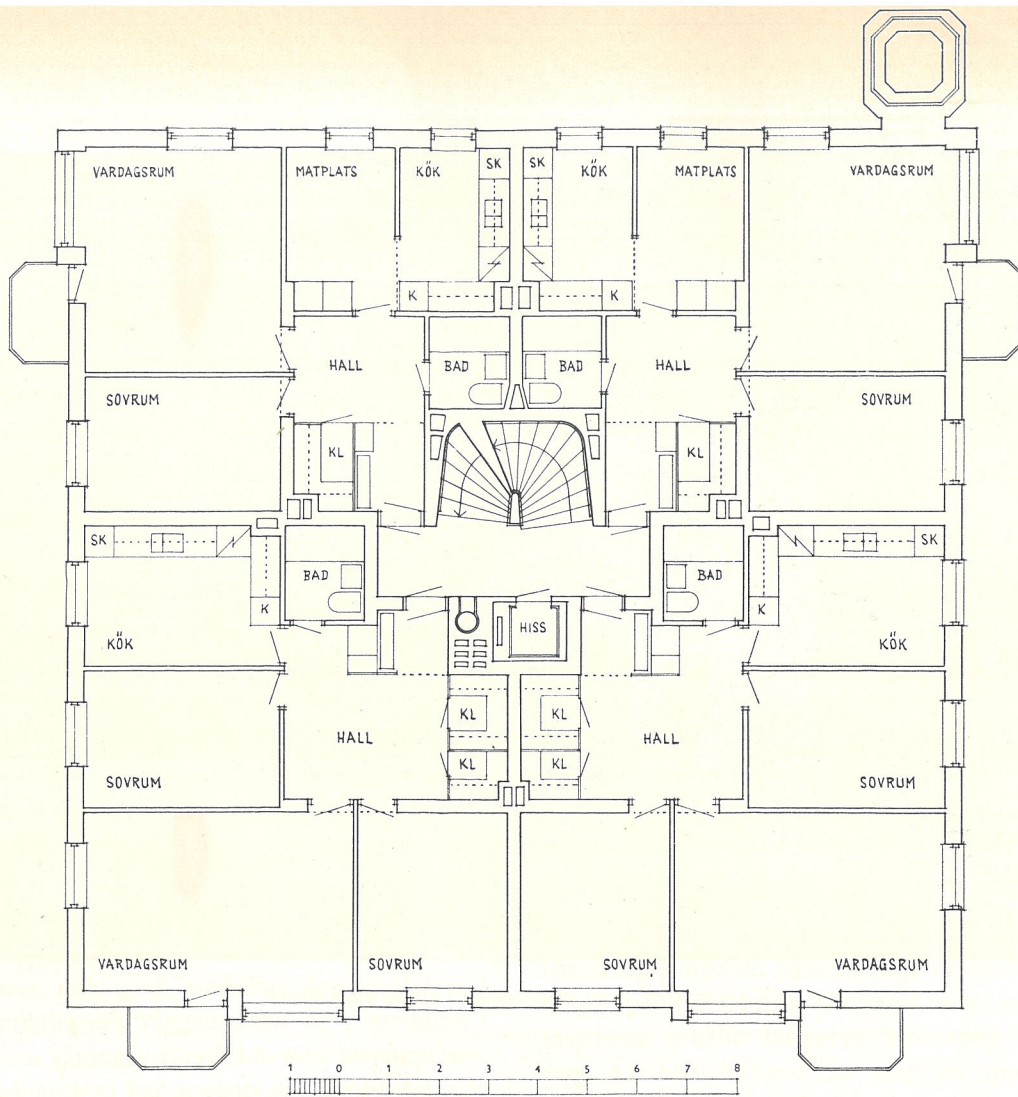
S

Nya utfartsvägen

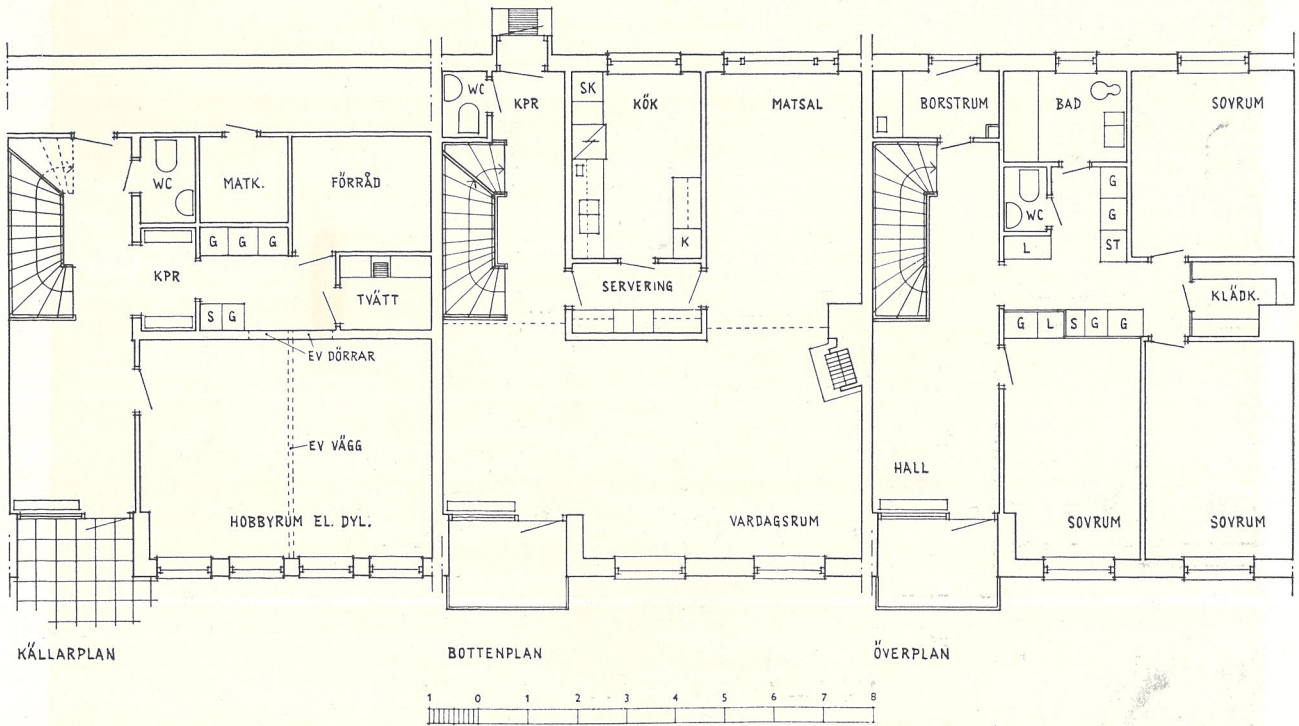
G:la Värmdövägen

FÖRSLAG TILL STADSPLAN
övert
FINNTORP (västra del.)
NACKA





Våningsplan till det punkthus med vilket panncentralens skorsten hopmurats



Radhusvillornas tre våningsplaner



"Cosy corner" från etagevåning i ett av punkthusen



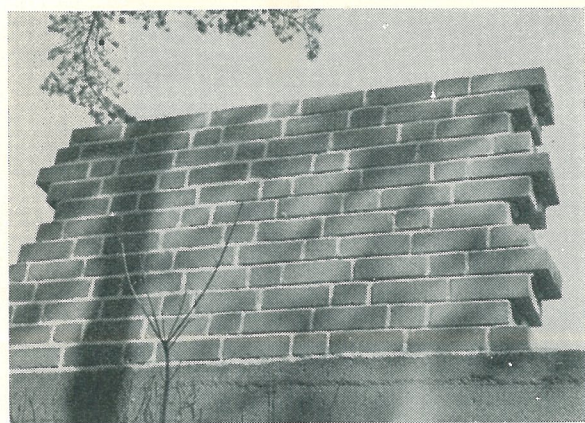
Ett blickfång från vardagsrummet i en av radhusvillorna



*Panncentralens skorsten ansluten till ett av höghusen
T. h. Sektioner genom pannskorsten*

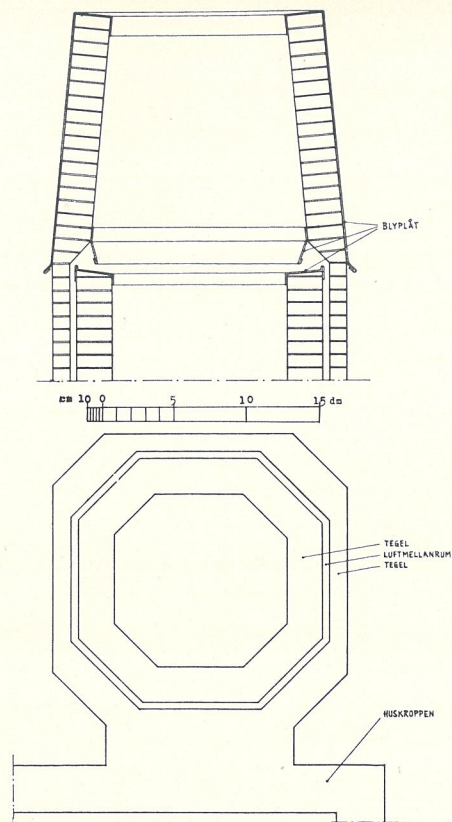
villaenheter, och 4 st punkthus äro uppförda i tegel. Punkthusens väggstommar är i huvudsak i tegel i vissa våningar förstärkta med betongpelare. Till fasadmurarna har använts månghålstegel, v.v. 1,6/1,2, från Sundsviks Bruk AB varvid de nedre våningarna i huvudsak uppförts i 1½-sten och från 4:e vån. och uppåt i 1-sten jämte isolering.

Viss tveksamhet anfördes mot användandet av månghålstegel till fasaderna framför allt med hänsyn till det tilltänkta teglets släta yta och ensartade färg. Efter det att provmurning utförts beslöts dock att teglet skulle komma till användning. För att emellertid motverka befarad monoton yta har



En provmur fick avgöra val av fasadmateriäl

Murningsdetalj från burspråk till ett av punkthusen



fönsteröppningarna försetts med valv och omfattningar på traditionellt sätt samt norr- och söderfasaderna erhållit burspråk med speciell mönstring. Avsikten härmed har varit att uppnå önskvärd vertikalverkan på de relativt "tjocka" huskropparna.

AB Huskonsultbyrån, HKB, Stockholm, har svarat för de statiska konstruktionerna.



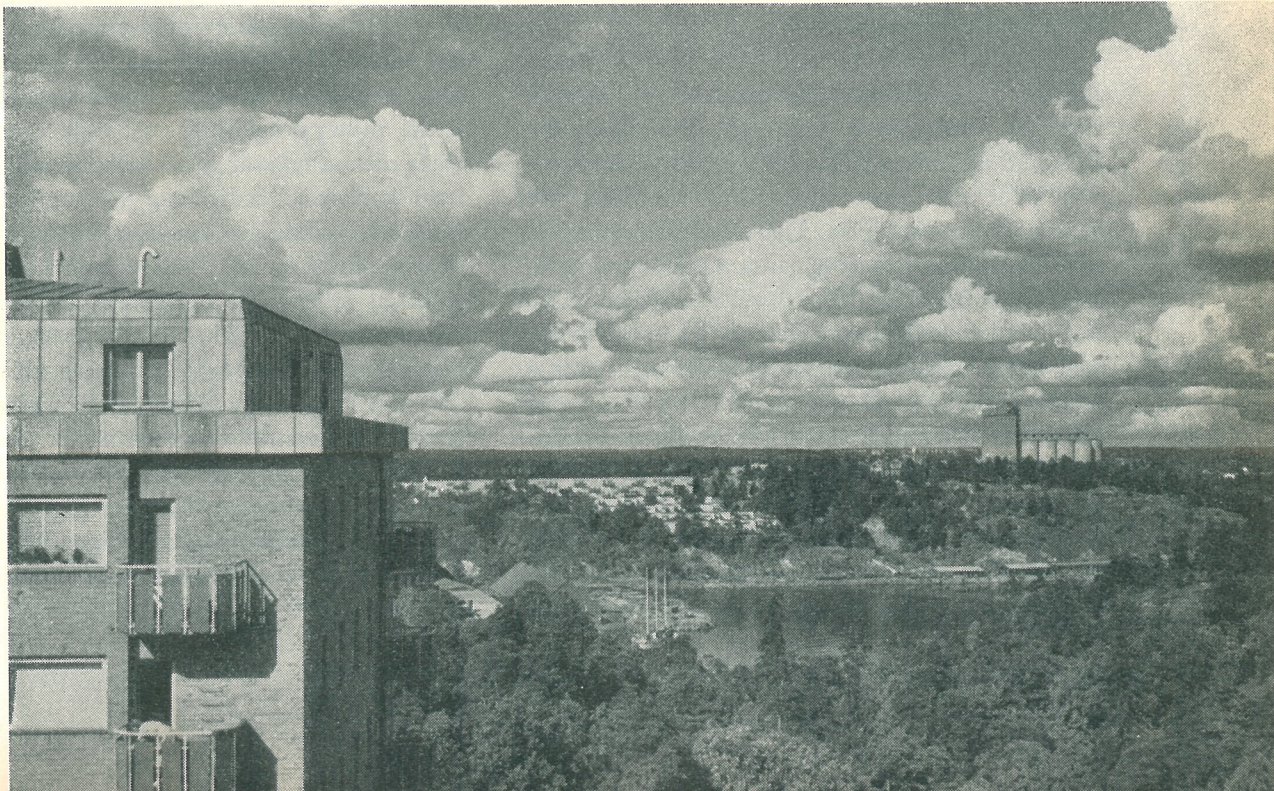


Å de färdigställda radhusvillorna svarar den södra längans trädgårdsfasad (till vänster) mot den norra längans gatufasad (nedan).



ESTÄNDIGHET

I naturparken mellan punkthusen och radhusvillorna skall ordnas lekplan och dammanläggning för barnen. Punkthusens övre lägenheter ha milsvid utsikt åt alla fyra väderstrecken. Blickfång mot norr



TEGLETS FROSTBESTÄNDIGHET

av tekn. lic. Orvar Carlsson

Varför är en del tegel frostbeständiga och andra ej? Många gånger visar det sig, att ett tegel med låg hållfasthet bättre motstår nedfrysning än ett med hög hållfasthet. Detta är ett problem, som sedan länge varit ett tacksamt — eller skall man kanske säga otacksamt — undersökningsobjekt för forskare i alla länder, där temperaturen är sådan att sönderfrysning kan ske. Det är ett tacksamt problem att undersöka, eftersom man aldrig behöver vara rädd att sakna uppslag för undersökningar. Det är otacksamt, eftersom man aldrig med hundraprocentig säkerhet kan påstå, att man funnit ett allmängiltigt svar på frågan, varför tegel fryser sönder. Många äro de forskare som sysslat med frågan och många äro de svar de kommit till. I det följande skall jag giva ännu ett svar till alla de tidigare och läsaren får själv bedöma dess trovärdighet.

Redan på slutet av 1800-talet påvisade Bauschinger [1], att ju fullständigare ett material var fyllt med vatten, desto sämre motstod det frysning. Hirschwald [2] är en annan forskare, som undersökt mätningsgradens betydelse för teglets frostbeständighet. Han resonerade som så, att alldenstund vattnets expansion vid frysning till is är ca 10 %, så skulle ett tegel vara frostbeständigt, om dess håligheter endast till 90 % äro fyllda med vatten. Han fann emellertid, att detta ej alltid stämde. En del tegel med ungefär 85 % av sina håligheter fyllda med vatten frös sålunda ej sönder vid provningen, medan andra med endast 70 % vattenfyllnadsgrad frostskaadades. Flera andra forskare har också kommit fram till den slutsatsen, att vattenfyllnadsgraden inverkar på frostbeständigheten, men att man inte kan ange något

visst värde, som utgör gränsen mellan frostbeständigt och icke frostbeständigt tegel.

Enligt amerikanska provningsnormer anses ett tegel vara frostbeständigt, om det har en tryckhållfasthet av ungefär 500 kg/cm². Det är emellertid en tämligen hög tryckhållfasthet och det finnes ingenting som hindrar, att ett tegel med lägre hållfasthet ändå är frostbeständigt. Man har därför kombinerat vattenfyllnadsgraderna hos teglet med dess tryckhållfasthet, det har emellertid visat sig, att inte heller en sådan kombination ger ett tillförlitligt mått på frostbeständigheten. Andra förhållanden, som inverka på frostsäkerheten hos tegel, har påvisats av en forskare vid namn Thomas [3]. Han har t. ex. funnit, att en snabb nedkylning är farligare än en långsam. Han har även visat, att för en och samma tegelkvalitet är risken för frostskaador störst för det tegelprov, som har den minsta ytan i förhållande till sin volym. Orsaken härtill är att vid vattnets övergång till is en del vatten och is pressas ut till teglets yta. Ju större denna yta är i förhållande till volymen, desto kortare blir den väg vatten och is måste transporteras för att komma ut till ytan.

På uppdrag av AB Mälardalens Tegelbruk har under en följd av år olika faktorerers inverkan på teglets frostbeständighet undersökts vid Institutionen för Silikatkemisk Forskning vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. Sålunda har jämförelse gjorts mellan å ena sidan frostbeständigheten och å andra sidan hållfasthet, porositet, vattenfyllnadstal och storleken av porerna i teglet. Undersökningen har huvudsakligen koncentrerats på tegelprov framställda ur en gulbrännande och en rödbrännande lera.

De båda lerorna hade följande kemiska sammansättning och lerornas kornfördelning framgår av fig. 1.

	Gul- brännande %	Röd- brännande %
Glödgn.-förlust	16,5	2,0
SiO ₂	40,5	74,0
Al ₂ O ₃	10,8	13,3
Fe ₂ O ₃	5,4	2,6
TiO ₂	1,1	1,1
MgO	1,3	0,4
CaO	19,7	0,4
K ₂ O	2,7	4,0
Na ₂ O	1,1	1,9
SO ₃	0,4	0,1

Som framgår av kornfördelningskurvorna är den gulbrännande leran avsevärt mycket finkornigare än den rödbrännande. Detta visar sig även i de plastiska egenskaperna för de båda lerorna. Den förstnämnda är sålunda avsevärt mer plastisk och okänslig för variationer i vattenhalt än den senare. Även för porernas storlek vid lågbrända prov synes olikheterna i kornstorlek spela en viss roll. Den rödbrännande leran ger sålunda vid bränning under 750° C tegel med något grövre porer än den gulbrännande.

Frostbeständighetsundersökningar

Som förberedelse till frysningscyklerna av de tillverkade provteglarna gjordes en del undersökningar, som — även om de ej äro vetenskapligt oantastliga — dock kan vara av ett visst intresse.

Fyra tegel av en fulltegelkvalitet känd för sin frostbeständighet och fyra tegel av en håltegelkvalitet, som vid en del tillfällen uppvisat frostskador, fylldes normenligt med vatten. Ännu efter 50 nedfrysningar och upptiningar hade inga skador visat sig på de undersökta proven. Temperaturen i frysboksen var under dessa försök liksom vid övriga frostprov —12 till —15° C.

Samma tegel fylldes därpå helt med vatten, genom att under en timma förvaras i kokande vatten. Sedan de i vattnet fått svalna till rumstemperatur (20° C) upprepades frysningsarna. Det visade sig att den tegelkvalitet, som i praktiken är frostbeständig, redan efter 2 nedfrysningar var genomdragen av kraftiga sprickor och efter ytterligare en nedfrysning föll teglen sönder i knyt-nävsstora bitar. Hålteglarna visade ännu efter 50

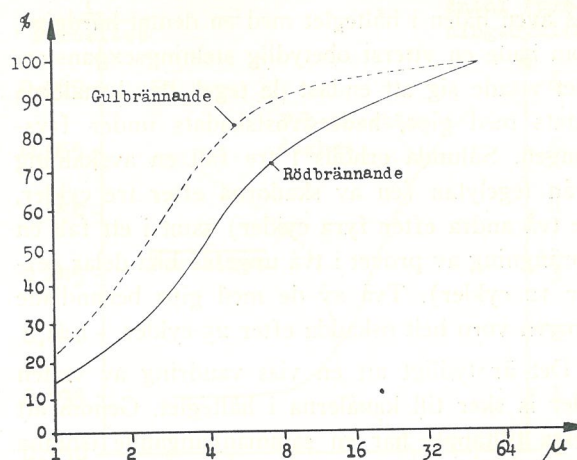


Fig. 1. Kornfördelningskurvor för de använda lerorna.

frysningssyklar ej några frostskador. De gjorda försöken visa alltså, att om tegel helt fylles med vatten och sedan på vanligt sätt fryses i frysbbox, de erhållna resultaten ej motsvara dem, som erhållas i praktiken.

Ett principiellt fel, som gjordes under den ovannämnda provningen och som även göres vid provning av tegel enligt nu gällande normer, beror på avdunstning av vatten från teglet under frysningscyklerna. Det visade sig sålunda, att fullteglarna, som hade en total porositet av 7—8 % förlorade ungefär 5 % av sitt vatteninnehåll under frysningscyklerna. Hålteglarna med en total porositet av 11—18 % förlorade ej mindre än 14—18 % av det vatten de innehöll före frysningscyklerna. Denna vattenförlust sammanhänger givetvis med den relativt höga temperaturen (15—20° C) stenarna ha, när de sätts in i frysboksen. I första hand uttorkas därvid stenarnas ytterpartier. Denna uttorkning ökar ytterligare därigenom att eventuell luft i stens inre vid nedkyllningen sammandrager sig och åstadkommer en sugverkan. Båda de här nämnda nackdelarna med våra nuvarande frysnormer skulle delvis försvinna, om teglet före frysningscyklerna nedkyldes med isvatten.

Följande försök ge en god uppfattning om hållens betydelse i hålteglarna vid frysningscyklerna i frysbbox. Sex stycken håltegel delades vart och ett i tre ungefär lika stora delar. En tredjedel av de erhållna bitarna var avsedda för en försöksserie, som misslyckades och som det därför ej finnes någon anledning att gå närmare in på. Den andra tredjedelen fylldes helt med vatten genom kokning och stenarna nedkyldes till 0° C, innan de placerades i frysboksen. De återstående provbitarna behandlades på samma sätt, men dessutom tilltapp-

tes även hålen i hålteget med en dental hårdgips, som hade en ytterst obetydlig stelningsexpansion. Det visade sig att endast de tegel, där kanalerna tätats med gips, hade frostskaadats under frysningen. Sålunda erhöles i tre fall en avskalning från tegelytan (en av skadorna efter tre cykler, de två andra efter fyra cykler) samt i ett fall en sprängning av provet i två ungefär lika delar (efter 12 cykler). Två av de med gips behandlade proven voro helt oskadda efter 25 cykler.

Det är tydligt att en viss vandring av vatten eller is sker till kanalerna i hålteget. Genom att dessa tilltäppts har en sammanhängande ishinna kunnat bildas runt tegelproven, varigenom tryckökningen i proven blir högre och risken för frostskaador större. Försöken visa den stora betydelsen vattenvandringen har för frostsäkerheten. I praktiken händer det väl endast i några få fall, att en isbildning runt ett tegels hela yta kan ske. För att få en provningsmetod, som i största möjliga mån ger resultat, som överensstämmer med de praktiska, bör frysningen därför enligt min mening utföras så att den endast sker från en eller två av teglets sidor. Vattnet får då möjlighet att vandra ut genom de icke nedfrusna sidorna, något som jag skulle tro är fallet i en tegelfasad.

De av de tidigare nämnda lerorna tillverkade provkropparna har haft ungefär dimensionerna $15 \times 30 \times 125$ mm. För att i möjligaste mån undvika strukturer, ha de tillverkats med mycket stor omsorg medelst handslagning till något större dimensioner än vad ovan angivits. De har sedan med sandpapper nedslipats till ungefär $16 \times 31 \times 125$ mm. Efter bränningen har brännhuden avlägsnats genom slipning med karborundpulver mot en glasplatta.

En särskild undersökning gjordes över vattenfyllnadstalens värden för de vid olika temperaturer brända proven. Det visade sig, att om de fick ligga tillräckligt länge och suga vatten, de nästan till 100 % av sin totala porositet fylldes med vatten. Tidrymden till dess teglet ej längre upptog något mer vatten var emellertid mycket lång — i en del fall ända upp till 16 dygn. För att på något så när rimlig tid kunna genomföra frostbeständighetsproven, fylldes provkropparna därför helt med vatten. Vattenfyllningen tillgick på följande sätt: Provkropparna nedlades i en vakuumexsickator, som därpå evakuerades. Efter en timmes evakuering sögs ungefär 50-gradigt vatten in i exsickatorn, som sedan hölls under vakuum under ytterligare en timme. På grund av den relativt höga vatten-

temperaturen uppstod härvid en livlig kokning, som hjälpte till att driva bort i provet eventuellt befintlig luft. Därpå påsläpptes atmosfärtrycket, och det hela fick stå ett dygn.

De vattenfyllda provkropparna ha placerats på kant i frysboxen på så sätt att de vilat på trekantiga trälistor med en av provets minsta sidor mot frysboxväggen. Då luften i frysboxen varit stillastående har den del av provkroppen, som stått närmast kylskåpsväggen, först frusit. Härigenom har en viss möjlighet funnits för vattenvandring i tegelprovet. Som mått på frostbeständigheten har försök gjorts att använda såväl förändringar i teglets hållfasthetsegenskaper efter frysning, som volymökningen av porvolymen efter ett visst antal nedfrysningar och upptiningar. Båda dessa metoder visade sig emellertid oanvändbara, som mått på frostbeständigheten, eftersom spridningen av resultaten blev för stor. I stället har antalet nedfrysningar och upptiningar, som proven uthärdade till dess de skadades, ansetts ge ett mått på frostbeständigheten. Även med denna metod erhöles naturligtvis en viss spridning. Denna var dock ej större än att tydliga tendenser beträffande frostsäkerhetens variationer kunde iakttagas.

Jämförelse mellan frostbeständighet och hållfasthet

Som mått på teglets hållfasthet har böjhållfastheten tagits. Denna har bestämts för fem prover av varje tegelklass. Tegelklasserna ha indelats dels efter vilken lera som använts, dels efter den temperatur som leran bränts vid. Genom att jämföra kurvan för hållfasthetens variation med bränningstemperaturen med kurvan för frostbeständighetens variation med bränningstemperaturen kan man bilda sig en uppfattning om i hur hög grad hållfastheten påverkar frostbeständigheten. Denna jämförelse har gjorts i fig. 2.

Olikheterna mellan frostbeständighetskurvorna och hållfasthetskurvorna äro som synes tämligen stora. I synnerhet för det gula teglet är skillnaden stor. Detta tegel har vid 800°C ungefär samma hållfasthet som vid 1000°C , men frostbeständigheten vid den förra temperaturen är endast en bråkdel av den senares. För det röda teglet är hållfastheten vid 950°C endast ungefär hälften av det gula teglets hållfasthet vid 800°C , men frostbeständigheten är avsevärt mycket högre. Om hållfastheten har någon inverkan på teglets förmåga att motstå frysning, vilket förefaller troligt, kan denna inverkan dock inte vara dominerande.

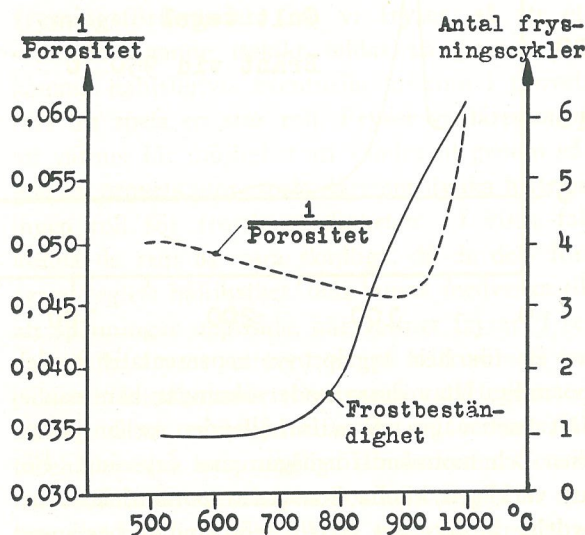
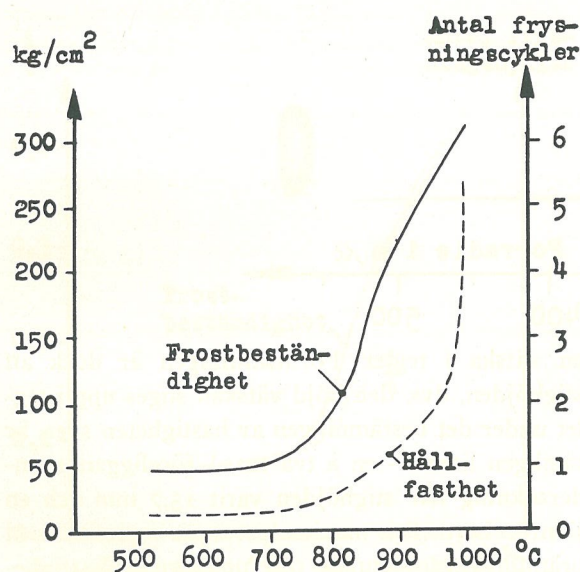
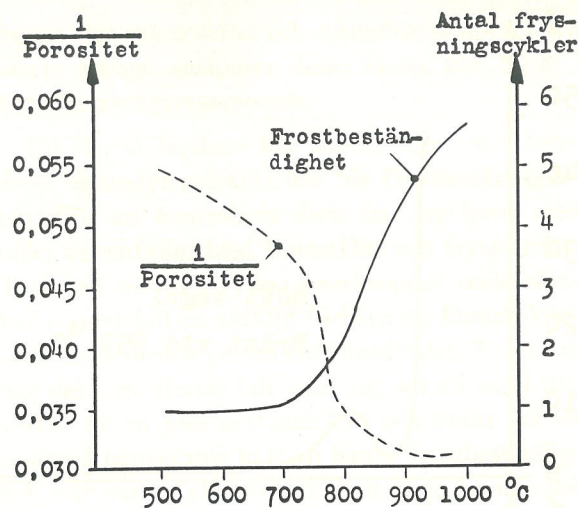
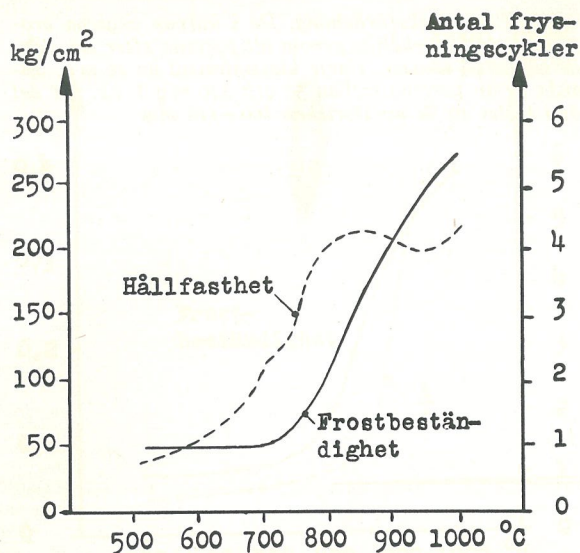


Fig. 2. Jämförelse mellan teglets hållfasthet och frostbeständighet. Överst: det gula teglet, nederst: det röda teglet

Fig. 3. Jämförelse mellan teglets frostbeständighet och inverterade värdet av porositeten. Överst: det gula teglet, nederst: det röda teglet

Jämförelse mellan frostbeständighet och porositet

Om vi ha ett tegel, som kan upptaga en mycket stor vattenmängd, bör vi vänta oss att frostbeständigheten hos detta tegel skulle vara dålig. Frostsäkerheten borde därför vara ungefär proportionell mot inverterade värdet av porositeten. I fig. 3 har en jämförelse gjorts mellan inverterade värdet av porositeten och frostbeständigheten. Då frostproven gjorts med provkropparna helt fyllda med vatten, sammanfaller alltså värdet på porositeten och provens vatteninnehåll.

Något som helst samband mellan frostbeständighetskurvorna och porositeten kan man ej finna. För det röda teglet ökar frostbeständigheten, när porositeten ökar upp till en bränningstemperatur

av ungefär 900°C, vid ytterligare ökad bränningstemperatur blir förhållandet det omvända. För det gula teglet tycks en ökad porositet innebära ökad frostbeständighet. Ej heller porositeten kan därför ge någon upplysning om ett tegels frostsäkerhet.

Försök har även gjorts att kombinera hållfasthetsegenskaperna med porositeten och jämföra kombinationseffekten med frostbeständigheten. Inte heller härigenom erhålles något entydigt resultat.

Jämförelse mellan frostbeständighet och tegelporernas storlek

Teorin att porstorleken inverkar på frostbeständigheten har behandlats av ett flertal forskare. Dessa ha emellertid huvudsakligen begagnat sig

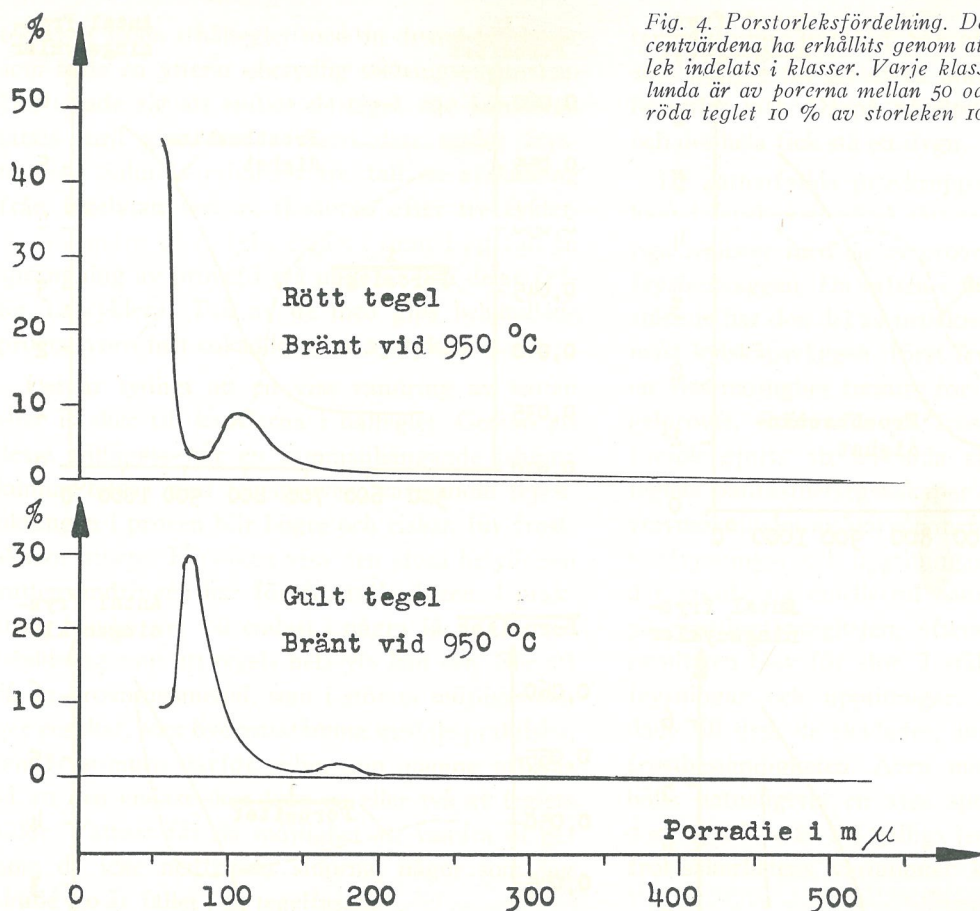


Fig. 4. Porstorleksfördelning. De i kurvan angivna procentvärdena ha erhållits genom att porerna efter sin storlek indelats i klasser. Varje klassintervall är 10 m μ . Sålunda är av porerna mellan 50 och 540 m μ t. ex. för det röda teglet 10 % av storleken 100—110 m μ .

av en för hela tegelprovet representativ medelporradie. Utav dessa undersökningar har man ej fått fram några säkra förhållanden mellan porradien och motståndsförmågan mot frysning. För att verkligen kunna konstatera porstorleken betydelse ansågs det därför nödvändigt bestämma mängden av de olika stora porerna i teglet. Detta har skett med hjälp av två olika metoder. Den ena avsedd för porer större än 100 m μ ($1 \text{ m}\mu = \frac{1}{1000000} \text{ mm}$) den andra för porer mindre än 100 m μ . Den förstnämnda är synnerligen besvärlig att genomföra. Då dessutom de erhållna kurvorna äro varandra mycket lika och egentligen endast ifråga om de största porerna visar några olikheter, nöjer jag mig med att visa en dylik kurva för vardera rött och gult tegel, som båda bränts vid 950 ° C (fig. 4). Kurvan gäller för den procentuella fördelningen av porer från ungefär 50 m μ till den största funna poren.

Som ovan sagts var det endast i avseende på de största porerna (= maximalporen, i den visade kurvan = 540 m μ), som en tydlig skillnad mellan de olika högt brända teglen kunde konstateras. Dessa porer kan emellertid mycket enklare bestämmas genom bestämning av uppsugningshastigheten av

en vätska i teglet. Förutsättningen är dock att stighöjden, dvs. den höjd vätskan suges upp i teglet under det bestämningen av hastigheten sker, är tämligen liten — en à två cm. I föreliggande undersökning har stighöjden varit 15,7 mm och en jämförelse mellan maximalporernas variation med bränningstemperaturen och uppsugningshastigheternas variation med bränningstemperaturen har då visat fullständig överensstämmelse.

En jämförelse mellan frostbeständigheten och uppsugningshastigheten (och därmed maximalporerna) har gjorts i fig. 5. Då stighöjden i samtliga fall varit densamma, har jag i stället för den egentliga hastigheten endast angivit inverterade värdet av uppsugningstiden. Detta ändrar emellertid inget i kurvornas utseende.

Likheten mellan frostbeständighetskurvorna och kurvorna för uppsugningshastigheterna är som synes ganska stor. Endast för det gula teglet bränt vid 850° C skiljer kurvorna sig åt mer än vad man av försöksfelen har anledning att vänta. Det är tydligt att av de hitintills behandlade faktorer, som kan tänkas ha något samband med frostbeständighet, är uppsugningshastigheten och därmed maximalporernas storlek den som ger den närmaste anslutningen till frostbeständigheten.

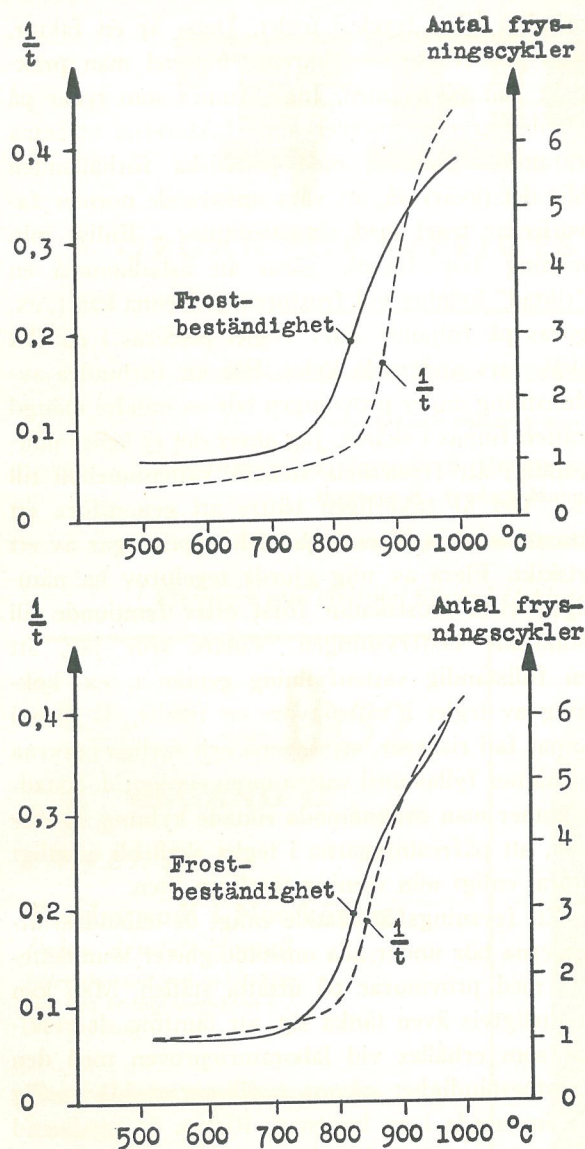


Fig. 5. Jämförelse mellan teglets frostbeständighet och inverterade värdet av uppsugningstiden t . Överst: det gula teglet, nederst: det röda teglet

Undersöker man mängden av de allra minsta porerna från 0 till 100μ finner man att skillnaderna mellan de olika hårt brända teglen blir avsevärd. I synnerhet gäller detta mängden porer mellan 0 och ungefär 30μ . Ju högre teglet är bränt (högsta undersökta bränntemperatur var 1000°C) desto mindre mängd småporer innehåller det. Om bränningstemperaturen ökas över 800 till 850°C sker en markant minskning i antal av dessa små porer. Även för frostbeständigheten sker en tydlig ändring inom detta temperaturområde. Då undersökningen av de minsta porerna i teglet ännu ej är helt avslutad, är det kanske för tidigt att bestämt yttra sig om dessas betydelse. De försök som hittills avslutats ha emellertid visat en fantastiskt god överensstämmelse mellan frost-

beständighetskurvorna och mängden småporer. Ju större mängd småporer desto sämre blir teglet i frostbeständighetsavseende.

Ett flertal forskare har påpekat den stora betydelse vattenfyllnadstalet har för frostbeständigheten. För att kontrollera detta har tegelprov med olika vattenfyllnadstal framställts och frysprovats. Trots att närmare 3000 provkroppar undersökts har i inget fall en verklig förbättring kunnat konstateras beroende på vattenfyllnadstalet. Tvärt om har det i ett flertal fall visat sig, att ett tegel tillverkat av en viss bestämd lera och bränt vid en bestämd temperatur haft en bättre frostbeständighet, när vattenfyllnadstalet varit högt än när det varit lågt. Orsaken till att så vitt skilda resultat kunna erhållas, sammanhänger säkerligen med frysingsförfarandet. Om vi fryser, så att ett sammanhängande isskikt bildas på provets yta, komma naturligtvis eventuella luftrum i provets inre att spela en stor roll. Fryser vi däremot så att vattnet får möjlighet att vandra ut genom någon av provets ytor, spela däremot dylika luftrum ingen roll för frostbeständigheten. I vissa fall kunna de rent av vara skadliga, då de dels försvaga teglets hållfasthet, dels kunna medverka till att spänningar uppträda, när vattnet fryser. I senare fallet fryser vattnet t. ex. på luftrummetts ena sida och åstadkommer en expansion av tegelmaterialet i detta område, medan det på andra sidan bibehåller sina ursprungliga dimensioner. Genom den isolerande egenskapen hos luftrummet är risken stor att detta förhållande gång på gång upprepas och en utmattnings av materialet i gränsskiktet mellan is och vatten blir följden.

Av de faktorer jag undersökt är det alltså endast porstorleken som synes ha något samband med frostbeständigheten. Hur skall man nu förklara den stora roll porernas storlek tycks spela för frostbeständigheten hos teglet? Vi kunna tänka oss två olika möjligheter. När man skall transportera en viss mängd vatten genom en rörledning, måste denna ha en viss minimidimension. Om diametern är mindre, skulle det behövas ett så kraftigt tryck på vattnet för att få fram den önskade vattenmängden, att röret skulle sprängas sönder innan detta tryck uppnåddes. Något motsvarande kan vi tänka oss när det gäller transport av vattnet i teglets porer. Detta var den ena möjligheten, jag tror dock knappast, att det är på detta sätt vi skola förklara porstorleken betydelse.

Den andra möjligheten bygger på det faktum, att vattnet fryser till is vid olika temperaturer, be-

roende på om det befinner sig i grova porer eller i porer med liten diameter. Ju mindre pordiametern är desto lägre är den temperatur då isbildningen sker. Om vi nu tänka oss en por med liten diameter sammanbinda två porer med större diameter, så blir följden att vattnet i de senare har frusit till is, innan isbildningen i den förra hunnit börja. När isbildningen även i denna sätter i gång, blir följden ett kraftigt övertryck, som medför antingen att porväggarna sprängas sönder eller att en expansion av tegelmaterialet sker. Ofta sker nog båda dessa saker. Vi antaga nu att ett skikt av teglet frusit. Detta skikt önskar då intaga en större volym än före isbildningen. Härigenom uppstår en slitning mellan det frusna och icke frusna partiet. Genom att detta förhållande gång på gång upprepas vid frysning och upptining komma så småningom bristningar att uppträda i teglet. Slutligen antaga vi att teglet i t. ex. mitten av det nämnda gränsskiktet blivit kraftigt försvagat. Vid förnyad frysning av ytterpartiet kommer då detta att skilja sig ifrån det icke frusna partiet och bilda en båge. Vi ha fått en frostskada. Ha vi dessutom haft s. k. ringstrukturer i teglet, så sker naturligtvis det nämnda förloppet mycket lättare. Ju färre småporer vi ha i teglet, desto mindre är skillnaderna i isbildningstemperaturerna och därmed riskerna för att spänningar i teglet skola uppträda.

Om de framförda teorierna äro riktiga, vilken praktisk betydelse ha de då? Åt själva teglet synes ej mycket vara att göra. Man bör bränna så att man får minsta möjliga mängd småporer. Om det praktiskt går att genomföra, borde tillverkningen eller formningen av teglet ske så, att de strukturer som i bland kunna bildas, ej som nu bli planparallella med löp- och kopsidorna, utan vinkelräta mot desamma. Ett på detta sätt tillverkat tegel kommer emellertid med nuvarande normer för bestämning av motståndsförmågan mot frysning att visa en sämre frostbeständighet än ett tegel tillverkat genom strängpressning enligt nuvarande metoder.

Därmed komma vi in på frågan om normerna för frysning. Bland de fel som för närvarande föreligger vid dessa har tidigare de viktigaste nämnts, nämligen avdunstning från teglets yta och sugverkan genom volymminskning av i teglet befintlig luft. Dessa faktorer verka mildrande på provet. Vidare ha vi risken för att en vattenvolym blir inestängd i centrum på teglet genom isbildning i teglets ytterpartier och därigenom åstadkommer

orimligt höga tryck i teglet. Detta är en faktor, som gör frostprovet hårdare än vad man praktiskt kan räkna med. Inget finnes som tyder på att de varandra motverkande faktorerna utjämna varandra. Jämfört med praktiska förhållanden blir det tyvärr så, att våra nuvarande normer favoriserar tegel med ringstrukturer. Enligt min mening bör försök göras att åstadkomma en "riktad" kylning vid frostproven. Denna kan t. ex. göras på följande sätt: Teglet placeras i en flat skål, vars undersida kyles. För att förhindra avdunstning under provningen bör en mindre mängd vatten finnas i skålen. Jag anser det ej heller nödvändigt att frysa hela stenens vatteninnehåll till is. Det är säkerligen bättre att genomföra ett större antal nedfrysningar och upptiningar av ett ytskikt. Flera av mig gjorda tegelprov ha nämligen visat frostsador först efter femtionde till hundra nedfrysningen. Vidare tror jag, att en fullständig vattenfyllning genom t. ex. kokning av teglet i vatten vore en fördel, då man i annat fall riskerar, att de små och farliga porerna ej hinner fyllas med vatten inom rimlig tid. Åstadkommer man ovannämnda riktade kylning, är risken, att påfrestningarna i teglet skall bli orimligt stora, enligt min mening tämligen liten.

Ett frysningsförfarande enligt de nämnda riktlinjerna bör under alla omständigheter kompletteras med provmurar på utsatta ställen. Man kan naturligtvis även tänka sig, att jämföra de resultat som erhålles vid laboratorieproven med den frostbeständighet samma tegelleveranser visa sig ha inmurade i en byggnad. Risken är emellertid stor, att man i så fall låser sig vid ett provningsförfarande, som sedan blir svårt att frångå, om det visar sig ej stämma med praktiska erfarenheter.

De försök, jag här redogjort för, ger inget slutgiltigt svar på frågan: Varför är en del tegel frostbeständiga och andra ej? Jag tror dock att de medverkat till att klarlägga den, och jag hoppas att denna artikel skall medföra, att en fruktbringande diskussion uppstår, som kanske kan ge ett fullständigare svar.

Litteratur

- [1] *Bauschinger*, Mechanisch-Technisches Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule in München. Mittg. Nr. 23, 1889, 1—71.
- [2] *Hirschwald, J.*, Handbuch der bautechnischen Geesteinsprüfung, Berlin 1912.
- [3] *Thomas, W. N.*, Experiments on the freezing of certain Building material. Building Research Technical Paper Nr. 17.