

SÆRTRYK nr. 109

DK 69.001.5

*Byggeindustrien nr. 1 og 14, 1959*

kr. 2,-

Niels Munk Plum, V. I. Galløe og Jørn Jessing  
Tørre byggemetoder

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
I kommission hos Teknisk Forlag · København 1959

# Tørre byggemetoder

## Oversigt over SBI's undersøgelser

Af civilingeniørerne Niels Munk Plum, U. I. Galløe og Jørn Jessing.

Da Statens Byggeforskningsinstitut i 1951 i hovedsagen havde afsluttet sine forsøg vedrørende vinterbyggeri, stod det klart, at den næste store opgave i forbindelse med sikring af ensartet beskæftigelse i byggefagene året rundt (såkaldt „sæsonudjævning“) var bekæmpelse af de gener, som regn og fugtighed i efterårs- og forårsmånederne medfører for materialer, konstruktioner og arbejdsstyrke.

Det var derfor naturligt, at SBI i oktober 1952 ved den anden fordeling af Marshallmidler søgte en bevilling til nærmere undersøgelse af disse spørgsmål, en undersøgelse, som efterhånden har fået det kortfattede og desværre kun delvis dækkende navn: „Tørre byggemetoder“. Ansøgningen blev imødekommet, og da et detaljeret forskningsprogram var godkendt af produktivitetssekretariatet, blev arbejdet påbegyndt i vinteren 1954-55.

Da arbejdet nu i hovedsagen er afsluttet og en del af resultaterne allerede offentliggjort, er det rimeligt på denne måde at præsentere en kort oversigt over området og de undersøgelser, der er foretaget tillige med en kort gennemgang af hidtil udsendt og planlagte publikationer.

### Baggrunden for undersøgelsen.

- I Forringelse af materialers og bygværkers kvalitet kan f. eks. opstå på følgende måde:
- 1) Frostskeer på sten, mørtel og beton.
  - 2) Svindrevner i mørtel og beton samt træværk.
  - 3) Mindre isolationsevne end forudsat.
  - 4) Usundt indendørsklima.
- II De økonomiske uheldige konsekvenser kan f. eks. specificeres således:
- a) Tab af arbejdstimer direkte forårsaget af forsinkelser på grund af forøgede tørringstider.
  - b) De ovennævnte forsinkelser vil udover arbejdsløningerne medføre forøgelse af generalomkostningerne.
  - c) Eventuelle frostskeer m. m. kræver ekstra vedligeholdelsesomkostninger.
  - d) Eventuelle revner i murværk og træværk kræver efterreparationer. Herudover kræves som følge af disse i vidt omfang fornyelse af maling og tapet.
  - e) Nedsat varmeisolering medfører indtil udtørring er fuldført – og dette varer fra ½ til 2 år – en meget betydelig forøgelse af brændselsforbruget.
  - f) Den sundhedsmæssige risiko ved at flytte ind i en endnu ikke tørt hus er vanskeligt at vurdere i penge, men mange mennesker kan af personlig erfaring bekræfte betydningen.

Det fremgår af det foranstående, at en begrænsning af regnens forsinkelse af byggeprocesserne og fugtighedens forringelse af materialer og konstruktioner er et betydeligt problem, som klart motiverer den iværksatte undersøgelse. Det viste sig også hurtigt, at opgaven var så omfattende, at kun en begrænset del af den kunne løses med de til rådighed stående midler.

Før man kunne nå til angivelse af de nødvendige foranstaltninger, måtte man foretage en:

### Nærmere undersøgelse over fugtighedens oprindelse og mængde.

Som det bl. a. fremgår af SBI's tidligere udsendte anvisninger nr. 7 og 23, vil der ved anvendelse af traditionelle byggemetoder i et færdigt enfamilieshus ved afleveringen være ca. 8000 l vand.

En opdeling af denne fugtighedsmængde efter oprindelse kan groft ske således:

- A Den gennem nedbøren tilførte vandmængde.
- B Den fra atmosfærens fugtighed optagne vandmængde.
- C Den ved byggeprocessen tilsatte vandmængde.

*ad A.* Ved den nærmere udarbejdelse af planerne for undersøgelsen viste det sig hurtigt, at et fyldestgørende materiale til vurdering af de vandmængder, der gennem nedbøren tilføres materialer og konstruktioner, ikke kan fremskaffes gennem de til andet formål af Meteorologisk Institut foretagne registreringer. Udredningen af disse forhold ville derfor blive så bekostelige, at det ikke kunne finansieres alene ved den foreliggende Marshallbevilling. En foreløbig vurdering af de tilførte vandmængder var imidlertid uomgængeligt nødvendigt for at afgøre de forskellige foranstaltningers relative betydning for den endelige afbalancering af programmet.

Samtidig blev det klart, at det for det almindelige arbejde i byggeforskningen fremover var nødvendigt at dykke dybt ned i disse problemer, som jo har afgørende betydning for fugtighedsbalancen i konstruktionerne, ikke alene ved opførelsen, men igennem hele konstruktionens levetid, og endvidere afgørende betydning for dimensioneringen af varmeinstallationen og varmeisolationen. Endelig er et nøjere kendskab til fugtighedsforholdene nødvendigt ved al holdbarhedsprøvning.

Som følge heraf anså man det for rimeligt for en beskeden del af Marshallpengene plus en større andel af SBI's normalbudget at anstille en mere dybtgående og langsigtet undersøgelse, der fremover i almindelighed vil komme byggeforskningen tilgode.

De første resultater heraf er nyttiggjort i den nærværende undersøgelse, og hele problemet vil kort blive opridset i en følgende artikel om nedbørens påvirkning af bygværker af ingeniør J. Jessing, som forestår undersøgelsen. En rapport vil senere blive udsendt.

*ad B.* Den fugtighed, der optages i materialerne fra atmosfæren, kan, hvis den relative luftfugtighed er høj, for puds og beton- og letbetonkonstruktioner bevirke, at disse dele endnu ikke er kommet i ro, inden de følgende arbejder skal foretages, og dette medfører ubehagelige revnedannelser. For træarbejderne betyder det til og med, at træet taber den tørhed, som med betydelige omkostninger er opnået gennem lagring, og som skulle sikre, at fremtidige svindrevner bliver ubetydelige. Træet kan endda ligefrem optage ny fugtighed under opsætningen, hvilket kan medføre overordentligt store revner senere. For alle materialernes vedkommende fører dette til betydelige efterreparationer.

*ad C.* Den ved byggeprocessen tilførte vandmængde koncentrerer sig om mørtel og beton. Forholdene er her således, at man for at opnå en hensigtsmæssig bearbejdelse må tilsætte mere vand end det, der er nødvendigt af hensyn til de kemiske processer. Dette overskudsvand er m. h. t. den endelige kvalitet direkte skadeligt, idet det medfører en porøsitet af materialet, der svækker dets styrke. For betonstøbning på stedet gælder yderligere, at der i den første periode for at opnå stor styrke helst skal tilføres ekstra fugtighed udefra.

Den senere fordampning foregår som regel så langsomt, at der kan hengå fra ½ til 2 år, inden den relative indendørs luftfugtighed når ned til sin endelige størrelse.

#### Foranstaltninger til at begrænse fugtighedsmængden og dens skadelige indflydelse.

Stort set deler de midler, der kan tages i anvendelse sig i to hovedgrupper:

- I Beskyttelse af arbejdsstyrke, materialer og konstruktioner ved anvendelse af i øvrigt traditionelle materialer og metoder, og
- II Anvendelse af særligt vandfattede materialer og samlingsmetoder, og det er vel denne

sidste gruppe, som mere korrekt fortjener betegnelsen Tørre Byggemetoder. Det er sikkert også indenfor denne, de mest radikale muligheder for reduktion af fugtighedsindholdet findes.

Da de mere traditionelle byggemetoder imidlertid under alle omstændigheder i en overskuelig fremtid vil være i absolut flertal, har undersøgelsen måttet udstrækkes til at omfatte både grupperne I og II. I det oprindelige arbejdsprogram fandtes følgende oversigt over mulighederne:

#### Gruppe I. Almindeligt traditionelt byggeri.

1. Beskyttelse af materialerne.
  - a. Planlægning af tilførslerne.
  - b. Omhyggelig oplagring, tildækning m. v.
  - c. Imprægnering.
2. Beskyttelse af færdige og halvfærdige bygninger og bygningsdele.
  - a. Tildækning.
  - b. Dræning.
  - c. Kunstig udtørring.
3. Beskyttelse af arbejdsstyrken.
  - a. Ved planlægning.
  - b. Påklædning.
  - c. Overdækning, læskure m. v.
4. Planlægning.
  - a. Arbejdets udførelse i rigtig rækkefølge og kvalitet.
  - b. Fremme af visse arbejder i tørre perioder.
  - c. Valg af materialer.

#### Gruppe II. Tørre byggemetoder.

1. Murværk.
  - a. Blokkens format, vandsugning m. v.
  - b. Omhyggeligere udførelse.
  - c. Tør opmuring.
2. Beton.
  - a. Støbning på stedet, vakuumbeton m. v.
  - b. Præfabrikerede elementer.
3. Overfladebehandling.
  - a. Tørt puds.
  - b. Hydrofob påstrykning.
4. Diverse.
  - a. Præfabrikerede dele til snedkerarbejdet.
  - b. Indskud af tørre isoleringsfyldstoffer.

5. Materialer og metoder, der ikke kræver vand ved opførelsen.

Denne systematiske opdeling af emnet, som var nødvendig og naturlig ved arbejdets påbegyndelse, har naturligvis, efterhånden som undersøgelsen skred frem, ikke nøje kunnet følges, hverken med hensyn til opdelingen eller den homogene behandling. Til en vis grad var dette allerede forudsat i programmet, hvor det bl. a. pointeres, at arbejdet med gruppe II næppe kan nå videre end til opstilling af retningslinier for udviklingen af tørre byggemetoder. For den rigtige placering af problemerne i forhold til hinanden har vi dog ment det naturligt her at repetere denne opdeling som grundlag for den følgende oversigt over det arbejde, der nu er udført.

#### Det af SBI udførte arbejde.

Vedrørende I 1 og I 2, beskyttelse af materialer og konstruktioner, er der indsamlet et betydeligt materiale, som det først var hensigten at bearbejde og offentliggøre i en særlig anvisning. I mellemtiden er der imidlertid sket det, at SBI's anvisning nr. 17, Betonstøbning om vinteren, er blevet udsolgt, og man har måttet overveje den mest hensigtsmæssige form for et nyt oplag. Resultatet er blevet, at denne anvisning for den rent betonteknologiske del udsendes uforandret i et nyt optryk, medens alle oplysninger af mere generel art vedrørende arbejdets tilrettelæggelse og beskyttelse af materialerne ikke genoptrykkes her, men bearbejdes yderligere og udsendes som en separat anvisning. Dette materiale, som ganske vist for en dels vedkommende specifikt refererer til regulært vinterklima, er dog i så stor udstrækning også betinget af regn og fugtighedsforhold, at ligheden med forårs- og efterårsforanstaltninger er overvældende, og resultatet er blevet, at man har anset det for rimeligt at slå vinterbyggerianvisningen og den her planlagte sammen til een, omfattende alle de almindelige foranstaltninger

til sikring af helårsbyggeri. Denne anvisning redigeres af arkitekt O. Gerner Hansen og skulle kunne være færdig til næste vinter.

Vedrørende I 3, beskyttelse af arbejdsstyrken, har det ikke på basis af eksisterende litteratur været muligt at nå så vidt i afklaring af problemerne, at en egentlig anvisning kunne udarbejdes. Materialet er derfor sammenstillet til en oversigtsartikel af civilingeniørerne N. O. Wrist og O. Kampmann, som har været bragt i *Byggeindustrien* nr. 4 og 5 1958 og senere udsendt som SBI særtryk nr. 97.

I denne artikel påvises indledningsvis, at næst efter egentligt vintervejr er regnvejr den hyppigste årsag til spild dage. Heraf vil umiddelbart forstås vigtigheden af at søge arbejderne godt beskyttet mod regnen. Artiklen bringer en status for problemerne vedrørende regntøj bl. a. med det formål at klargøre grundlaget for den videre forskning på dette område. Der behandles følgende emner: Dragttyper, kravene til ideelt arbejdsregntøj, vask og slid, konfektionering, imprægnering, forskning og forsøgsresultater m. m.

Vedrørende I 4, planlægning, har man besluttet, at det indsamlede materiale på samme måde som ovenfor beskrevet i I 1 og 2 indgår i en samlet anvisning jævnsides vinterbyggerierfaringsmaterialet til en anvisning om sikring af helårsbyggeri.

Med hensyn til arbejdet indenfor gruppe II, Tørre byggemetoder, har det som forudsat efterhånden vist sig, at det for de til rådighed stående midler var begrænset, hvad man kunne udrette, særlig når dette vurderes på grundlag af og i sammenligning med det betydelige arbejde, der allerede foregår på samme front hos materialeproducenterne og hos de projekterende. Eksempelvis kan nævnes, at punkt II 1 a, Anvendelse af større blokke i praksis, i den forløbne tid er blevet en realitet, idet teglværkerne har indført T 23-blokken, og let-

betonfabrikkerne fremstiller etagehøje elementer. Til fremme af denne udvikling kan SBI på nærværende tidspunkt næppe bidrage yderligere, og den planlagte anvisning om dette emne er derfor stillet i bero.

Indenfor det område, der dækkes af punkt II 2 b, præfabrikerede elementer, har Dansk Ingeniørforenings Byggerationaliseringsudvalg i praktisk taget samme periode og ligeledes med tilskud af Marshallmidlerne udført et så stort og dygtigt arbejde, at SBI også på dette område fandt det rimeligt at stille sine undersøgelser i bero.

Analoge betragtninger gælder flere andre af punkterne, og resultatet er blevet, at SBI i forståelse med produktivitetsfondsekretariatet har fundet det bedst at koncentrere sig alene om to emner indenfor gruppen, nemlig „Pudsfri beton“ og „Lette træskeltydervægge“.

Dette arbejde er nu afsluttet, og i januar måned f. å. udsendes *SBI's rapport nr. 24, „Pudsfri beton“* af civilingeniør V. I. Galløe.

Emnet er heri den byggemetode, som i de senere år er udviklet med Sverige som foregangsland, hvorved vægge og etageadskillelser støbes på stedet i glatte pladeforme. Herved kan efterbehandlingen af betonoverfladerne indskrænkes til en ganske ringe afslibning af støbegrater før tapetseringen, som sker direkte på betonen, eller en påsprøjtning af indfarvede sandplasticmaterialer i stedet for puds og maling.

Rapporten behandler først disse metoder til efterbehandling af betonen. Dernæst omtales problemerne vedrørende pladeformene, specielt størrelsen af det virkende tryk mod formene under betonens støbning. Afsnittet om formene fremtræder i øvrigt som et supplement til den tidligere udsendte studie nr. 18. „Nyere betonforme“ af civilingeniør Knud E. C. Nielsen. Her lægges vægten især på dimensioneringsproblemerne ved formene.

I næste afsnit behandles anvendelsen af smøremidler på forme-

ne, og dernæst behandles de støbetekniske problemer, betonens sammensætning, konsistens og komprimering.

I rapportens bilag 4 gives supplerende stof, dels om betonens sidetryk mod vægforme, dels om formpladerne, og endelig en beregning over, hvor stor betydning det har for dimensioneringen, at man ved visse krydsfinertyper må regne med forskellig stivhed af pladerne i de to fiberretninger.

For kort tid siden udkom endvidere rapporten „Lette træskeletvæggene“ af civilingeniør J. Bryrup.

I denne rapport, der er meget udførlig, gennemgås først konstruktionsprincippet i træskeletvæggen. Dette er – kort fortalt –, at det bærende element er reduceret til et træskelet, og vægtværnsnittet i øvrigt er sammensat af flere lag, hvert med sin specielle opgave.

Til de enkelte lag er valgt materialer ud fra synspunktet:

Hvilket materiale opfylder (i hvilken tykkelse) billigst det enkelte, specifikke krav?

I det følgende kapitel omtales konstruktionspraksis, fortrinsvis belyst ved eksempler fra udlandet. Det fremgår af rapporten, at den tilsyneladende meget teoretisk og kompliceret opbyggede træskeletvæg er traditionel i USA og anvendes i hovedparten af nyopførte enfamiliehuse – årsproduktionen af træskelethuse i USA er ca. 750.000 af en produktion på ca. 1,2 mill. lejligheder!

Da Norge i 1951 gik ind for lette træskelethuse i stedet for de traditionelle træhuse udført af massivt tømmer, blev det muligt at nå en årsproduktion på ca. 35.000 lejligheder hvorved Norge i en årrække havde den største årsproduktion i Europa af nye lejligheder i forhold til indbyggerantallet.

En naturlig interesse for muligheden at overføre andre landes byggeskik til Danmark aktualiserer således træskeletvæggen.

Denne vægtypes egenskaber gennemgås herefter på grundlag af især udenlandske forskningsre-

sultater. Der er særlig grund til at understrege betydningen af det forskningsarbejde, der har set det som en af dets hovedopgaver at gennemarbejde træskelethuset.

De emner, der er behandlet i dette kapitel, omfatter styrke, brandtekniske forhold, tæthed, holdbarhed, vedligeholdelse, varmeisolation, lydisolering og økonomi. Da træskeletvæggen ofte er kritiseret ud fra brandtekniske synspunkter, er der i rapporten i samarbejde med Dansk Brandværnskomite foretaget en særlig omfattende behandling af dette emne; tilsvarende gælder afsnittet om holdbarhed, hvor instituttet har samarbejdet med Landbohøjskolen.

Om økonomi bemærkes, at Danmark nu er ved at blive selvforsynende med tømmer; træskeletkonstruktionen er derfor ikke valutakrævende.

På basis af konstruktionspraksis og de udenlandske forskningsresultater opstilles i rapporten en række krav til træskeletvæggen enkelte dele. Disse krav har især interesse for den tekniker, der på basis af et dyberegående studium ønsker at udføre en fra den almindelige udformning afvigende træskeletvæg.

Til alle normale anvendelsesformål indeholder rapporten et fyldigt afsnit med anvisninger på træskeletvæggen rette udformning, en detaljeret og stærkt illustreret projekteringsvejledning. Dette afsnit giver et ganske morsomt udsnit af instituttets øvrige publikationer, idet det i mange tilfælde har været hensigtsmæssigt at henviser til adskillige af disse.

Afsnittet præfabrikering peger på de aspekter, træskeletvæggen indebærer gennem fabrikstilvirkning. Afsnittet er holdt i en let causerende form, idet den detaljerede, teknisk-økonomiske gennemgang af de enkelte element-systemer ville kræve en selvstændig rapport.

Konklusionen af rapporten er, at træskeletvæggen har så mange arbejds-mæssige, tekniske og økonomiske fordele, at der er mulig-

hed for en forholdsvis stor udbredelse af denne vægtype.

For fuldstændighedens skyld må det præciseres, at resultaterne i rapporten har gyldighed også for lette facade-udfyldningsvægge i det høje byggeri. Selv om egentlige træhuse måske skulle være længe om at vinde større udbredelse, kan resultaterne altså nyttiggøres umiddelbart i størstedelen af det eksisterende byggeri.

Emnet træskeletvægge er under rapportens udarbejdelse blevet genstand for betydelig interesse, især fra arkitekters side. Det må forventes, at rapporten vil forøge og skærpe denne interesse, og at den samtidig vil være en nyttig lære- og håndbog i emnet træskeletvæggen.

#### Slutning.

Når arbejdet med udgivelsen af de ovenomtalte 5 publikationer om kort tid er fuldført, har SBI indtil videre afsluttet sine undersøgelser indenfor området tørre byggemetoder.

Marshallmidlerne er i hovedsagen medgået til det egentlige indsamlings- og undersøgelsesarbejde, medens store dele af færdiggørelses- og redaktionsarbejdet har måttet bæres af SBI's normale budget.

Al forskning består i en trinvis, men stort set endeløs fravristen naturen dens hemmeligheder, og det kan derfor ret beset ikke undre, at opgaven „tørre byggemetoder“ ved den nu gjorte indsats ikke er løst til bunds.

Der er efter forfatterens mening dog grund til at være tilfreds med resultaterne, fordi de dels omfatter nogle klare og omfattende redegørelser for centrale problemer indenfor området, dels ved meget omfattende orienterende undersøgelser og kortlægninger indenfor dette – for byggeforskningen – nye område, har skabt det umiddelbare grundlag for en anvisning om helårsbyggeri og for klimastudier i større almindelighed.

Disse 2 sidste arbejder videreføres nu af SBI for egen regning.

## Nedbørens påvirkning af bygværker

Civilingeniør Jørn Jessing, Statens Byggeforskningsinstitut.

I forbindelse med SBI's undersøgelse „Tørre Byggemetoder“, for hvilken der er redegjort i en artikel af civilingeniørerne Niels Munk Plum, V. I. Galløe samt nærværende forfatter i „Byggeindustrien“ nr. 1, 1959, blev det anset for begrundet at foretage en særlig udredning af de klimatologiske spørgsmål. Herunder viste det sig, at en rationel behandling af problemet ville blive særdeles omfattende, idet et stort materiale af primærobservationer må bearbejdes og underkastes en statistisk vurdering. Inden for rammerne af undersøgelsen vedrørende „Tørre Byggemetoder“ er der foretaget en række orienterende beregninger, som var nødvendige i denne sammenhæng og som delvis kunne udnyttes til at opstille de principielle retningslinier for en mere langsigtet undersøgelse. En sådan undersøgelse vil være til nytte for mange af byggeforskningens områder og foretages i øjeblikket på SBI.

Enhver bygnings primære funktion er at beskytte mennesker eller materialer mod vejrets indflydelse, og under vore klimatiske forhold udgør beskyttelsen mod regn en meget vigtig del af denne funktion.

At en bygning skal yde beskyttelse mod regn vil ikke blot sige, at den skal danne et ly mod selve regnen. Det indbefatter, at fugtigheden ikke må kunne trænge direkte gennem bygningens ydervægge med de ulemper, dette ville have såvel sundhedsmæssigt som æstetisk, og at fugtigheden ikke må virke ødelæggende på de (ydre) dele af en bygning, der nødvendigvis må blive våde af regnen.

I praksis vil det være vanskeligt at bestemme, hvor stort et

bidrag til den samlede fugtmængde i en bygningsdel, der hidrører fra henholdsvis nedbøren, atmosfærens fugtighed (ved kondensation) og den under byggeprocessen tilførte vandmængde. Uanset disse forhold har det stadig stor – og ikke alene teoretisk interesse at bestemme, hvor stor en fugtmængde man kan regne med, at væggen modtager i form af regn. Man vil i så fald i det mindste kunne foretage en kvalitativ sammenligning mellem forskellige materialers tendens til under nærmere definerede omstændigheder at optage fugtighed hidrørende fra nedbøren.

Mængden af den lodret faldende nedbør registreres på et stort antal meteorologiske stationer landet over, men aflæses i reglen kun een gang i døgnet. Kun få stationer er udstyret med en pluviograf, der kontinuert optegner nedbøren. Kendskab til den således målte nedbør tillader imidlertid kun slutninger om den regnmængde, der tilføres en vandret flade. Dette er af betydning såvel for bygværket selv under dets opførelse som for spørgsmålet om jordens oplødning (transport på byggepladsen m. v.). Af lige så stor interesse for bygværket under opførelse og af større interesse for bygværket efter dets fuldførelse er imidlertid den regnmængde, der rammer lodrette flader. Der er ikke foretaget registreringer af denne regnens vandrette komponent, og det er da forsøgt at nå til en indirekte bestemmelse ud fra kendskabet til den lodrette nedbørskomponent og vinden.

I det følgende forstås ved slagregn den regnmængde (f. eks. målt i mm), der rammer en frit beliggende tænkt vertikalflade

med normalen mod det verdenshjørne, hvorfra regnen kommer, d. v. s. i vindens retning. Slagregnen vil således være 0 under vindstille. Slagregnen vokser både med mængden af den lodrette regn og med den samtidige vindstyrke.

Betragter man en enkelt regndråbes lodrette og vandrette hastighedskomponenter, er det rimeligt at antage, at den lodrette i det væsentlige er bestemt af dråbens vægt og form, mens den vandrette hovedsagelig afhænger af vindstyrken. Ethvert regnskyl indeholder dråber af mange størrelser, men det viser sig, at der for en given intensitet findes en bestemt middeldråbestørrelse og en dertil svarende middelfaldhastighed, der altså udgør den lodrette hastighedskomponent. Med hensyn til den vandrette komponent kan denne rimeligt anslås at være den samme som vindens hastighed, idet en regndråbe faldende gennem luftlag med varierende hastighed på grund af sin ringe masse hurtigt vil kunne ændre sin hastighed. Imidlertid bør man så fastlægge, i hvilken højde man vil definere slagregnen, som altså vil være mindre nærmere jorden. De af meteorologiske stationer registrerede vindhastigheder er som oftest bestemt ud fra Beauforts skala og altså ikke for en veldefineret højde. Der er derfor ikke gjort forsøg på at bestemme et referenceniveau, men den beregnede slagregns-mængde er altså gyldig for „vindobservationshøjden“, hvorved der næppe indføres nogen unøjagtighed, der er større end nøjagtigheden i bestemmelsen af vindhastigheden efter Beauforts system.

Beregningerne udføres på grundlag af relationen

$$S_i = R_i \cdot \frac{v_i}{v_f}$$

hvor  $S_i$  er slagregn fra retningen  $i$ ,  $v_i$  vindhastigheden fra samme retning,  $R_i$  den sædvanligt registrerede lodrette nedbør under vind fra retningen  $i$  og  $v_f$  den til den pågældende intensitet svarende middelfaldhastighed.

For at kunne tage hensyn til variationen i faldhastigheden på grund af intensitetsforskelle er regnmængderne taget fra pluviogrammer, hvor hældningen angiver regnintensiteten.

I denne forbindelse fremhæves det, at det man egentlig søger i og for sig hverken er den teoretiske slagregnmængde (som defineret ovenfor) eller den slagregn, man får registreret i en slagregnmåler, men derimod den påvirkning, en bygning eller en anden genstand udsættes for i naturen. Dette problem kan opdeles i to, hvoraf det første angår bestemmelsen af den teoretiske slagregnmængde, og det andet angår den nu kendte slagregns indflydelse på forskellige objekter. Slagregnen vil kunne bestemmes af rene fysiske love ud fra kendskabet til den lodrette regns karakteristika, vindhastigheder, vindhastighedsprofiler m. v., hvorunder registrering af disse størrelser utvivlsomt kan undergå forbedringer og suppleringer. Man vil herved kunne nå til at karakterisere en art „slagregnsfelt“ for forskellige lokaliteter. Den påvirkning, en genstand udsættes for under slagregn er derimod i højere grad et strømningsmekanisk problem, der utvivlsomt kræver omfattende forsøgsrækker for at kunne blive tilfredsstillende klarlagt. Spørgsmålet om slagregnmåleres betydning bør sikkert vurderes i denne sammenhæng.

Ved betragtning af forholdene for fugttilførsel og fugtafgivelse ved f. eks. en ydervæg får man et særdeles kompliceret billede. Slagregnen er den væsentligste faktor for fugttilførselen udefra, mens afgivelsen hovedsagelig sker ved fordampning. Den fordampede vandmængde kan bestemmes, når man kender den omgi-



○: Meteorologiske stationer udstyret med pluviograf (iflg. Meteorologisk Årbog 1954, 1ste del: Danmark, København 1956).  
 △: De på foranledning af Stads- og Havneingeniørforeningen opstillede pluviografer (iflg. Bearbejdelse af diagrammer fra de af Stads- og Havneingeniørforeningen opstillede selvregistrerende regnmålere for årene 1933-47, Spildevandskomiteen, Skrift nr. 2, København 1950).

vende lufts damptryk og damptrykket for det fugtige materiale (sædvanligvis ydersiden ved en lodret mur). For luften er dette forholdsvis enkelt, idet damptrykket er fastlagt ved temperatur og relativ fugtighed, men man bør dog erindre, at det er værdierne for selve grænselaget, der må anvendes, hvorved også vindens påvirkning kommer til at spille en rolle. Forholdene i materialet er imidlertid langt mere komplicerede og udgør et af de områder, hvor byggematerialeforskningen i almindelighed kan notere de færreste fremskridt. Fugten i et byggemateriale kan være tilført ved slagregn, ved diffusion fra den omgivende luft og ved sugning fra grunden. De mekanismer, der

bestemmer tilstanden, er diffusion gennem væggen (hidrørende fra luftens forskellige damptryk ved væggens yder- og inderside), kondensation (dersom damptrykket et bestemt sted i væggen overstiger dampens mætningstryk ved den pågældende temperatur), kapillarsugning (hvis retning er modsat diffusionens, og som er betinget af, at materialet er hygroskopisk) samt endelig eventuel fordampning (der kan optræde, når den kapillære tilbagesugning igen fører det fortættede vand til den varmere del af materialet).

Forholdene er altså i høj grad ikke-stationære, og en eksakt redegørelse herfor kan kun nås ad grundforskningens vej.

På den anden side kan man

forestille sig et for praktisk dimensionering anvendeligt grundlag opstillet ved hjælp af en række mere kvalitative betragtninger:

De krav til en vægs evne til at beskytte mod fugtighed, der må danne grundlaget for væggen dimensionering, knytter sig i det væsentlige til tre tilfælde, som man ønsker ikke må indtræffe (her som for al dimensionering gælder naturligvis, at en absolut sikkerhed ikke er opnåelig, men at en økonomisk rimelig lille sandsynlighed for, at tilfældet indtræder, må bedømmes statistisk):

- 1) Der må ikke trænge fugt gennem muren.
- 2) Fugtigheden må ikke medføre en uhensigtsmæssig nedsættelse af murens varmeisoleringssevne.
- 3) Fugtindholdet må ikke blive så stort, at der ved indtrædende frost kan opstå frostskeer.

Det ses, at man i alle tre tilfælde stiller krav om, at et vist maksimalt fugtindhold i muren eller en del af denne ikke må overskrides. Dette fugtindholds absolutte talværdi vil naturligvis i høj grad være afhængigt af vægmaterialet og væggen konstruktionsprincip, men for det enkelte tilfælde vil en øvre grænse for den mængde fugt, der må tilføres materialet, kunne fastlægges.

Nedbøren skal nu først betragtes:

Det forudsættes, at nedbøren i een af de nedbørsrigeste perioder i året er kendt fra et diagram. Efter udførelsen af en slagregnsberegning udskilles retningen med mest slagregn, idet en korrigeret af den beregnede mængde, til den mængde, der rammer en væg, foretages. Den vandmængde, der i form af slagregn tilføres vægmaterialets overflade, optages ikke fuldstændigt. En del løber ned ad væggen uden at blive opsuget, og en del vil stadig fordampe. Hvor stor en del, der løber af, er dels afhængigt af materialets karakter, men også af hvor stort dets vandindhold i forvejen

er. For hvert materiale vil det være muligt ved forsøg at finde disse sammenhænge. Noget tilsvarende kan gennemføres for fordampningens vedkommende. Er ikke opsuget, men den mængde, der trænger frem til bagsiden, dimensionsgivende, må man også her ved forsøg kunne finde sammenhæng mellem den tilførte mængde og dennes intensitet og den mængde, der trænger igennem. Hvor revner, spalter m. v. i væggen er af betydning, kan det endvidere være nødvendigt at tage hensyn til vindtrykkets indflydelse. Specielle forhold gør sig iøvrigt gældende her, idet det i praksis kan lade sig gøre at nedsætte vandoptagelsen for f. eks. en teglsten ganske væsentligt ved siliconbehandling. Dette medfører imidlertid, at den vandmængde der strømmer forbi spalter og revner forøges, således at en øget vandgennemtrængning kan blive følgen. Ganske tilsvarende problemer rejser sig ved moderne vægelementer, hvor de store glaspartier helt afviser vandet. Der må her tages ganske særligt hensyn til varmeudvidelse, fugernes deformationsevne etc.

Den fugtmængde, der tilføres pr. tidsenhed ved kondensation, er lille i sammenligning med den pr. tidsenhed i form af slagregn tilførte mængde. Den tilstedeværende vandmængde hidrørende fra kondensation kan derimod være betragtelig og kan eventuelt medtages på den måde, at man gennemfører den i det følgende beskrevne operation i to tilfælde, et gennemsnitstilfælde og et ekstremtilfælde.

I tørvejrperioderne mellem regnskyllene vil væggen udtørres ved fordampning. Under givne meteorologiske forhold og for nærmere fastsatte temperatur- og fugtighedsforhold i rummet bag væggen vil man her kunne bestemme karakteristiske kurver for de forskellige materialer.

På dette grundlag kan man for et konkret regnvejrforløb optegne en dertil svarende kurve over fugtighedsindholdet i en bestemt væg, hvortil der enten er

stillet det krav, at den ikke må blive 100 % vandmættet, eller at en bestemt mætning ikke må overskrides. Optegnes et tilsvarende forløb for de mest intensive regnvejrperioder gennem en årrække, vil man få en række ekstremværdier for den optagne mængde, der ligeledes vil kunne danne et statistisk grundlag for dimensioneringen.

For kurven gælder iøvrigt, at de (aftagende) dele af kurven, der angiver fordampningen i tørvejrperioderne, kan fastlægges temmelig sikkert, mens de (voksende) dele af kurven, der betegner vandopbygningen, vil være behæftede med en temmelig stor usikkerhed. Det kan eventuelt også her blive nødvendigt at fastlægge en karakteristisk kurve for forskellige forhold (f. eks. et gennemsnitstilfælde og et ekstremtilfælde), idet man så ganske nøje definerer omstændighederne for kurvernes anvendelse. Er den vandmængde, der maksimalt må optages på den anden side på forhånd fastsat, kan man beregne, hvor hurtigt vandet kan tillades at blive opsuget, og man har mulighed for på forskellig måde at sørge for, at væggen bliver tilstrækkelig vandafvisende.

På baggrund af disse betragtninger sigter den løbende undersøgelse på SBI i første række mod en karakterisering af „slagregnsfeltet“ forskellige steder i landet. Ved beregning af den teoretiske slagregnmængde gennem en længere årrække vil man ved en statistisk behandling kunne etablere et grundlag for en rationel prøvemethodik og dimensionering. Dette indebærer dog, at også problemet om „slagregnsfeltet“'s indvirkning på virkelige bygninger tages op, således at i hvert fald en tilnærmet løsning kan bringes i anvendelse. Det bør samtidig nævnes, at registreringen af nedbør ved hjælp af pluviografer ikke er særlig udbredt her i landet (se ill.). En tilfredsstillende „dækning“ af hele landet kan kun opnås, dersom denne registreringsmetode udvides til at omfatte flere lokaliteter.