

K.H.T.

MONTAGEBYGGERI 0

DANSK INGENIØRFORENING · BYGGERATIONALISERINGSUDVALGET

MONTAGEBYGGERI

PUBLIKATION NR.

0

OVERSIGT OVER
RATIONALISERINGSUDVALGETS ARBEJDE
I ÅRENE 1954-57

RATIONALISERINGSUDVALGET 1954-57

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

LABORATORIET FOR BYGNINGSTEKNIK

I henhold til lov nr. 209 af 7. juni 1952 har boligministeriet af midlerne til teknisk-videnskabelig forsknings- og forsøgsvirksomhed stillet 194.000 kr. til rådighed for Dansk Ingeniørforening til brug for et udvalg vedrørende BYGGERIETS RATIONALISERING, især MONTAGEBYGGERI.

Denne publikation er en del af udvalgets arbejde i årene 1954-57.

Arbejdet har været fordelt på nedenstående udvalg:

Hovedudvalg

- Arbejdsudvalg 1. Montagebyggeriets nuværende stade.
- Arbejdsudvalg 2. Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde.
- Arbejdsudvalg 3. Statiske problemer i montagebyggeri.
- Arbejdsudvalg 4. Fuger, tolerancer og installationer.

Udvalgsmedlemmer:

Medlem af udvalg:

Civilingeniør POVL R. ANDERSEN, formand for udvalg 4	Hovedudvalg, 2, 4
arkitekt PH. ARCTANDER, M.A.A.	Hovedudvalg, 1
underdirektør, civilingeniør J. CHRISTOFFERSEN	3
civilingeniør P. M. FREDERIKSEN	4
direktør, civilingeniør JOH. HARTMANN	1
arkitekt EDV. HEIBERG, M.A.A.	4
civilingeniør W. JØNSSON	3
civilingeniør JOHS. JØRGENSEN	1
civilingeniør C. C. KIRCHHEINER	2
professor P. KJÆRGAARD, M.A.A.	4
civilingeniør V. KORSGAARD	2
arkitekt ESKE KRISTENSEN, M.A.A.	Hovedudvalg, 1, 2
civilingeniør A. K. KROG	2
civilingeniør P. E. MALMSTRØM, formand for hovedudvalget	Hovedudvalg
civilingeniør, dr. phil. P. W. MARKE	2
civilingeniør E. PHAFF MØRCK	4
civilingeniør EW. OLSEN	4
civilingeniør E. C. PEDERSEN	Hovedudvalg, 1
professor, dr. techn. B. J. RAMBØLL, formand for udvalg 3	Hovedudvalg, 3, 4
civilingeniør B. HØJLUND RASMUSSEN	Hovedudvalg, 3
civilingeniør SØREN RASMUSSEN	Hovedudvalg, 3
civilingeniør W. R. SIMONSEN, formand for udvalg 1	Hovedudvalg, 1
civilingeniør H. C. E. TEISEN	4
ingeniør J. THORSEN, M. af I.	4
civilingeniør V. USSING, formand for udvalg 2	Hovedudvalg, 2, 3
arkitekt M. VOLTELEN, M.A.A.	4
civilingeniør J. N. M. WÆRUM	1
civilingeniør JOHS. F. MUNCH-PETERSEN, sekretær for	Hovedudvalg, 1, 2, 4

I udvalgenes arbejde har endvidere deltaget civilingeniørerne M. EGESKJOLD (2), JØRN LUND (2), H. O. SONNE ANDERSEN (3), K. NOMMESEN (3), FL. MØLLER (4) samt nogle polyteknikere ved løsning af specielle opgaver.

OVERSIGT OVER
RATIONALISERINGSUDVALGETS
ARBEJDE

I ÅRENE 1954-57



villingen blev givet i en skrivelse af 21. maj 1954, og i efteråret samme år påbegyndtes arbejdet*).

I de to år, der var gået mellem ansøgning og bevilling, var meget blevet ændret. Det i ansøgningen opstillede undersøgelsesprogram måtte revideres, og der nedsattes da et hovedudvalg til at forestå fordelingen af problemer og midler på en række arbejdsudvalg.

Dette koordinerende hovedudvalg bestod af arkitekterne Ph. Arctander og Eske Kristensen, civilingeniørerne P. R. Andersen, P. E. Malmstrøm (formand), E. C. Pedersen, B. Højlund Rasmussen, professor, dr. techn. B. J. Rambøll, Søren Rasmussen, W. R. Simonsen og V. Ussing. Sekretær var civilingeniør Johs. F. Munch-Petersen, der samtidig fungerede som sekretær for arbejdsudvalgene.

Undersøgelserne blev delt i to hovedgrupper: Den ene omfattede en konstatering af, hvor langt man var nået idag, de rådgivendes og entreprenørernes erfaringer med montagebyggeri o. s. v. Den anden omfattede påkrævede undersøgelser af områder, hvor man manglede erfaringer og viden.

På disse områder var et absolut forskningsarbejde nødvendigt, det var nødvendigt at dyrke disse specialproblemer og finde løsninger, som igen kunne danne en mere almindelig basis for videre udvikling.

Udvalgets formål blev derfor dels at give et samlet overblik over vore erfaringer, dels gennem forskning at begrænse de fejl og mangler en ny udvikling uvægerligt fører med sig.

Det praktiske arbejde fordeltes på 4 arbejdsudvalg, hvis arbejde vil blive nærmere beskrevet i de følgende afsnit.

Disse 4 udvalg var: 1. Montagebyggeriets nuværende stade, omfattende generelle erfaringer.

*) D.I.F.'s ansøgning af 30. september 1952 omfattede:

1. En større byggepladsundersøgelse. Forme, støbning, montage m. v. (bevilget).
- 2-3. Undersøgelse af en rationel opbygning af en sandwichplade og facadefliser (bevilget).
4. Kondensvandsproblemer (bevilget).
5. Installationernes rationelle koordinering med konstruktionerne (bevilget).
6. Bygningstolerancer (bevilget).
7. Præfabrikerede søjler (bevilget).
8. Støjforplantning (ikke bevilget).
9. Varme- og varmtvandsforbrug (ikke bevilget).
10. Varmesystemer (ikke bevilget).
11. Murstenspaketering (ikke bevilget).
12. Aktiveret mørtel (bevilget).
13. Mekanisering af mindre byggepladser (ikke bevilget).
14. Undersøgelser over forspændt beton, hvortil en reduceret bevilling er givet. Arbejdet er igang i et parallelt udvalg med dr. techn. C. Ostenfeld som formand.

2. Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde, der behandlede specialproblemer teoretisk og ved forsøg samt gav en oversigt over specielle erfaringer med facadeelementer. 3. Statistiske problemer, som er specielle for montagebyggeri, forårsaget af f. eks. de spinkle dimensioner, den diskontinuerte opbygning o. s. v. 4. Fuger, tolerancer og installationer, der omfatter en række sammenknyttede problemer: Montage og tætning af bygningen, nøjagtigheden og dennes udnyttelse i forbindelse med installationer, samt simple installationsmetoder.

Den 5. gruppe var aktiveret mørtel, der ikke blev behandlet af udvalget, da interessen for dette emne kunne konstateres at være stærkt svindende.

Udvalgenes arbejder gennemførtes i nogle tilfælde ved udvalgsmøder, interviews med teknikere m. v. på et meget begrænset budget, da udvalget kun betalte sekretæren og trykningen, medens D. I. F. betalte kontorudgifterne. Nogle emner blev behandlet af lønnede specialister, og til andre opgaver, f. eks. opmålingerne, benyttes lønnet medhjælp. En meget stor del af udvalgets midler er dog benyttet til forsøgsvirksomhed på Danmarks tekniske Højskole.

D. I. F. har nu under 3. Marshall-bevilling søgt om yderligere midler og har fået bevilget ca. 100.000 kr. til bl. a. undersøgelse af montageproblemer og fortsatte undersøgelser af ydervægs-konstruktioner.

Ved udarbejdelsen af udvalgsberetningernes engelske resumeer har følgende medvirket:

- Civilingeniør B. B. Lauritzen (udvalg 1, 2 og 4).
- Civilingeniør S. A. Lomholt (udvalg 1).
- Civilingeniør B. A. Silfverberg (udvalg 4).
- Civilingeniør A. Friis Touborg (udvalg 3).

På de følgende sider vil der blive givet et resume af de arbejder, udvalgene har udført. Endnu mangler både udvalg 2 og 3 at afslutte de igangværende forsøg og udsende rapporter herover. Sammenlagt vil udvalgsrapporterne derefter komme til at omfatte 6-700 sider, der er udtryk for en meget betydelig arbejdsindsats fra udvalgenes side.

Dansk Ingeniørforening bringer hermed sin tak til alle udvalgsmedlemmerne, der vederlagsfrit har stillet tid, viden og erfaring til rådighed for arbejdet.

En særlig tak rettes til de bevilgende myndigheder, der har givet Dansk Ingeniørforening denne mulighed for at bidrage til byggeriets rationalisering.

Arbejdsudvalg 1:

Montagebyggeriets nuværende stade.

[Publ. nr. 9. Montagebyggeriet idag].

Medlemmer: Arkitekterne Ph. Arctander og Eske Kristensen, civilingeniørerne Joh. Hartmann, Johs. Jørgensen, E. C. Pedersen, W. R. Simonsen (formand) og J. N. M. Wærum. Sekretær: Civilingeniør Johs. F. Munch-Petersen.

Det var oprindelig tanken, at man til grundlag for arbejdet i de fire arbejdsudvalg skulle udarbejde en særlig statusrapport, hvori det så præcist som muligt blev angivet, hvilken faktisk viden man er i besiddelse af, for derved at indkredse de problemer, som i særlig grad trænger sig på med et behov for forsøg. Udarbejdelsen af denne statusrapport blev henlagt til et særligt udvalg, arbejdsudvalg 1.

Man havde håbet at kunne samle de grundlæggende oplysninger til statusrapporten ved samtaler og diskussioner med teknikere – fortrinsvis dem, der i deres daglige virksomhed har beskæftiget sig med montagebyggeri – og der har i overensstemmelse hermed været ført en række samtaler af udvalgets formand og sekretær med ingeniører, der som entreprenører og/eller fabrikanter har erfaring med montagebyggeri. Dette måtte på forhånd synes en meget naturlig arbejdstilrettelæggelse, og det manglede heller ikke på god vilje fra de firmaers side, som på denne måde blev interviewet, ligesom der fra et par entreprenørfirmaers side i skriftlige indlæg blev gjort udførlig rede for deres erfaringer. De spørgsmål, der blev stillet til firmaerne, var angivet i et skema, og omfattede hovedsageligt disses produktionstekniske og økonomiske erfaringer. Det viste sig imidlertid, at spørgsmålene var uløseligt sammenknyttede, således at de ikke lod sig besvare hver for sig, men at skemaets besvarelse måtte resultere i en afhandling, hvad man ikke kunne forvente, at de adspurgte ville have tid til at forfatte. Fra et enkelt firma fremkom dog en sådan samlet besvarelse, som er indarbejdet i rapporten. Den her nævnte vanskelighed viser imidlertid, hvor nært sammenknyttet alle montagebyggeriets problemer er, lige fra planløsninger og projektering af konstruktioner og installationer til montage og færdiggørelse på pladsen.

En anden ligeså væsentlig – eller måske endda væsentligere – vanskelighed viste sig at ligge i den enorme udvikling, montagebyggeriet er inde i. De forskellige firmaer har været inde i dybtgående overvejelser med hensyn til de produktionsmetoder, som er de mest økonomiske, og det

kan ikke overraske, at resultaterne af overvejelserne og de indhøstede erfaringer ikke er sammenfaldende. Hertil kommer, at det ikke er muligt at konstatere ved forsøg, hvem „der har ret“. Hver enkelt kan i og for sig have ret ud fra sine forudsætninger. Arbejdet i udvalget skiftede derfor efterhånden karakter og afviger på væsentlig måde fra arbejdet i de øvrige udvalg. Mens arbejdet i de øvrige udvalg har kunnet anlægges på et mere konkret grundlag og indenfor de givne økonomiske rammer har kunnet formuleres i et forsøgsprogram, har arbejdet i udvalg 1 ikke kunnet hvile på et sådant eksakt grundlag. Statusrapporten, som er resultatet af arbejdet, indeholder dels en række konkrete oplysninger, som for en væsentlig dels vedkommende er resultatet af de tidligere omtalte interviews og rapporter, dels en række eksempler på udførte konstruktioner, og endelig en række synspunkter, som er væsentlige for den videre udvikling af montagebyggeriet, og hvis konsekvenser er fremstillet så objektivt som muligt.

Af disse synspunkter kan der måske være grund til at fremhæve et temmelig fundamentalt, nemlig nødvendigheden af at bygningsvedtægternes bestemmelser ændres fra at være beskrivende til at formuleres som funktionskrav eller normer. Det er ikke rimeligt, at alle krav til byggeriet fortsat skal tage deres udgangspunkt i det murede hus med træbjælkelag, hvorledes dets dimensioner er, og hvilke egenskaber det har. Der er derfor opstillet et skema, som angiver hvilken *art* krav, der bør stilles til de forskellige elementer, men uden forsøg på at angive talværdier for kravene.

Med den ændring af udvalgets arbejde, som på denne måde har fundet sted, er det naturligt, at udvalgets formand og sekretær står som forfattere til rapporten, hvis indhold er præget af de meninger og synspunkter, som udvalgets øvrige medlemmer har givet udtryk for, og som ikke altid har været sammenfaldende.

Selv om udvalgets oprindelige hensigt var den at pege på problemer, som det måtte være naturligt for de øvrige udvalg at tage op til behandling, var det naturligvis tillige tanken at sammenfatte undersøgelsesresultat i en rapport med offentliggørelse for øje. Denne sidste hensigt er efterhånden blevet den eneste motivering for udvalgets arbejde.

Rapporten henvender sig derfor såvel til projekterende som udførende, men den indeholder antagelig ikke væsentligt nyt for dem, der gennem mange år har beskæftiget sig med disse spørgsmål, men skulle give en vejledning for dem,

der søger en introduktion til emnet og ønsker at se det behandlet i sammenhæng.

Statusvurderingen omfatter i hovedsagen råhuset, udført i beton, men også andre problemer er medtaget. Naturligvis må alle problemer ses under eet, men op til idag har rationaliseringsbestræbelserne for de øvrige fag kun båret ringe frugt – og de fleste byggerier har været udført i beton. Derfor har beretningen slagside mod beton-elementerne, men det må understreges, at i den fremtidige udvikling vil også lette materialer, rationelle muringsmetoder, installationsfagenes rationalisering o. s. v. blive vigtige faktorer.

Af samme grund er dispositionen opbygget ud fra processernes normale rækkefølge ved projektering og opførelse af et beton-montage-hus: Principielle synspunkter, overvejelser under planlægningen, elementernes udformning og størrelse, fabrikationens planlægning og udførelse samt montagearbejdet.

Rapportens indledning omfatter de principielle betragtninger, og viser udviklingen fra årene efter krigen og op til nu. Betonen har været midlet, men er ikke et mål; hele udviklingen viser en linie mod målet industrialisering. I samme afsnit behandles problemerne i forbindelse med byggeriets organisation og planlægning: Der kræves et hidtil ukendt samarbejde.

Elementernes udformning er beskrevet dels for en række almindelige elementtyper, dels ud fra de funktionskrav, der kan stilles. Funktionskrav, udtrykt i talværdier, må som nævnt være målet for fremtidens byggelove, – forskrifter, – regulativer og – normer; et simpelt krav om ækvivalens med traditionens byggeri er uholdbart og urationelt. Særlig nævnes brandsikringskravene, der ikke er opbygget ud fra rationelle synspunkter.

Konkret omtales etageadskillelser, bærende vægge og facader. Udviklingen synes at gå mod plane betonetageadskillelser med hulrum, bærende tværvægge i betonelementer og højisolerede facader med en begyndende udvikling af lette konstruktioner.

Elementernes størrelse synes i dag at gå mod de rumstore elementer, idet de med de i øjeblikket kendte produktionsmetoder og materialer synes økonomisk fordelagtigst. Blot der fremstilles 150 ens elementer, er prisminimum i praksis nået, og dette hævdes af nogle altid at ville være tilfældet.

Andre hævder, at fremtidens teknik vil skabe mulighed for noget mindre, generelt anvendelige elementer, fremstillet i masseproduktion til lave priser. Spørgsmålet er uafklaret, men projekterne bør tilrettelægges således, at en udvikling ikke hindres. Montagemæssigt er de store elementer en fordel. Der er få kranoperationer og få fuger.

Udviklingen synes at gå bort fra feltfabrikkerne mod stationære fabrikker, der bedre kan udforme en rationel proces. Om formenes art, tunge, stationære – eller lette, bevægelige forme i punkt-fabrikation subsidiært samlebandsoperation, er der en del usikkerhed, da begge typer har væsentlige fordele.

Sammenhængen mellem elementets pris, leveringstiden, formudnyttelsen o. s. v. er endvidere behandlet matematisk, og det viser sig naturligvis, at det er stærkt fordyrende at presse en leverance igennem på kort tid, men derudover kan der udledes en række resultater af betydning for planlægningen af produktionen.

Problemer som forme, materiale, tolerancer og formolie er ligeledes behandlet i forbindelse med beskrivelsen af fabrikens arbejdsoperationer.

Endelig afsluttes med en kort beskrivelse af montageoperationerne og deres planlægning. Grundsynspunktet er, at en kran skal udnyttes, d. v. s. at leverance og montage må koordineres: Ingen spildtid, ingen omladning, intet mellem-lager, hurtig placering af elementet er afgørende. Bagefter kan placeringen eventuelt justeres og fugningen udføres.

I et tillæg gennemgås en række elementer og fuger, samlet fra praksis. Dette tillæg er fælles med udvalgt 4's publikation om fuger (nr. 4).

I det andet tillæg gennemgås to store, franske byggerier. Det væsentlige heri er dog ikke metoderne selv, selv om de er vidt fremskredne, men det faktum, at der i Frankrig er væsentlige besparelser ved nye metoder som følge af, at entreprenørerne på grund af myndighedernes forståelse kan disponere på langt sigt: Kontrakter på 5–7 år (eller omfattende 20.000 lejligheder) er almindelige.

For udvalgets midler har sekretæren i sommeren 1956 besøgt Storbritannien og Frankrig på studierejse. En rapport over rejsen er offentliggjort i „Byggeindustrien“, 1957, nr. 6 ff.

Arbejdsudvalg 2: Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde.

[Publ. nr. 8: Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde. Publ. nr. 2: Kuldebroer (uddrag af publ. nr. 8). Publ. nr. 7: Fugttransport i ydervægge (uddrag af publ. nr. 8)].

Medlemmer: Civilingeniørerne P. R. Andersen, C. C. Kirchheiner, V. Korsgaard, arkitekt Eske Kristensen, civilingeniørerne A. K. Krog, dr. phil. P. W. Marke, og V. Ussing (formand). Civilingeniørerne M. Ege-skjold og Jørn Lund har udført den væsentligste del af arbejdet og Johs. F. Munch-Petersen har været sekretær.

Ved et facadeelement har udvalget forstået en helt eller delvist færdigfremstillet bygningsdel til montagebyggeri, der helt eller delvist tjener som klimaskærm. Det ligger i den definition, at man kun har behandlet montagebyggeri – men resultaterne af udvalgets hovedundersøgelser vil kunne anvendes på alle typer byggeri og er forsåvidt gældende for alle typer af facader.

Rapporten omfatter en beskrivelse af elementernes opbygning i et eller flere materiallag og de funktioner, som et eller flere lag må opfylde: Beskyttende, bærende, isolerende o. s. v. Oversigten er suppleret med en række eksempler fra praksis.

Endvidere behandles to vigtige komponenter: Beton og isolationsmaterialer, deres egenskaber og anvendelse.

I et kapitel om virkemåden omtales det store antal egenskaber, som facaden skal opfylde. To problemer er i denne forbindelse behandlet meget udførligt, og disse afsnit af rapporten udsendes også som selvstændige rapporter.

Det ene problem er *fugttransport*, som spiller en stor rolle for den rette funktioneren i vintermånederne.

Fugttransport i facadeelementer kan ske som transport af vanddamp ved diffusion eller gennemstrømning af luft, der optager og afgiver vanddamp, eller som transport af frit vand, kapillær sugning, gennemstrømning af luft med vand i dråbeform, slagregn og endelig ved gennemsivning af vand under tyngdekraftens påvirkning. For de to hovedformer, diffusion og kapillær sugning, gælder tilsvarende regler som for varme-transport, d. v. s., at mængden, der går igennem, er en konstant gange en differens, trykgradienten eller fugtighedsgradienten. Disse konstanter kaldes diffusionstallet og kapillærsugningstallet og er vigtige materialekonstanter, når man skal konstruere den helt rigtige facade.

FIG. 1.

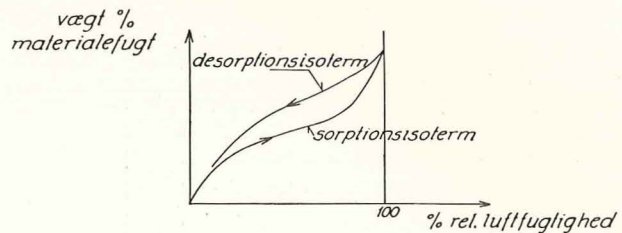


Fig. 1. Sorptionsisoterm.

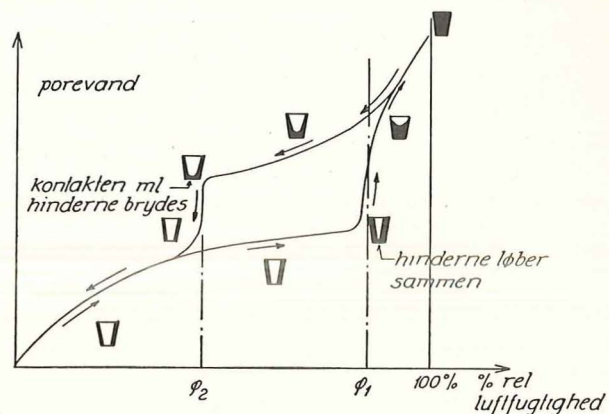
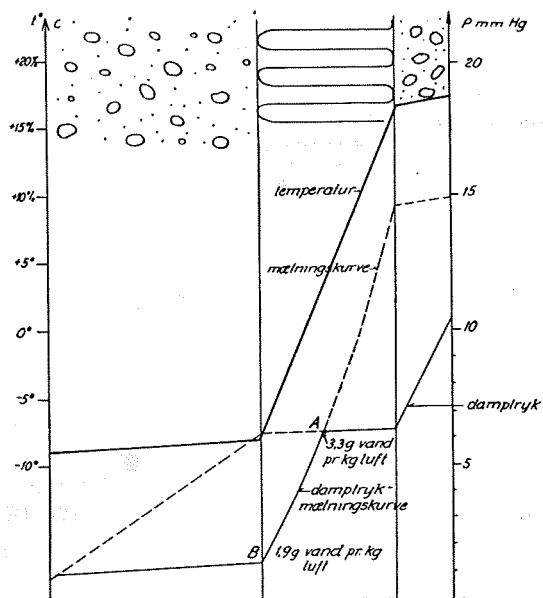


Fig. 2. Hysteresevirkningens princip.

Afhængig af porediameteren vil der være et vist vandindhold, og denne volumenprocent vand vil svinge med den relative fugtighed, således at en forøget relativ fugtighed medfører en forøget materialefugtighed. Fænomenet kaldes sorption. Sammenhængen mellem materialefugtighed og temperatur fremgår af sorptionsisotermen, der afbildes i et koordinatsystem med den relative fugtighed som absicisse og materialefugtigheden i % som ordinat. Som det fremgår af fig. 1 og 2, er der en vis hysteresevirkning, afhængigt af processens retning.

For at kunne foretage en tilfredsstillende beregning af en vægkonstruktion, er det derfor nødvendigt at have kendskab til følgende materialekonstanter:

- 1) hygroskopisk bundne vandmængder ved forskellige relative luftfugtigheder.
- 2) diffusionstal k_d ved forskellige relative luftfugtigheder.
- 3) kapillærsugningstal k_u .
- 4) varmeledningstal ved forskellige relative materialefugtigheder.
- 5) afstrømningshastigheder ved forskellige relative materialefugtigheder.



På strækningen A-B afgives $100 \cdot \frac{3.3-1.9}{3.3} = 42.5\%$ af den gennemstrømmende damp dvs 42.5% af $0.229 \cdot 0.097 \text{ g/m}^2 \text{ pr. time}$

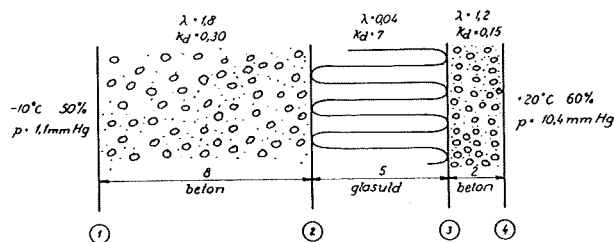


Fig. 3. Teoretisk begyndelsestilstand.

signaturer:

- ← diffusion
- ⇌ kapillær sugning
- ↪ fortætning
- ↯ fordamning
- ↓ afstrømning

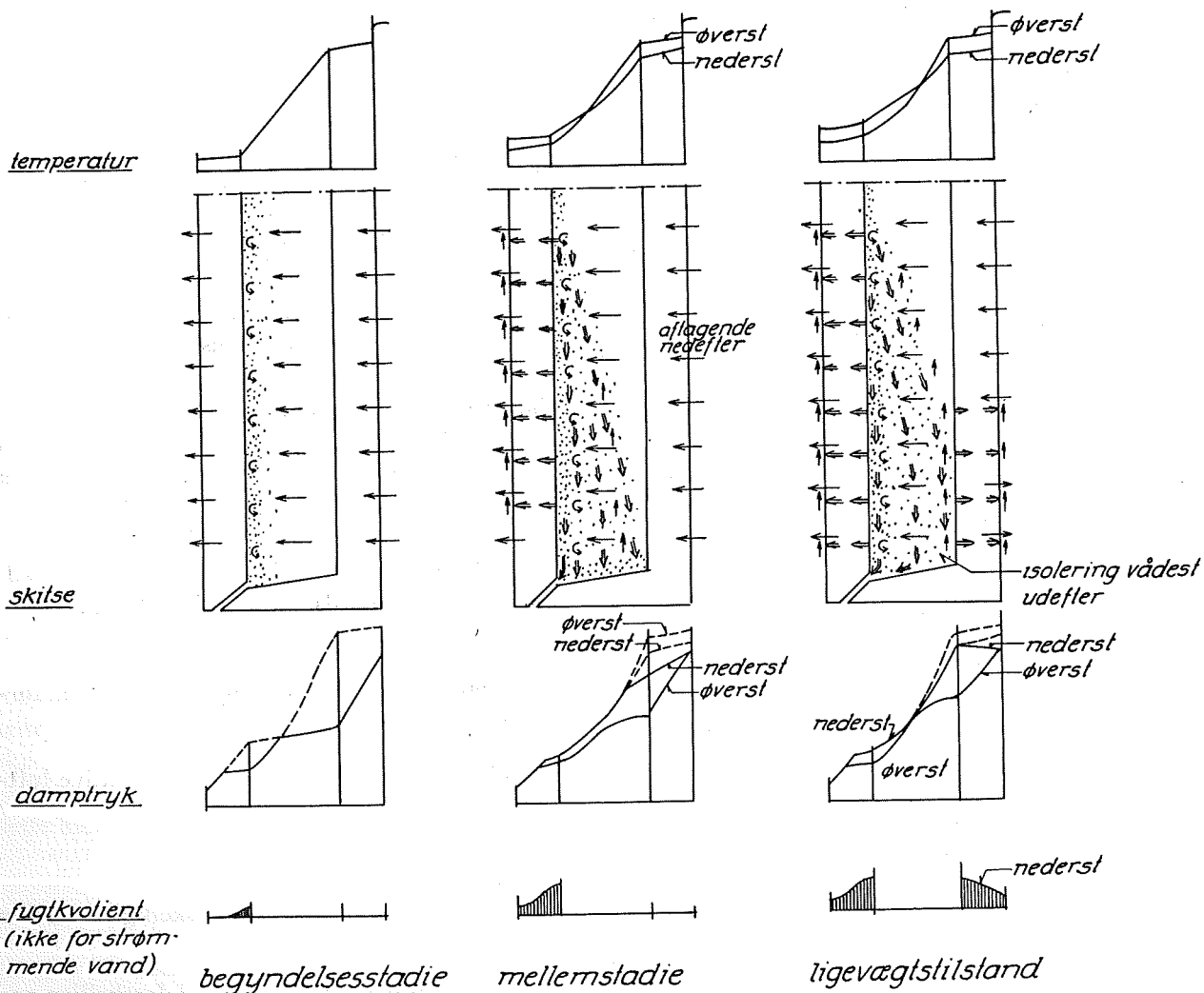


Fig. 4. Udviklingen fra begyndelsestilstand til ligevægtstilstand.

Specielt for punkterne 2), 3) og 5)'s vedkommende er forholdene uafklarede, og der må antageligt udføres en omfattende grundforskning, før end en rationel material- og konstruktionsbedømmelse er mulig.

Kender man ikke disse konstanter, kan ligevægtstilstanden normalt ikke beregnes. Derimod kan begyndelsesstadiet udregnes, f. eks. som vist på fig. 3.

Kurverne for det beregnede damptryk samt for mættede dampes tryk ved samme temperaturer er indtegnet på fig. 3, og det ses, at der ved punkt A indtræder mætning, hvorfor der fra A til B vil afgives frit vand samtidig med at damptrykkurven vil følge mætningskurven.

Dannelsen af vand og/eller is vil medføre, at tilstanden ændres, som antydnet på fig. 4.

Udvalgets andet teoriproblem var *kuldebroer*, der ligesom fugttransportproblemet blev behandlet af civilingeniør M. Egeskjold.

Der er teoretisk behandlet to problemer, den lineære og den punktformige kuldebro. Resultaterne af den matematiske behandling af *den lineære kuldebros problem* fremgår af fig. 5-6-7.

Fig. 5 viser temperaturkurverne i en betonplade, der skærer gennem en isolerende ydermur. Fig. 6 viser de tilsvarende kurver når betonpladen (f. eks. etageadskillelsen) har en lettere isolering på den ene side (f. eks. bræddegulv), og en kraftig isolering i en smal stribe på den anden side (f. eks. kork på etageadskillelsens underside). Fig. 7 viser forholdene når betonpladen kun har en lettere isolering på denne side (f. eks. bræddegulv på etageadskillelse).

De udledte formler og eksemplerne viser, at man skal være opmærksom på følgende forhold:

- 1) Når et jernbetondæk eller -væg bryder helt igennem den ydre isolering, er fremspringet foran facaden uden væsentlig betydning – det er endog sandsynligt, at et kraftigt fremspring vil dæmpe kuldebroen lidt.
- 2) Det almindelige middel mod kuldebroer – nemlig opsætning af en isolering eller et panel på langs – nedsætter ikke varmetabet i særlig høj grad. Iøvrigt er varmetabet af ret ringe størrelsesorden.

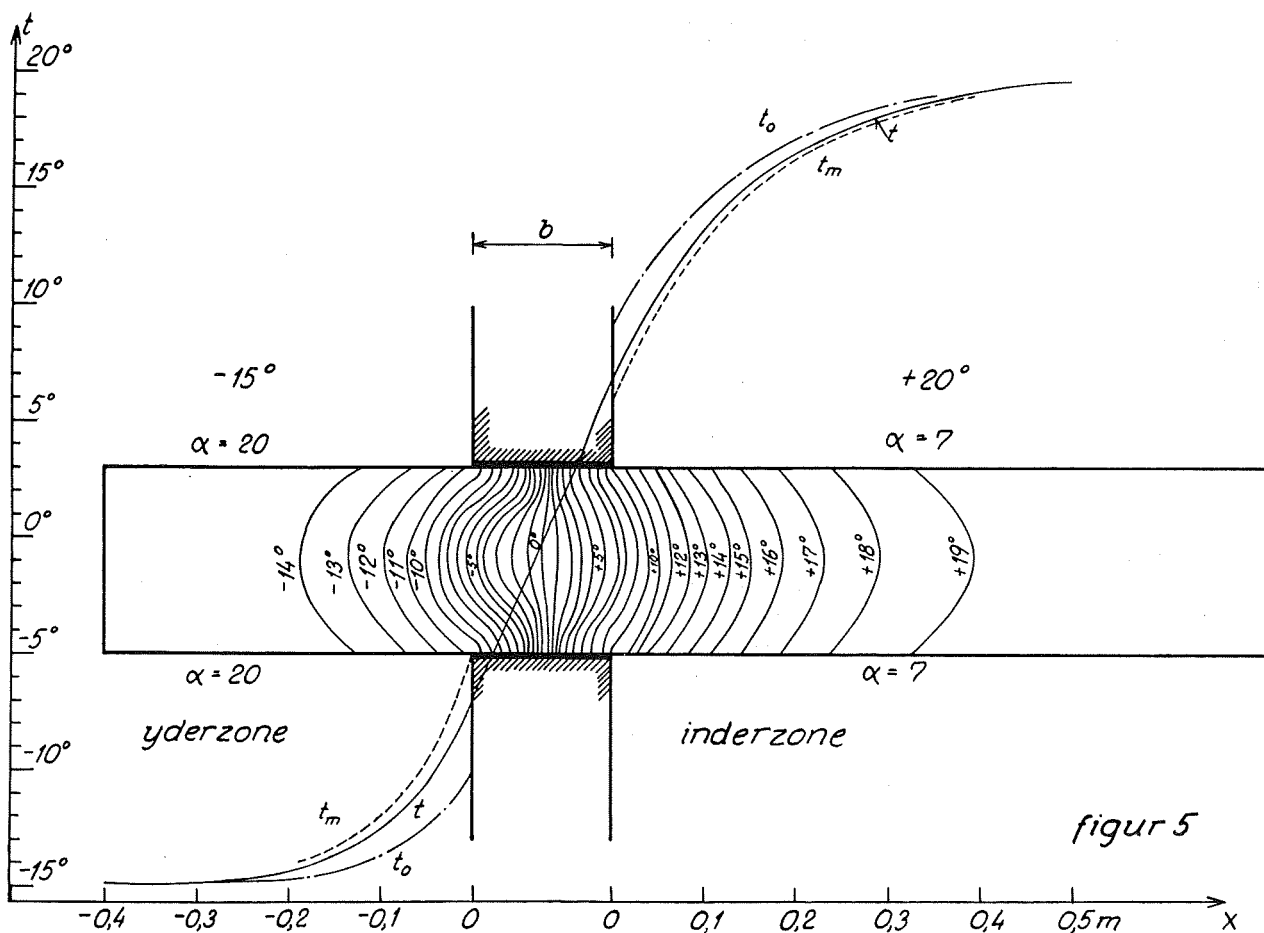


Fig. 5. Isothermer for uisoleret betonplade.

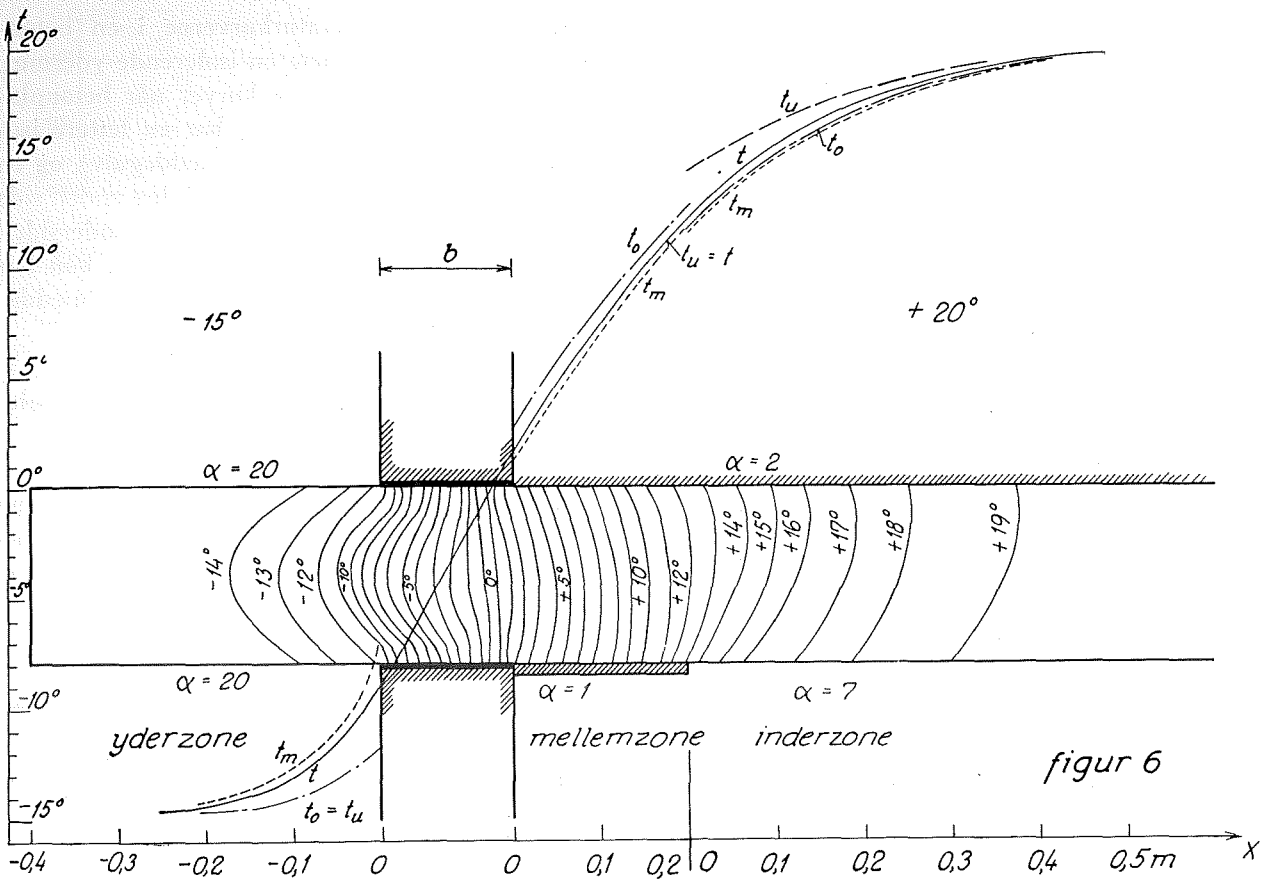


Fig. 6. Isothermer ved kraftig isolation i mellemzone på den ene side og let isolation på den anden side (f. eks. etageplade med korkisolation og bræddegulv).

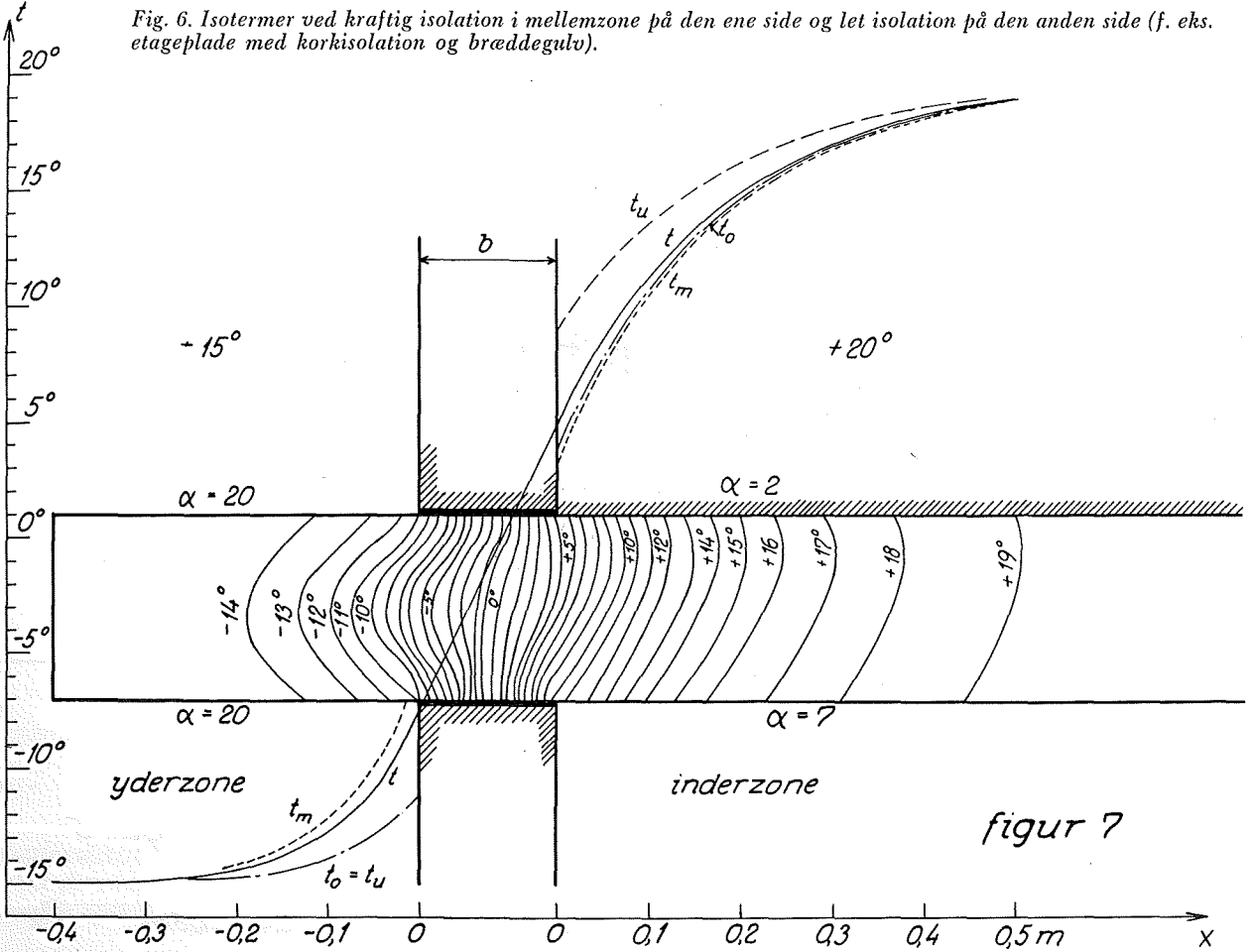


Fig. 7. Isothermer ved let isolation på den ene side (f. eks. etageplade med bræddegulv).

3) Ovennævnte foranstaltning medfører en væsentlig lavere temperatur under isoleringen og dermed en fare for kondensdannelse i denne.

Overfladetemperaturen, hvor isoleringsbræmmen afsluttes, bliver ligeledes en del lavere (i eksemplerne ca. $3,5^\circ$).

Har man 20°C og 60 % relativ fugtighed er dugpunkttemperaturen ca. 12°C . Heraf ses, at i figur 5, hvor væggen er ubeskyttet på begge sider, er temperaturen under 12°C på en bredde af kun 4 cm,

i figur 7, hvor den ene side har en let isolering vokser denne bredde til ca. 6 cm,

i figur 6, hvor der tillige på den anden side er en bræmme af kraftig isolering, udvides det kritiske område til ca. 18 cm.

Det vil sige, at en såkaldt „dugisolering“, der er ret bekostelig i opsætning, har til følge, at de lave temperaturer trækkes længere ind i bygningen og dermed i ganske betydelig grad udvider det område, hvori kondensering kan forekomme.

Ved kuldebroer af den her omhandlede type bør man sikkert koncentrere sig om at træffe forholdsregler ud fra eet af følgende to principper:

1) Fremskaffelse af en overflade, der tåler de lave temperaturer med eventuelle deraf følgende fugtdannelser, uden at der sker skade eller misfarvninger.

2) Opsætning af et materiale, der besidder evnen til i ekstreme tilfælde at suge fugtigheden fra overfladen, som derved skånes for misfarvninger.

Dette materiale må kun have en moderat isolerende virkning, idet en for kraftig isolering vil øge kondensdannelsen inde i materialet og tillige bevirke, at temperaturovergangen på overfladen vil blive for brat, hvor isoleringen holder op.

Endvidere er den *punktformige kuldebro* behandlet.

Konklusionen af de teoretiske betragtninger synes at være følgende ganske enkle regel:

Såfremt det er nødvendigt at forbinde en varm og en kold plade med stritter, og man vil formindske risikoen for „temperaturpletter“ i den ene af pladerne, skal man sørge for at strittens indstøbningslængde i den pågældende plade gøres stor, mens den i den anden plade gøres så lille, som det ud fra konstruktive krav er muligt.

I praksis har man hidtil haft følgende 2 tilfælde af ulemper:

1) Indvendige fugtpletter ved stritter i konstruktioner med en indvendig tynd skal.

Dette skulle kunne bekæmpes ved at gøre indstøbningslængden i den indvendige flade stor f. eks. ved en spiraludformning af stritten – samtidig må indstøbningslængden i den udvendige skal gøres kort f. eks. med en kort hage om en tværpind af et mindre ledende materiale.

2) Udvendige udtøringspletter ved stritter eller bæreankre i konstruktioner med udvendig tynd skal.

Dette skulle kunne bekæmpes ved en tilsvarende foranstaltning, d.v.s. stor indstøbningslængde i ydre skal og kort kraftig indstøbning i indre skal.

En væsentlig del af udvalgets arbejde og midler er anvendt til *forsøg på Danmarks tekniske Højskole med facadekonstruktioner*, som de opbygges i praksis. Forsøgene vil antageligt fortsætte i længere tid, idet der nu som omtalt er bevilget yderligere midler på 3. marshallbevilling. Der kan dog allerede nu udledes en del resultater af forsøgene: Under en forsøgsperiode på ca. 3 uger med udvendig temperatur -10°C og indvendig temperatur $+20^\circ\text{C}$ og 70 % relativ fugtighed – extreme forhold i Danmark – aflejres der vel is i konstruktionerne, men mængderne er så små, at de ikke vil kunne give gener, forudsat at isolationslaget er drænet udad, således at optøende is kan bortledes. Ingen normale konstruktioner synes at kunne give gener. Ventilerede hulrum synes ikke at have nogen positiv betydning, måske virker de endda skadeligt.

Udvalget gør dog opmærksom på, at det vel kan tænkes, at man må træffe særlige foranstaltninger til hindring af fugtgener. Dette gælder særligt, hvis den indvendige luftfugtighed er høj, f. eks. fordi der benyttes ventilationsanlæg med luftbefugtning, i dårligt ventilerede køkkener etc. Noget tyder på, at moderne huse er tætnede og isolerede i så høj grad, at luftfugtigheden er højere end tidligere, således at f. eks. kuldebroer kan blive årsag til gener. Endvidere må placeringen af damptætte lag i forhold til ventilationslag, ventilationsåbninger o.s.v. overvejes nøje. Et udvendigt dampstandsede lag vil forøge faren for fugtgener væsentligt.

Arbejdsudvalg 3: Statiske problemer i montagebyggeri.

[Publ. nr. 1: Skiver opbygget af elementer.

Publ. nr. 5: Koncentrerede belastninger på bjælker med rektangulært tværsnit.

Under udarbejdelse: Bæreevne af tværbelastede, indstøbte bolte].

Medlemmer: Civilingeniørerne Jørgen Christoffersen, W. Jønsson, professor, dr. techn. B. J. Rambøll (formand), civilingeniørerne B. Højlund Rasmussen (sekretær), Søren Rasmussen, Vagn Ussing. Endvidere har medvirket civilingeniørerne H. O. Sonne Andersen (publ. nr. 1) og Kai Nommesen (publ. nr. 5; medforfatter: B. Højlund Rasmussen).

Af de mange, væsentlige statiske problemer er foreløbigt valgt 4 ud til behandling.

1. *Skiver* opbygget af elementer (publ. nr. 1 samt offentliggjort i *Ingeniøren*, 1956, side 598). I artiklen behandles 2 typer fuger, fuger uden fortanding og fuger med fortanding. De kræfter, der kan opstå i fugerne sat i relation til fugernes styr-

ke, tyder på, at fuger uden fortanding i almindelighed kun bør anvendes i helt underordnede konstruktioner, og at man bør bruge en fortandet eller forspændt konstruktion, hvis man skal have en konstruktion, man kan stole på.

Der er i artiklen regnet et par konkrete eksempler igennem, hvor man forsøger at bestemme de optrædende deformationer og de optrædende kræfter. Beregningerne hviler på visse forudsætninger, og det ville være af stor værdi, hvis man senere hen kunne få nogle forsøg, der kunne bekræfte forudsætningerne.

2. *Koncentrerede belastninger* på bjælker med rektangulært tværsnit (publ. nr. 5 samt offentliggjort i *Bygningsstatistiske Meddelelser*, 1956, side 199).

I montagebyggeri, hvor elementer stables ovenpå hinanden, vil man ofte komme ud for at tage stilling til, hvor store lejefladerne skal være. I denne artikel har man behandlet problemet, og ud-

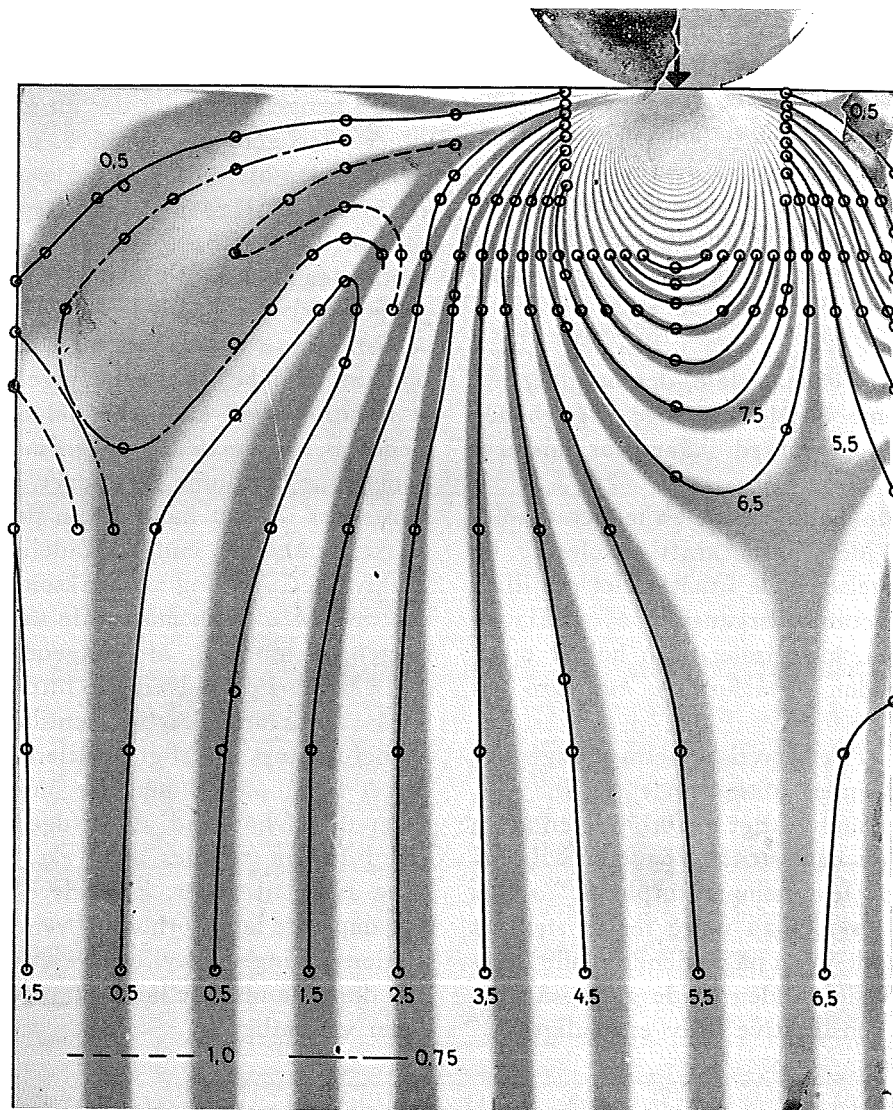


Fig. 8. Fotoelastisk spændingsbillede af excentrisk enkeltkraft på bjælkens endeplade.

viklet en tilnærmelsesmetode til bestemmelse af spændingstilstanden i omegnen af det punkt, der er angrebet af en koncentreret belastning. Metoden er benyttet til gennemregning af nogle eksempler, hvoraf et resultat vises på fig. 8.

Figuren viser et fotoelastisk spændingsbillede af en bjælke påvirket af en excentrisk angribende enkeltkraft vinkelret på bjælkens endeflade. De mørke skygger hhv. de optrukne linier viser fotografisk registrerede og beregnede niveaukurver for differensen mellem største og mindste hovedspænding. Der er overordentlig god overensstemmelse mellem teori og praksis, og man er herved nået et stykke nærmere problemets løsning, idet spændingerne kan beregnes. Før end en brudteori er opstillet, er resultaterne dog ikke direkte anvendelige, men det har oversteget udvalgets kræfter at tage dette generelle problem op.

3. *Sandwichplader.* Det har vist sig, at sandwichplader har tilbøjelighed til at flække i skillefladen mellem stærk og svag beton, og udvalget har forsøgt at finde spændingen i grænsefladen

mellem to lag, der svinder forskelligt. Man har forsøgt at tage forskellige tilnærmelser i brug, men resultaterne har vist sig at være upålidelige, og en nøjagtig metode baseret på nogle rækkeudviklinger har vist sig at være så uoverkommelig rent manuelt, at den simpelthen ikke har kunnet gennemføres. Endskønt der er nedlagt et endog meget stort arbejde i disse undersøgelser, må det konstateres, at der ikke er nået noget positivt resultat.

4. *Bæreevne af tværbelastede, indstøbte bolte.* Ved hjælp af plasticitetsteorien har man udledt, at formlen antageligt må lyde:

$P_m = c \cdot d^2 \sqrt{\sigma_P \cdot \sigma_T}$, hvor c er en konstant, d jernets diameter, σ_P betonens prismestyrke og σ_T boltens trækstyrke. Et eksamensprojekt, udført af civilingeniør Jacob Bondorf under ledelse af civilingeniør B. Højlund Rasmussen, viser, at c -værdien er ca. 1 for glat jern og ca. 2 for gevindskårne bolte. Forsøgene er udført for σ_P mellem 100 og 400 kg/cm² og σ_T mellem 2800 og 4300 kg/cm².

Arbejdsudvalg 4:

Fuger, tolerancer og installationer.

[Publ. nr. 3: Modulordningen.

Publ. nr. 4: Fuger.

Publ. nr. 6: Byggeriets nøjagtighed.

Under udarbejdelse: Installationer].

Medlemmer: Arkitekterne Edv. Heiberg, P. Kjærgaard, M. Voltelen, civilingeniørerne P. R. Andersen (formand), P. M. Frederiksen, E. Phaff Mørck, Ewald Olsen, professor, dr. techn. B. J. Rambøll, civilingeniør H. C. E. Teisen og ingeniør J. Thorsen. Sekretær: Civilingeniør Johs. F. Munch-Petersen.

Udvalgets titel omfatter 3 problemer, der er nært forbundne indbyrdes og med modulproblemet, som udvalget har behandlet i publikation nr. 3, Modulordningen, en kommentar til det danske modulforslag.

Fugeproblemet behandles i publikation nr. 4, Fuger. Arbejdet er forsåvidt kun registrerende og systematiserende, som der kun opstilles de krav, der kan stilles til fuger, og de funktioner, fuger skal udføre, suppleret med en ret fyldig beskrivelse af en række udvalgte eksempler fra dansk praksis i årene 1952-56.

Fugeproblemerne opstilles ud fra *a) krav til fugen*: Kraftoverførsel af større eller mindre kræfter i 3 retninger, tæthed over for vind, vand og lyd, bevægelsesmuligheder som følge af svind, krybning, sætninger og temperaturvariationer (subsidiært hindring af bevægelser), simple forhold ved opstilling, udfugning o.s.v., d.v.s. under montagen, herunder optagelse af målafvigelse, fremførsel af installationer, æstetik, problemer ved endeforme, der forskaller de til fugen grænsende elementdele o.s.v.

Problemerne vægt afhænger af fugens art. F. eks. er kravet om kraftoverførsel forskelligt for fugen mellem etageplader og bærende vægge, og for fugen mellem altanbrystninger og facader. I det første tilfælde er kræfterne store, men rettet i en for fugen gunstigere retning. Tæthedsproblemet er ligeledes af varierende betydning.

Lydproblemet er der normalt næppe grund til at beskæftige sig med; det er kun et egentligt problem i fuger i vægge, der er lejlighedsskel; derimod er vind- og vandproblemerne væsentlige, specielt må fremhæves, at vindtætheden i fugerne hidtil ikke har haft den opmærksomhed, den burde have haft. Fugerne skal give bevægelsesmuligheder, idet det ikke kan nytte noget at prøve at låse konstruktionen sammen; den svinder og sætter sig, og temperaturbevægelserne vil under alle

omstændigheder få konstruktionen til at revne et eller andet sted, og hvis fugerne er lavet stærke, vil det være elementerne, der revner i stedet for. Fuger i facaderne bør udformes sådan, at de kan optage bevægelser uden at blive vandutætte.

Det æstetiske giver sig udtryk i to forhold: fugemønstret, der hænger sammen med elementopdelingen og fugens detaljer, der f. eks. i reglen er en variation over den tilbageliggende fuge. Den er langt den nemmeste at udføre, da en plan fugedels er umiddelbart vanskelig p. gr. af målafvigelse og forskelle i material karakter, dels er tilbøjelig til at give stærkt skæmmende svindrevner.

Denne nuancering af kravene efter fugens art har ledet til en inddeling efter *b) fugetyper*: Lodrette facadefuger, vandrette facadefuger, indervægges lodrette fuger, vandrette fuger mellem etageplader, fuger mellem etageplader og vægge og endelig fuger mellem søjler, bjælker, vægge m. v. med væsentlige kræfter, der skal overføres, samt vinduesfuger.

Endelig kan fugerne inddeles efter *metode og materiale*: Mørtel (cement-, bastard-, kalkmørtel), plastisk kit, påsprøjtede plastichinder, stopning med værk eller bedre stenuld, inddækninger o.s.v.

Rapportens sidste afsnit indeholder en detaljeret beskrivelse af elementer, metoder og især fuger i en række danske montagebyggerier.

Som eksempel gengives tekst og tegning, blad VII.

Ikke-bærende facadeelementer til boligbyggeri.

h =etagehøjde eller brystningshøjde, b =afstanden mellem bærende vægge, tykkelse 15 cm.

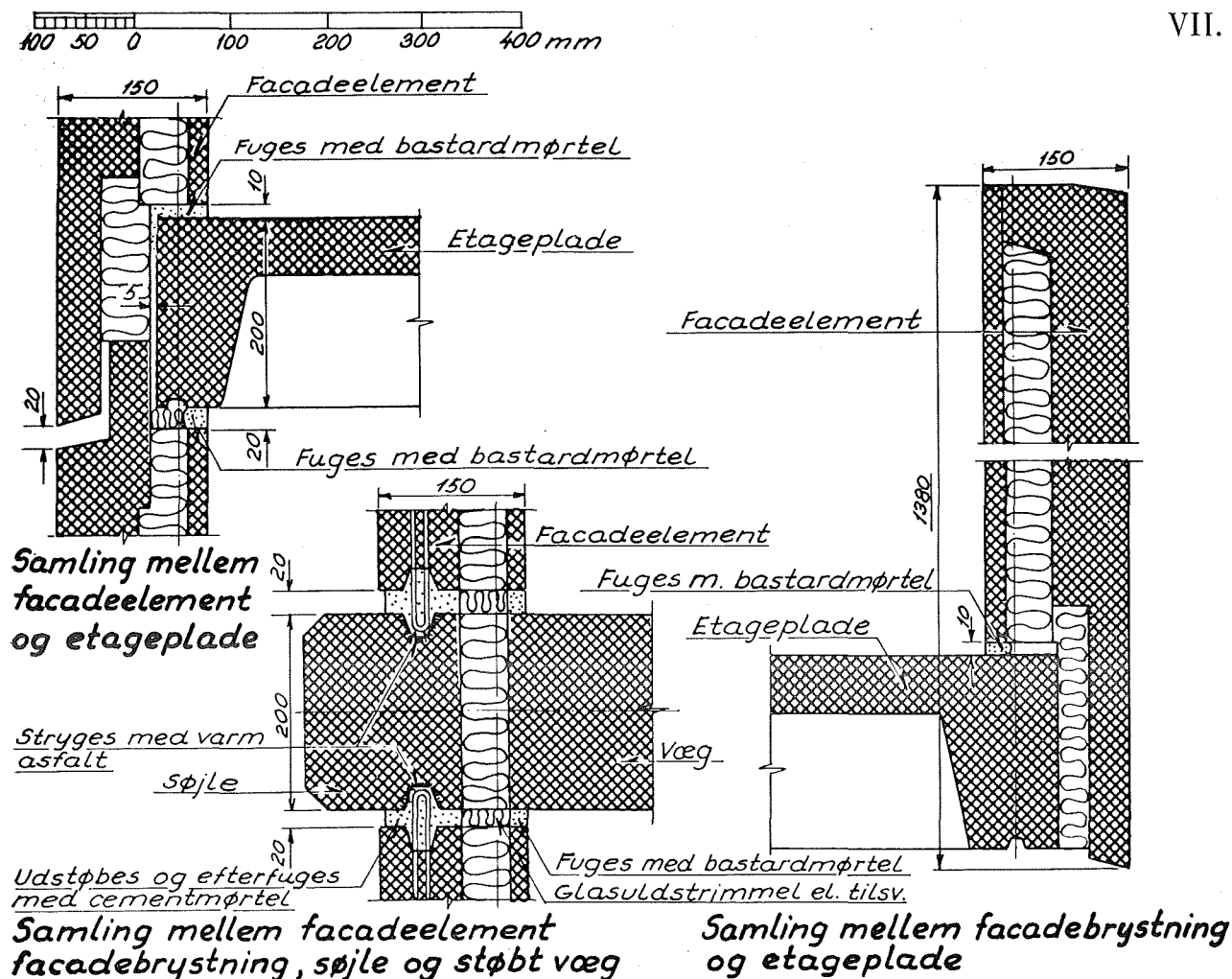
Bygningen har bærende tværvægge, støbt på stedet, længeafstivningsvægge ved trapperum og etageadskillelselementer som ribbeplader (se blad XVI).

Facadeelementerne findes i to typer: 1) etagehøje elementer, 2) brystningshøje elementer, begge med 8 cm profileret jernbeton yderst, 5 cm glasuldsisolering med bitumenpapir, kyllingenet og rørvæv og 2 cm mørtellag indvendig.

Elementerne støbes med ydersiden nedad. I betonen sættes stritter, måtterne lægges ud, stritterne bøjes ned og mørtellaget udstøbes og glittes. For at måtten ikke skal blive sammenpresset under udstøbningen bæres bitumenpapir etc. under støbningen af elektriskorrør, der er stukket gennem formsider og glasuldlag.

Isolationslaget er ventileret nedad til de åbne, vandrette fuger.

Elementerne monteres mellem facadesøjlerne, enten ved at man hejser dem ned mellem søjlerne, eller hvad der oftest viser sig fordelagtigt, ved at de udragende u-bøjler før montagen bøjes op (eller ned) og efter montagen atter



bøjes på plads. Med et koben tager dette kun sekunder. Elementerne blev opstillet på kiler.

Den vandrette fuger overfører ikke kræfter, således at den viste mørtel kun er en tætning med bastardmørtel. Fugen virker som ventilation af isolationslaget og er vandtæt som følge af „fiskeskælsprincippet“. Det øvre element rager ned og dækker for det nedre elements opragende, tilbagetrukne flig af det ydre betonlag.

Bevægelserne i lodret retning som følge af temperaturbevægelser kan foregå uhindret.

Den lodrette fuger optager alle kræfter, således at etagepladerne er ubelastede, d. v. s. at de ikke behøver specielle facadebjælker eller forstærkede plader. Elementets vægt overføres gennem de indstøbte u-bøjler til den udstøbte mørtel. Fra mørtlen føres kræfterne videre til facadesøjlen gennem den anlægsflade, der er dannet, hvor noten afsluttes et stykke fra søjlens underside og til etagepladens overside umiddelbart ved vederlaget. Mørtlen overfører endvidere vandrette kræfter.

Af hensyn til beskyttelse mod slagregn har man sørget for, at eventuelle revner i fugen opstår langs den asfalterede søjlenot, således at eventuelt indtrængende vand må følge en knækket linie. Revnebredden langs notens sider (anlæg 1:5 i forhold til facadeplanen) vil blive ganske ringe i forhold til revnebredden i facaden og fugens bund, d. v. s. at vandet vil have større tilbøjelighed til at løbe ned under tyngdekraftens påvirkning, især da der ikke opstår væsentlige lufttrykforskelle mellem facadens yderside og isola-

tionslaget; glasuldmåtterne er jo i åben forbindelse med det fri gennem de vandrette fuger. For at skabe modhold under fugningen og for at afbryde en eventuel kuldebro er der mellem søjlens træbeton og elementets glasuld indstøpet glasuldstrimler.

Bevægelser som følge af svind, krybning, sætninger og temperatursvingninger kan optages. Facadeelementerne er uafhængige af de over- og underliggende rækker, da de kun bæres af søjlerne i deres egen etage. Disse søjler er ikke gennemgående, men bæres i hver etage af en knast fra de støbte vægge foruden og foroven; en samling, der tillader lodrette bevægelser. Mellem to søjler over hinanden er der dilatationsfuge, og mellem søjle og væg 5 cm træbeton, der dels fører isolationen ubrudt igennem, dels sikrer bevægelsen. Knasten er den eneste kuldebro, og den ligger iøvrigt mellem dæk og parket. De vandrette bevægelser optages i dobbelnoten mellem søjle og element. Som følge af det svind, der endnu er tilbage efter normal hærdetid, vil denne fuger normalt åbne sig lidt. Revnen vil følge den asfaltstrøgne notflade i søjlen, og alle vandrette bevægelser optages her.

På blad VII er den normale fugebredde vist til 20 mm. Med tilvirkningstolerancer på elementerne ± 5 mm og monterings-tolerancer af antagelig samme størrelsesorden, samt tolerancer på vægafstandene på ± 10 mm, må 20 mm fuge anses for at være den mindste, der bør gennemføres.

Fugerne er også her tilbageliggende, og arbejdet udføres hurtigt med et elektrisk værktøj med fladhamret spids.

En nødvendig forudsætning for montagebyggeriet er, at de uundgåelige fuger virkelig kan udføres som projekteret, d.v.s. at elementerne må fremstilles og monteres nøjagtigt.

Nøjagtighedsproblemet er behandlet i publ. nr. 6 på basis af en lang række målinger udført af udvalget og af elementfabrikker.

Fig. 10 viser målingerne af etagehøjder i et montagehøjhus. Resultatet er bemærkelsesværdigt godt, og opnåedes ved kontrolmåling fra fikspunkt i elevatorskaktens bund og omhyggelige nivelleringer. Et sådant resultat burde danne basis for præfabrikering af rørinstallationerne.

Endelig viser fig. 11 til sammenligning, at

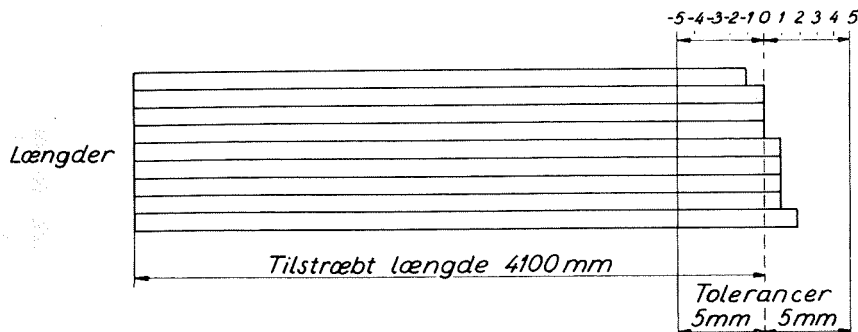


Fig. 9. Længder af 9 etageplader støbt i samme betonform. Sideforme af stål, fastholdt ved anslagskant og bolte, der hindrer glidning. Middellængde 4100,6 mm, middelfejl 0,8 mm.

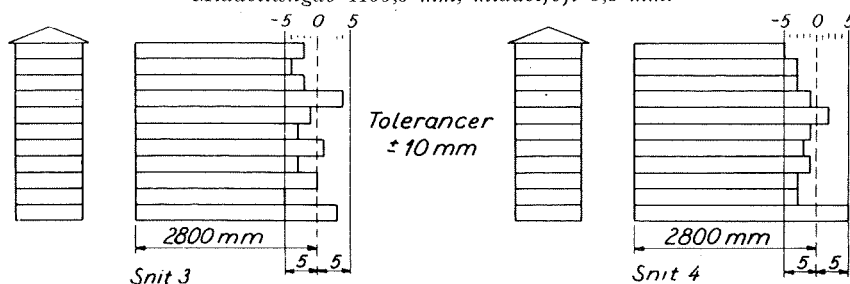


Fig. 10. Etagehøjder i montage-højhus. Middelletagehøjde 2799 mm, middelfejl 2,8 mm.

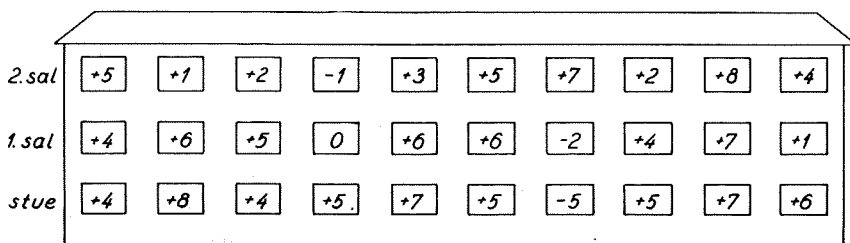


Fig. 11. Uindueshulbredder i murværk. Der angives afvigelser fra tilvirkningsmålet 1571 mm. Middelbredde 1575 mm, middelfejl 3 mm.

Fig. 9 viser f. eks. resultatet af længdemålingerne af 9 betonelementer fra samme betonform (målingerne omfatter også elementer fra forskellige forme over samme matrice, matricen o.s.v.). Forskellen mellem middeltallet 4100,6 mm og det tilstræbte mål, 4100 mm er 0,6 mm. Denne forskel er udtryk for en systematisk fejl, nemlig at formen er for stor, og kaldes *den ensidige fejl*. Afvigelserne omkring dette middeltal udtrykker herudover de enkelte elementers individuelle småfejl, der stammer fra en vis ustabilitet i samlinger o.s.v. Statistisk kan disse afvigelser samles i middelfejlen. Med normal fejlfordeling er produktionsgrænserne da: Tilstræbt mål + ensidig fejl ± 3 gange middelfejlen.

også murværk kan udføres nøjagtigt. Der er angivet afvigelser i mm fra tilstræbt vinduesbredde.

Udvalget har ud fra målingerne forsøgt at vurdere, hvilke materialer man kan bruge til forme. Der er næppe tvivl om, at man normalt kan sige, at træforme bør behandles med megen varsomhed, idet de for nemt kaster sig, medmindre der benyttes et stift underlag som et stålstillads eller lign., eller træet er mahogni eller andre gode træsorter.

Stålforme skulle teoretisk set også være udmærkede; forudsætningen er, at pladerne er tilstrækkeligt svære, og at man kan få smedeværkstedet til at lave formen tilstrækkeligt nøjagtigt. Det viser sig, at man vanskeligt kan bukke en stålplade

med mm's nøjagtighed, således at formene i reglen må svejdes.

Ofte er betonforme den økonomiske løsning på problemet: den hurtigt producerede, nøjagtige form. Gipsmodellen er hurtig, billig og let at til-danne nøjagtigt.

Benyttes betonforme eller andre forme med stabil underdel, vil de tilfældige fejls størrelse være bestemt af samlingen. Udføres samlingerne stabile, f. eks. ved indstøbte pasbolte, kan middelfejl på ned til 0,2 mm opnås, og de resulterende fejl bestemmes af de ensidige afvigelser fra formproduktionen.

Den normale nøjagtighed kan efter disse undersøgelser konstateres at være så god, at det er rimeligt at benytte tolerancerne ± 5 mm på elementer og ± 10 mm på råbygningen. De økonomisk-juridiske følger af tolerancernes indførelse i byggeriet må dog stadig siges at være uafklarede, da sådanne aldeles eksakte leveringsbetingelser er et nyt fænomen på byggepladsen.

I en planlagt publikation vil *installationerne* blive behandlet i form af oversigter over rørinstallationers rationelle udførelse og en række forslag til forenkling af el-installationer.

PLANLAGTE PUBLIKATIONER
I MONTAGEBYGGERI-SERIEN

omhandler følgende emner:

Udvalg 1. *Montagebyggeriet idag. (Publ. nr. 9).*

Udvalg 2. *Kuldebroer. (Publ. nr. 2).*

Fugttransport i ydervægge. (Publ. nr. 7).

*Facadeelementers rationelle opbygning og
virkemåde. (Publ. nr. 8).*

(Publ. nr. 8 inkluderer publ. nr. 2 og 7).

Udvalg 3. *Skiver opbygget af elementer. (Publ. nr. 1).*

*Bæreevne af tværbelastede,
indstøbte bolte.*

*Koncentrerede belastninger på
bjælker. (Publ. nr. 5).*

Udvalg 4. *Fuger. (Publ. nr. 4).*

*Samling af elementer,
specielt betonelementer.*

Byggeriets nøjagtighed. (Publ. nr. 6).

*Statistik, målinger fra praksis,
betonelementer, forme, råbygningen.*

Installationer.

Modulordningen. (Publ. nr. 3).