

DK. 699.8

FUGT OG ISOLERING

POUL BECHER

VAGN KORSGAARD

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · ANVISNING NR. 7
2. REVIDEREDE UDGAVE
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG · KØBENHAVN 1957

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

(Borgergade 20, København K. Tlf. Minerva 5630)

er en selvstændig institution, der ledes af en bestyrelse udpeget af boligministeren, er oprettet ved lov nr. 123 af 19. marts 1947,

har til opgave » – at følge, fremme og samordne teknisk, økonomisk og anden undersøgelses- og forskningsvirksomhed, som kan bidrage til en forbedring og billiggørelse af byggeriet, samt at udøve oplysningsvirksomhed angående byggeforskningens resultater«.

NORGES BYGGEFORSKNINGSINSTITUTT

(Oslo – Blindern, Tlf. 695090)

NBI er et selvstendig institutt under Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd, som oppnevner styret. NBI ble opprettet 1953 og avløste det midlertidige Kontoret for byggforskning fra 1949.

NBI skal fremme byggforskningen ved å klargjøre oppgavene og få dem løst; ved å virke for frivillig koordinering av tiltak og sørge for at forsøksresultater blir gjort kjent.

NBI skal samarbeide med myndigheter, organisasjoner o. a. og bistå offentlige og private oppdragsgivere.

STATENS NÄMND FÖR BYGGNADSFORSKNING

(Styrmansgatan 26, Stockholm Ö. Tel. 63 09 65)

SNB sorterar under Socialdepartementet.

SNB övertog 1953 och utvidgade det arbete, som tidigare utförts av Statens Kommité för Byggnadsforskning, som tillkom 1942.

SNB har til ändamål att främja forskning och rationalisering inom byggnadsfacket med tonvikten lagt på husbygge.

SNB sprider forsknings- och försöksresultat i form av meddelanden, rapporter och broschyrer samt genom artikler i facktidsskrifter.

STATENS TEKNISKA FORSKNINGSANSTALT

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSLAITOS

(Lönnrotsgatan 37, Helsingfors. Tel. 11 151)

Anstalten som konstituerades 16. 1. 1942 (förfatningssamling n:o 44) är underställd handels- och industriministeriet.

På Statens tekniska forskningsanstalt ankommer att bedriva teknisk forskningsverksamhet i vetenskapligt och allmännyttigt syfte mm. på byggnadstekniska området, att utföra materialprovningssupplett jämt andra forskningsupplett samt att bistå tekniska högskolan i undervisnings- och forskningsarbete.

f - Beagdmork. 1962

DK 699.8

FUGT OG ISOLERING

POUL BECHER
civilingeniør, dr. techn.

VAGN KORSGAARD
civilingeniør

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · ANVISNING NR. 7

2. reviderede udgave

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG · KØBENHAVN 1957

INDHOLD

Forord til 2. udgave	4
Forord til 1. udgave	5
Indledning	6
Illustrerede eksempler:	
Fugtisoleringer	8
Fugtisolering af kælderydervæg	10
Indretning af ny kælder til arbejdsrum	12
Indretning af eksisterende kælder til arbejdsrum	16
Indskudsdræn	18
Betongulv direkte på jord i opvarmet værksted	20
Stuegulv direkte på jord	22
Ventilering af kryberum	24
Fugtighedsbeskyttelse af kryberum	26
Hus uden kælder på stærkt skrånende terræn	28
Etageadskillelse over kælderrum aflagt på hul mur	29
Aflægning af etageadskillelse på hul mur	30
Vinduer i hule mure	32
Bindere til hule mure	34
Vinduesoverligger ved hul mur	36
Aflægning af jernbetondæk på 35 cm fuld mur	37
Fugtige gulve på træbjælkelag	38
Ydervægge for fugtige rum	40
Isolering af ydermure med isoleringsplader på lister	42
Træskeletvæg	44
Isolering af radiatorbrystning ved karnapaltan	46
Ventilation af tagrum under tæt tag	48
Skunkrum under tæt tag	50
Massivt tag med murkrone ved fuld mur af teglsten	52
Massivt tag med murkrone ved hul mur	54
Massivt tag med brystning ved jernbetonbygning	56
Sammenskæring mellem massivt tag og mur	58
Afløbsskål for betontag	59
Tækning af massive betontage	60
Dryp fra massive betontage	62
Tag over lokale med fugtig varm luft	64
Diagram for fugtig luft. Mollier-diagram	66

Byggefugt	70
Grundfugt	75
Regn	81
Vandopsugning	81
Fordampning	83
Opsugnings- og fordampningshastighed	84
Metoder til formindskelse af vandopsugningen	85
Kanalmur	85
Hul mur	85
Puds	87
Tætte facade- og beklædningsmaterialer	89
Maling og imprægnering	91
Rumfugt	94
Relativ fugt og partialtryk	94
Diffusion	98
Kapillarsugning	102
Støvfigurer	106
Kølerum	107
Litteratur	110

Oplag 4000. Hermed trykt i 7000 eksemplarer.

Trykt hos J. H. SCHULTZ A/s.

Lay-out PETER MOGENSEN . Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelse.

FORORD til 2. udgave

Førsteudgaven af denne anvisning har længe været udsolgt, og desuden trænger den til at revideres efter de erfaringer, der er indhøstet i de forløbne 6 år.

Anvisningen udsendes derfor nu i en ny udgave, der i hovedsagen er et optryk af den gamle, men der er foretaget en mængde små og store rettelser og tilføjelser. Blandt andet tør vi ikke mere gå ind for konstruktioner af massive tage, der ikke er udluftede.

Ved revisionen har vi fået hjælp af forsikringsselskabet DOMUS, der smerteligt har erfaret, hvad det betyder, når isoleringsarbejderne ikke udføres, som de bør gøres med damp tæt lag på den varme side og lignende. I det hele taget må man sige, at der ofte bygges uden tilstrækkelig hensyntagen til de her omhandlede problemer, og der anvendes konstruktioner, som det på forhånd må forventes vil give kvaler med hensyn til fugt senere hen. Dette skyldes i mange tilfælde, at man forsøger at slippe igennem med en billigere konstruktion ved f. eks. at udelade et damp tæt lag. Det går sjældent godt, man kan nu engang ikke omgå fysikkens love, og vil man bygge tørre og varme huse, er det nødvendigt at følge de principper, der er angivet i det følgende. Det har intet at gøre med at bygge dyrt eller billigt, i de fleste tilfælde er det kun en mere hensigtsmæssig anvendelse af de samme materialer, og i andre tilfælde er det simpelt hen kun et spørgsmål om lidt mere omtanke for at bygge holdbart og undgå snarlige og tilbagevendende reparationer.

FORORD til 1. udgave

Nye byggemetoder og materialer har i de senere år bragt mange fugtproblemer frem, og der arbejdes adskillige steder på at løse problemerne. Denne anvisning indeholder ikke nye bidrag til dette arbejde, den giver kun et ganske kort indblik i de teoretiske forhold og henvender sig derfor fortrinsvis til teknikere, arkitekter, ingeniører og håndværkere, der arbejder med problemerne i praksis.

Hovedvægten er lagt på illustrationerne, der indeholder en række praktiske råd og anvisninger. Teksterne til figurerne er meget udførlige og kan læses hver for sig, således at studiet af nogle enkelte figurer skulle kunne give løsningen på det aktuelle problem, der er tale om. Mange af anvisningerne vil være kendte, men de litteraturstudier og mange samtaler med arkitekter og ingeniører, der ligger til grund for anvisningen, har dog givet det indtryk, at der ofte hersker tvivl om, hvorfor en skade er opstået, og hvilke forholdsregler der bør træffes.

De forskellige problemer, der behandles, er i det væsentlige betragtede ud fra isoleringsmæssige synspunkter. Det ville være uoverkommeligt at drage alle synspunkter frem, der kan have betydning for problemernes rette løsning i enhver henseende. Ved anvendelsen af anvisningen må det derfor i hvert enkelt tilfælde overvejes, om der ud fra andre hensyn, statiske, brandmæssige, æstetiske o.s.v. bør vælges en anden løsning end den foreslåede. Samtidig må det undersøges, om udførelsen vil komme i strid med de gældende bygge love, f. eks. er de her foreslåede udeladelser af fulde udmuringer ved hule mure i strid med Københavns byggevedtægt af 1939.

Arkitekterne Emanuel Johansen, m.a.a. og Arne Gaardmand har været behjælpelige med udarbejdelsen af tegningerne.

INDLEDNING

De skader, fugtighed kan forvolde i bygninger, er velkendte. De hyppigst forekommende og mest iøjnefaldende er råddent træværk, svamp og skjolder på tapet og puds. Til de mere snigende skader hører frostsprængninger forårsaget af fugt, der indefra trænger ud gennem ydervægge, og den ned-sættelse af materialernes varmeisoleringssevne, som fugtigheden bevirker. Der skal ikke megen fugtighed til, før en teglstensmurs isoleringssevne ned-sættes til det halve.

Skaderne kan blive meget betydelige. Det er nemlig store vandmængder, der tilføres et hus, større end man i almindelighed forestiller sig. Et lille enfamiliehus tilføres under opførelsen ca. 8000 liter vand med mørtel, puds, beton, træværk o.s.v., og denne vandmængde skal fjernes igen, inden huset kan siges at være tørt. De sidste 1000—2000 liter forsvinder som regel først, når huset har været beboet et års tid.

Men huset tilføres fortsat store vandmængder, der må bortskaffes. Er det beboet af fire personer, drejer det sig gennemsnitlig hele året rundt om:

- 175 liter nedbør pr. døgn,
- 45 liter grundfugt pr. døgn og
- 15 liter fra personer, madlavning, vask o.s.v. pr. døgn.

Den væsentligste del af regnvandet rammer taget og ledes uden vanskelighed bort, men en stor del træffer murene og opsuges. Når huset ikke er forsynet med kældere, trænger grundfugten fra jorden op i kryberummet under huset, hvorfra den må fjernes ved ventilation. Fugtigheden, der skyldes beboernes færden, tilføres rumluften, en del trænger ud gennem ydervægge, tag og stuegulv, men resten må fjernes ved ventilation. Når vandmængderne er så store, er det ikke mærkeligt, at der kan opstå vanskeligheder med at få dem fjernet, før der opstår skader. I det traditionelle murede hus med træetageadskillelser er der ikke så mange problemer, men efterhånden som husene bliver tættere med anvendelse af støbte etageadskillelser, dobbelte vinduer og bedre varmeisoleringssevne, og det bliver almindeligt med centralvarme, bliver luftskiftet i lejlighederne mindre og stuetemperaturen højere. Temperaturforskellen inde og ude vokser, og rumluftens indhold af vanddamp bliver større. Hvis alle yderflader så ikke er omhyggeligt varmeisolerede, opstår kondensationsfænomener. Fugtproblemer og varmeisoleringssevne er derfor uløseligt sammenknyttede, og en forkert udført varmeisoleringssevne kan bevirke uoprettelige skader.

For blot 20 år siden stod man usikker overfor problemerne, men idag er kendskabet hertil så godt, at det burde være udelukket, at der opstår fugt-

gener i almindeligt byggeri. Selv om man endnu ikke kan beregne, hvor store vandmængder der trænger ind i og gennem væggene, er man dog istand til at forudsige nogenlunde, hvad der vil ske. Forståelsen af de fleste af fænomenerne er grundet på det simple forhold, at *vanddampene søger mod det koldeste sted*. Vanskeligheder undgås derfor, hvis konstruktionerne opbygges således, at de bliver mere og mere porøse mod den kolde side, så vanddampene kan slippe ud.

På de følgende tegninger er i eksempler vist, hvorledes problemerne kan løses; herudfra skulle det være muligt med støtte i den følgende tekst at ræsonnere sig til andre udførelsesformer.

I mange tilfælde vil det dog være muligt ved beregning at danne sig et skøn over, om en konstruktion er brugbar, f. eks. bør isoleringens tykkelse ved et stuegulv direkte på jord beregnes således, at ingen af de flader, stueluftens kan komme i berøring med, har lavere temperatur end luftens dugpunkt. Til sådanne beregninger er det nødvendigt at anvende et diagram over luftens egenskaber ved varierende vanddampindhold, et såkaldt Mollierdiagram, som gengivet på fig. 32. Enhver, der skal bestemme en isolationstykkelse, bør være fuldt fortrolig med dette diagram og dets anvendelse og ikke indlade sig på gætteri.

Af dette diagram ses også, at de damptrykforskelle, der forekommer ved ydervægge, er meget betydelige, 100 mm vand søjle eller mere. Det er derfor meget store vanddampmængder, der kan strømme ud gennem ganske små utætheder. Man kunne måske tænke sig at beklæde indvendig med en fuldstændig damp-tæt membran, men en sådan membran kan ikke fremstilles i praksis uden meget store bekostninger. Konstruktionerne bør derfor så vidt muligt opbygges således, at den gode virkemåde ikke er afhængig af en membrans absolutte tæthed.

I teksten efter figurerne er kort gennemgået de forskellige former for fugtighed og de dertil knyttede fysiske forhold. Teksten kan læses uden særlige teoretiske forudsætninger og giver forhåbentlig et indtryk af, at det hele ikke er så svært endda.

De løsninger, der er angivet på figurerne, kan i mange tilfælde synes indviklede og vanskelige at udføre, men vil man være fuldstændig sikker på, at der ikke skal kunne opstå fugtskader, er der ingen vej udenom. Fugt-isolering er besværlig og omstændelig og må udføres meget omhyggeligt, hvis man vil opnå et godt resultat.

Fugtisoleringer

På figuren er vist en række standardtyper for membranisolering, som de er foreslået af Fr. Schütz¹⁾). På flade tage må der regnes med at kunne komme 30 cm vandtryk ved snesmeltning og forstoppede afløb. Den sædvanlige tætning med kun 1 lag asfaltpap er altså ikke tilstrækkelig, da samlingerne ikke kan holde sig tætte nok mod så store vandtryk. Simple belægninger af et eller flere tynde lag asfalt armeret med jutevæv eller lignende er heller ikke tæt nok.

Belægningen på flade tage må udføres således, at den kan tåle de store temperatursvingninger, den kan komme ud for. Overfladetemperaturen på et mørkt materiale kan variere 75° C fra en varm sommerdag til en kold vinternat. Både asfalt og tjære er næsten glasagtige stoffer ved de temperaturer, der forekommer i husbygning, og da deres længdeudvidelseskoefficient er 10—20 gange så stor som for beton og jern, vil en tagdækning revne, når den udsættes for pludselige temperatursvingninger. Ved solbestråling kan der desuden opstå lokale dampovertryk under tagdækningen, således at den kan bule op, og buerne vil ikke gå ned igen. Membranisoleringen må derfor dækkes af et beskyttende lag, småsten, fliser, afretning eller lignende, eller underlaget være så porøst, at lokale overtryk kan udligne sig; særlig støbeasfalt er det nødvendigt at beskytte.

Hvad angår oplysninger om de forskellige materialer, der bruges til fugtisolerung, må der henvises til faglitteraturen og firmaernes specifikationer, her skal der kun om de to vigtigste materialer asfalt og tjære siges følgende:

Asfalt kan enten være naturasfalt eller olieasfalt. Naturasfalt findes, f. eks. på Trinidad, i mer eller mindre ren form. Olieasfalt udvindes ved destillation af jordolie; det meste af det, der her i landet går under navnet asfalt, er olieasfalt. Om begge former for asfalt gælder, at de ikke indeholder stoffer, der imprægnerer de organiske stoffer, de kommer i berøring med, mod råd. Asfaltpap eller asfaltmætter med organisk armering skal derfor være med så megen asfalt, at de vejer mindst 2,5 kg/m² for ikke at rådne, når de ligger fugtigt.

Tjære, der udvindes ved koks fremstilling, indeholder derimod stærke giftstoffer, der virker imprægnerende. Hvor tagpap anvendes, således at luften ikke har adgang, ved grundfugtisolerung f. eks., må derfor anvendes tjærepap. Tjære er derimod lettere fordampelig, og til tagbeklædning, hvor pappen ligger uden beskyttelse, bør derfor anvendes asfaltpap.

¹⁾ Fr. Schütz: Isolering af bygnadsverk med asfalt och tjära, Stockholm 1945, 176 sider.

Se også: Asfalt — enkla fuktisoleringar, Statens Nämnd för Byggnadsforskning, broschyr nr. 3, Stockholm 1952, 16 sider.


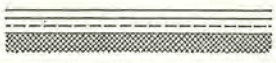
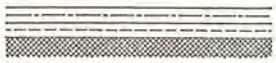



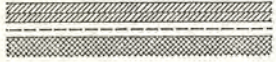
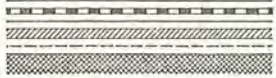






tykkelse: 2 mm vægt: 2 kg/m ²		enkel fugtisolerung af beton, murværk o. lign. intet vandtryk
tykkelse: 3 mm vægt: 3 kg/m ²		dobbelt fugtisolerung af beton, murværk o. lign. vandtryk ≤ 2 cm (lejlighedsvis)
tykkelse: 4 mm vægt: 4 kg/m ²		isolering mod ringe vandtryk på betonplader vandtryk ≤ 10 cm
tykkelse: 7 mm vægt: 7 kg/m ²		isolering mod vandtryk på betonflader vandtryk ≤ 30 cm ved højere tryk flere membraner
tykkelse: 9 mm vægt: 9 kg/m ²		isolering mod vandtryk på betonflader vandtryk ≤ 30 cm ved højere vandtryk flere membraner
tykkelse: 10 mm vægt: 24 kg/m ²		isolering mod vandtryk på beton, murværk o. lign. vandtryk ≤ 30 cm
tykkelse: 20 mm vægt: 49 kg/m ²		isolering mod vandtryk på beton, murværk o. lign. vandtryk ≤ 4 m
tykkelse: 16 mm vægt: 32 kg/m ²		isolering mod vandtryk på beton, murværk o. lign. vandtryk ≤ 4 m
signaturer		
		strygning med varm asfalt, 1,25-1,75 kg/m ²
		strygning med asfaltopløsning, 0,4-0,6 kg/m ²
		membran af asfaltimprægneret jutevæv
		membran af asfaltimprægneret pap, ca. 1,2 kg/m ²
		membran af jutevævsarmeret asfaltmätte, 3 mm tyk
		støbeasfalt, ca. 12 mm tyk

Fig. 1. Fugtisoleringer.

Fugtisolering af kælderydervæg

For at få en helt tør kælder bør kælderydervæggene og gulvet fugtisoleret. Væggene renses og berappes eller bedre sækkeskures udvendig, så alle huller udfyldes, og stryges derefter 2 gange med kold asfalt. Asfaltopløsning er bedre end asfalemulsion, fordi den trænger længere ind, men opløsning kan kun bruges på tørre vægge. Asfalemulsion kan derimod også stryges på fugtige vægge, men da den indeholder vand, kan den ikke bruges i frostvejr og skal opbevares beskyttet mod frost. Ovenpå asfalteringen udkastes med grus og cement til beskyttelse af asfalthinden mod mekanisk overlast.

Fugtisoleringen beskytter tillige betonen mod aggressive stoffer i jorden. Mellem beton og murværk skal indskydes en grundfugtisolering af tjærepap, og det ville heller ikke være til skade, hvis der kom et lag mellem fundament og væg. Tjærepapens vægt skal angives, idet vægten ikke er den samme for samme nummer af de forskellige fabrikater.

Hvor gulvbelægningen ikke er damptæt, f. eks. af træ, betonslidlag eller klinker lagt i mørtel, er det ikke nødvendigt med det damptætte lag under gulvet. Der bør dog udlægges papir eller sand over slagterne, så betonen ikke trænger ned i slagterne. Når grunden er fugtig, og man ikke tør løbe nogen som helst risiko, er det sikrest at anvende et damptæt lag under betonen.

Kældergulvet holdes tørt ved dræning gennem et lag af *renharpede* slagter, skærver eller singels, der igen drænes til et omfangsdræn. Slagge- laget virker også varmeisolerende og hæver derved gulvets overfladetemperatur, så faren for kondensvand på gulvet bliver mindre. Slagge- laget bør ikke være mindre end 15—20 cm.

Løber der meget vand til byggegruben, bør der yderst i gravningen fyl- des med tæt ler, som standser vandet, og inderst med grus og sten, der leder vandet til drænet. Stenlaget skal føres op til 20 cm under terræn. Viser der sig trods alt, navnlig om sommeren, fugt på kældergulv og -vægge, forsvin- der fugten som regel, hvis kælderen holdes godt ventileret, se side 79.

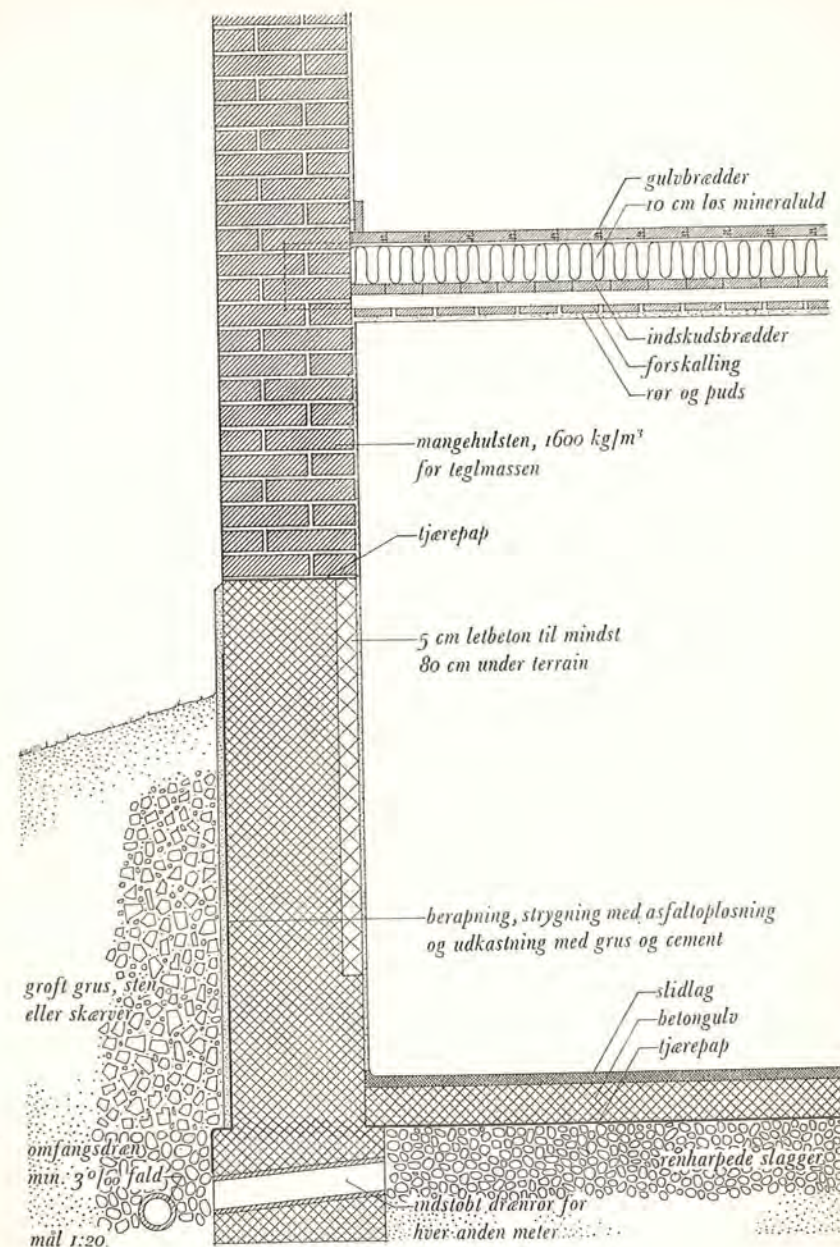


Fig. 2. Fugtisolering af kælderydervæg.

Indretning af ny kælder til arbejdsrum

For at få rummet tørt og varmt både sommer og vinter må gulv og vægge varme- og fugtisoleres.

Gulvet er varmeisoleret ved et tykt lag renharpede slagger, der må drænes omhyggeligt til et omfangsdræn. Over slaggerne er lagt et lag tjærepap med rigelige overlæg for at hindre beton i at løbe ned i slaggerne under udstøbningen og senere hen, for at grundfugt ikke skal suges op i betonen.

Under gulvbrædderne er lagt et lag svært, tæt asfaltpapir for at hindre den fugtige rumluft i at komme i berøring med betonen. En sådan fugtmembran skal ligge så tæt ved den varme side som muligt og må altså helst ikke ligge på gulvet under strøerne, faren for kondensation på asfaltpapiret ville da blive større. Strøerne må i alle tilfælde imprægneres og bør aldrig røre ved betonen eller lægges på opklodsninger, der kan suge fugt op. Træet, der anvendes, bør være ordentlig tørt. Væggene er varmeisolerede bag beklædningen. Luftrummet bag pladen skal lukkes tæt overalt, om døre og vinduer, foroven og forneden, så den fugtige rumluft ikke kan komme ind til selve væggen og afsætte fugt.

Det bør i hvert enkelt tilfælde ved sådanne konstruktioner undersøges ved beregning, om varmeisoleringerne er tilstrækkelige. I dette tilfælde vil beregningerne forme sig således:

SOMMER. Temperaturen i kælderen antages at være 20° C og den relative fugtighed 80 0/0; af fig. 32 ses, at det hertil svarende dugpunkt er 16,5° C. Ingen af de flader, rumluften kan komme i berøring med, må altså være koldere end 16,5° C.

Gulvet.

Temperaturen i jorden sættes til 8° C lige under slaggerne. Den farlige flade er asfaltpapiret under bræddegulvet, idet gulvet ikke er lufttæt. Transmissionstallet¹⁾ fra jord til asfaltpapir bliver:

$$\frac{1}{k'_a} = 0,75 + \frac{0,20}{0,36} + \frac{0,10}{1,4} + 0,20 = 1,58 \quad k'_a = 0,64$$

Transmissionstallet fra jord til rummet er:

$$\frac{1}{k'} = 1,58 + 0,05 + \frac{0,025}{0,13} + 0,15 = 1,97 \quad k' = 0,51$$

Kaldes asfaltpapirets temperatur x' , og udtrykkes i en ligning, at varmestrømmen fra jord til asfaltpapir skal være den samme som fra jord til rumluft, findes:

$$0,64 (x' - 8) = 0,51 (20 - 8) \text{ hvoraf } x' = 17,6^\circ \text{ C.}$$

Der skulle altså ikke være fare for kondensation.

(fortsættes side 14)

¹⁾ Regler for beregning af varmetab fra bygninger, udgivet af Dansk Ingeniørforening.

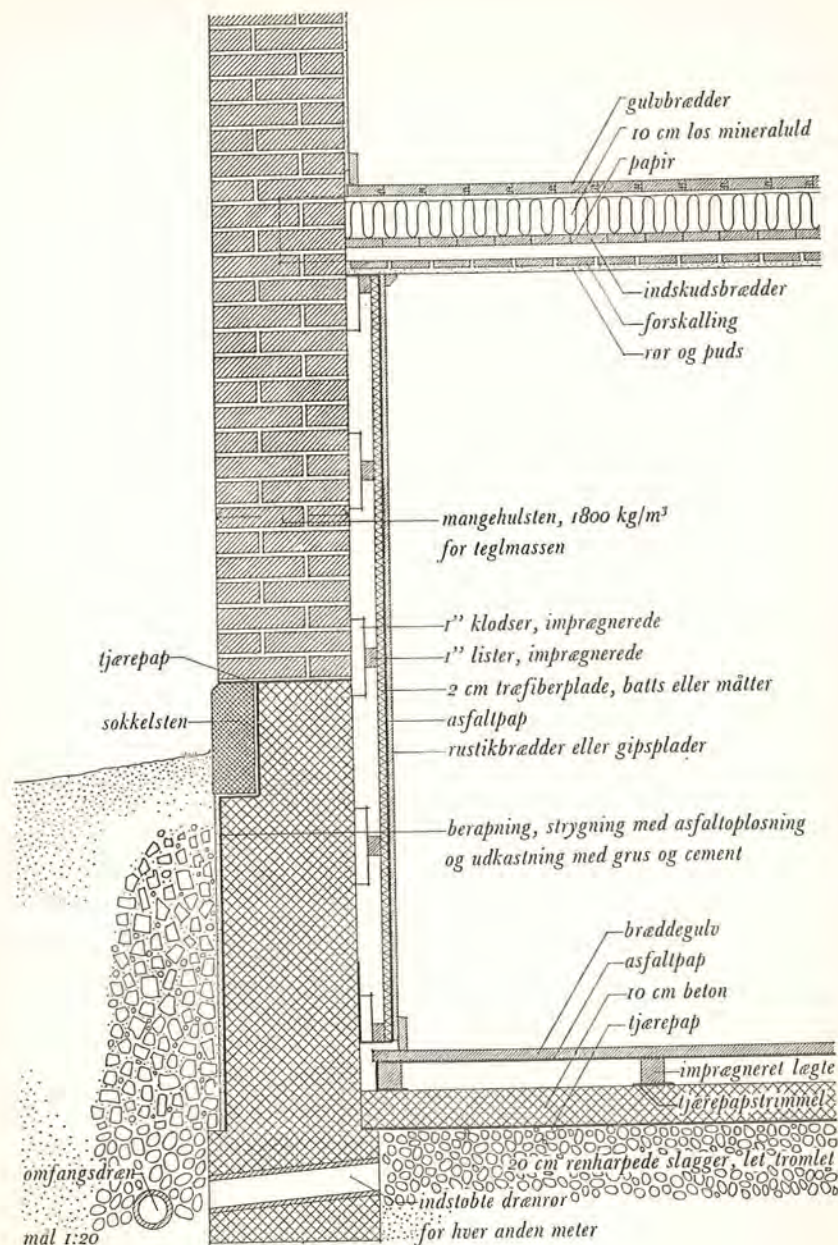


Fig. 3. Indretning af ny kælder til arbejdsrum.

Væggen.

Temperaturen forneden ved fundamentets yderside sættes til 10°C .
Transmissionstallet fra jord til asfaltpapir bag rustikbrædderne bliver:

$$\frac{1}{k''_a} = \frac{0,35}{1,4} + 0,20 + \frac{0,02}{0,04} + 0,05 = 1,00 \quad k''_a = 1,0$$

Transmissionstallet fra jord til rumluft:

$$\frac{1}{k''} = 1,00 + 0,05 + \frac{0,012}{0,13} + 0,15 = 1,29$$

$$k'' = 0,78$$

Temperaturen på asfaltpapiret findes som ovenfor:

$$1,00 (x'' - 10) = 0,78 (20 - 10) \quad \underline{x'' = 17,8^{\circ}\text{C}}$$

Altså ingen fare for kondensation.

VINTER. Rumluften antages at være 20°C og den relative fugtighed 60% , dugpunktet er da 12°C .

Temperaturen i jorden under gulvet må antages at være som om sommeren, i hvert fald næppe meget lavere, så der er ingen fare for kondensation på gulvet.

Væggen.

Yderluften antages at være -10°C .

Før væggen over jord

$$\frac{1}{k'''_a} = 0,05 + \frac{0,35}{0,5} + \frac{0,01}{0,6} + 0,20 + \frac{0,02}{0,04} + 0,05 = 1,52 \quad k'''_a = 0,66$$

$$\frac{1}{k'''} = 1,52 + 0,05 + \frac{0,012}{0,13} + 0,15 = 1,81$$

$$k''' = 0,56$$

Og som før asfaltpapirets temperatur:

$$0,66 (x''' - (-10)) = 0,56 (20 - (-10)) \quad \underline{x''' = 15,5^{\circ}\text{C}}$$

Der skulle altså heller ikke være fare for kondensation om vinteren.

Denne beregning hører til fig. 4.

Ved beregning må det eftervises, at der ikke kan ske kondensation på asfaltlaget under parketstavnene. Den farlige årstid er sommeren. Indvendig antages at være 20°C og 80% relativ fugtighed svarende til et dugpunkt på $16,5^{\circ}\text{C}$. Jordens temperatur sættes til 8°C . Transmissionstallet fra jord til det øverste asfaltlag er:

$$\frac{1}{k'_a} = \frac{0,12}{1,4} + \frac{0,15}{0,18} + \frac{0,02}{1,0} = 1,05 \quad k'_a = 1,07$$

fra jord til rumluft:

$$\frac{1}{k'} = 0,94 + \frac{0,02}{0,13} + 0,15 = 1,24 \quad k' = 0,81$$

Temperaturen af øverste asfaltlag findes af:

$$1,07 (x' - 8) = 0,81 (20 - 8) \quad \underline{x' = 17^{\circ}\text{C}}$$

Der skulle altså ikke være fare for kondensation.

Ved ydervæggene må det kræves, at den indvendige overfladetemperatur ligger nogle grader over dugpunktet. Vanddampene vil diffundere ud mod den kolde asfalt, kondensere her og ved kapillarsugning suges tilbage mod overfladen, en ligevægtstilstand med tør letbeton vil indtræde, når luften ikke er altfor fugtig hele året.

Temperaturen forneden ved væggene er udvendig 10°C . Transmissionstallet fra jord til indvendig overflade er:

$$\frac{1}{k''_o} = \frac{0,35}{1,4} + \frac{0,01}{0,8} + \frac{0,01}{0,8} + \frac{0,05}{0,07} + \frac{0,01}{0,6} = 1,00 \quad k''_o = 1,0$$

til indvendig luft:

$$\frac{1}{k''} = 1,00 + 0,15 = 1,15 \quad k'' = 0,87$$

Overfladetemperaturen findes af:

$$1,00 (x'' - 10) = 0,87 (20 - 10) \quad \underline{x'' = 18,7^{\circ}\text{C}}$$

Der er altså en sikkerhed på $2,2^{\circ}\text{C}$ mod kondensation.

Indretning af eksisterende kælder til arbejdsrum

Indvendig asfalteres ydervæggene op til terrænhøjde og gulvet omhyggeligt mod grundfugt ved to gange strygning med asfaltemulsion. Ydervæggene isoleres med letbetonblokke opsat i mørtel, og isoleringen skal helst føres helt til loft. Blokkene skal gennem mørtelen i kontakt med asfalten, så dampdiffusionen mod asfalten og kapillarsugningen bort derfra kan holde hinanden i ligevægt ved et lavt fugtindhold i letbetonen. Det er altså ved denne form for isolering vigtigt, at isoleringsmaterialet er stærkt kapillarsugende. Træuldbeton eller kork f. eks. kan *ikke* anvendes på denne måde.

Gulvet isoleres med letbetonblokke. Her er gulvbelægningen tæt, og der er derfor asfalteret under isoleringen. Hvor gulvbelægningen *ikke* er damptæt, og isoleringen *ikke* kapillarsugende, kan det damptætte lag under isoleringen udelades. Det må dog stærkt anbefales at stryge en gang med asfaltemulsion før isoleringen, det er nemt og billigt. Et eventuelt bræddegulv bør lægges på imprægnerede strøer med tjærepapstrimler under opklodsningerne.

Hvor der anvendes gulv direkte på jord uden opvarmning af gulvet, vil det aldrig blive så varmt som ved en mellemetageadskillelse. Den eneste måde, der kan kompenseres herfor, er ved at anvende en gulvbelægning, der har et temperaturledningstal mindre end træ, og her kan i praksis kun komme korkparket på tale. Normalt spiller dette forhold dog næppe nogen større rolle.

Om beregning af overfladetemperaturer, se side 15.

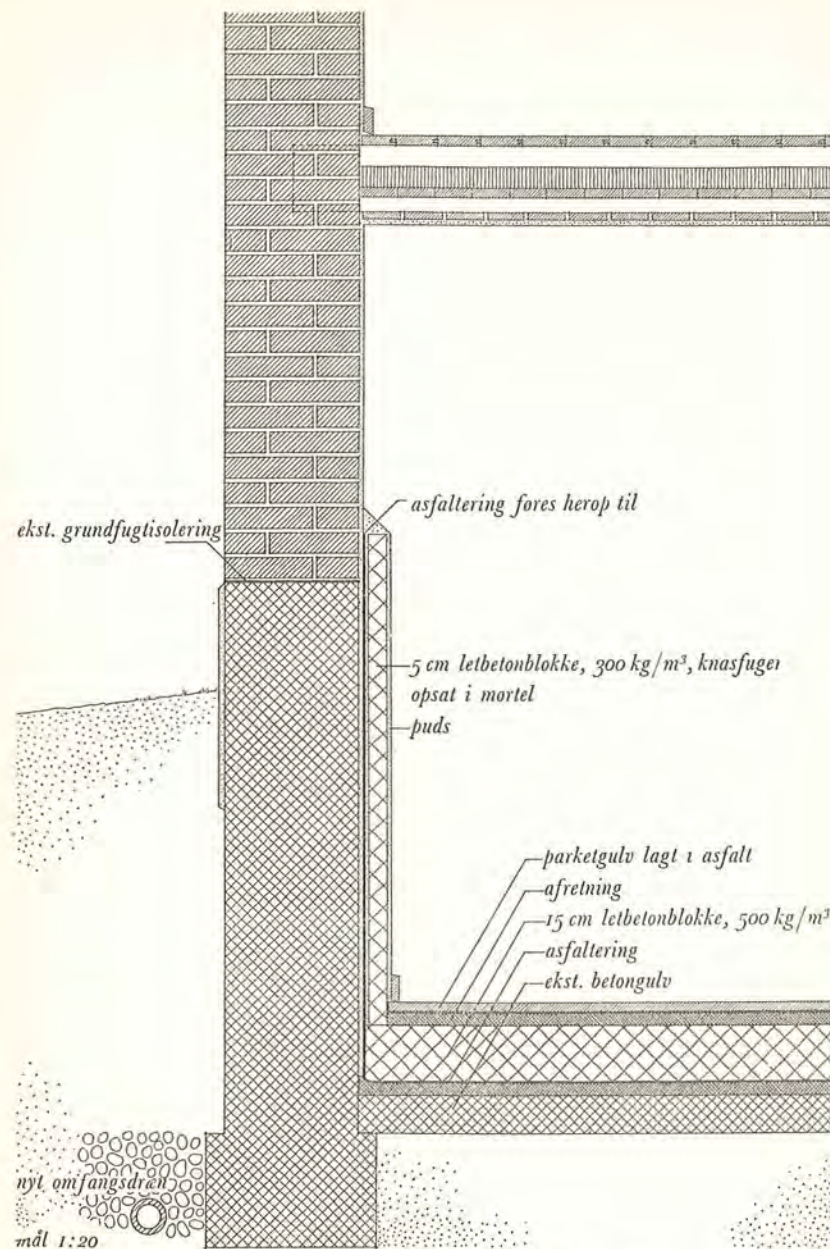


Fig. 4. Indretning af eksisterende kælder til arbejdsrum.

Indskudsdræn

Ved alle kælderrum, som ligger i vandførende lag, bør der anvendes indskudsdræn eller indlæg af svejste asfaltmætter med uorganisk armering.

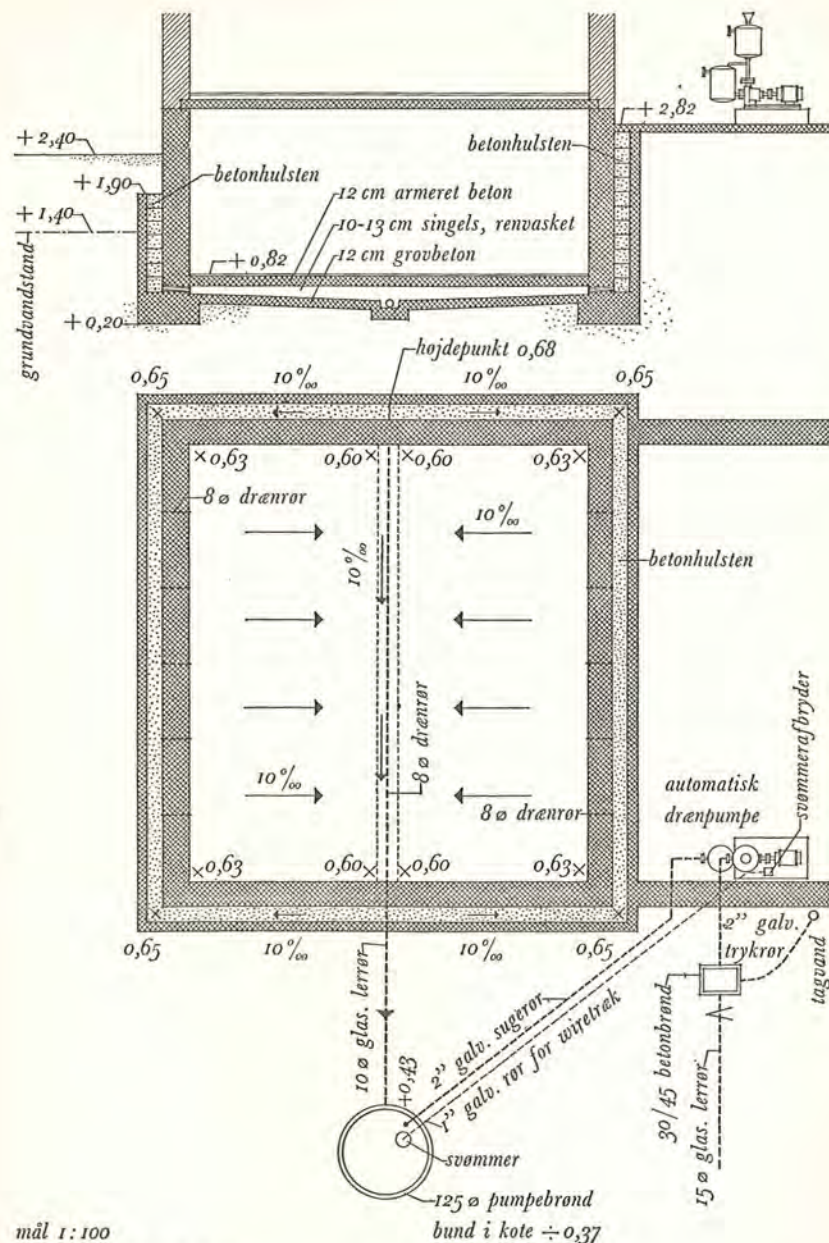
Dette vil navnlig være tilfældet ved kedelrum. Her gælder det for enhver pris om, at der ikke kan trænge fugt op under kedler og røgkanaler. Under krigen, da der ikke blev fyret om sommeren, viste det sig i mange tilfælde, at røgkanalerne blev fugtige i bunden, og soden satte sig fast, så den næsten ikke var til at fjerne. Det må derfor foretrækkes at lægge røgkanalerne ved loftet.

Den gamle gennemprøvede men dyre metode mod fugt er indskudsdrænet. Et indskudsdræn består af to tætte lag, som regel af beton, hvorimellem det egentlige dræn ligger bestående af et lag singels eller skærver. Den nederste og yderste skal af beton bevirker, at vandtilstrømningen til drænet i nogen grad hæmmes, så det bliver overkommeligt at pumpe det vand op, der når ind til drænet. Indskudsdrænet skal føres op langs siderne over grundvandspejlet.

Hvor stor drænpumpen skal være, må afgøres ved at måle vandtilstrømningen til byggegruben. Den automatiske drænpumpe bør starte 2—3 gange i timen og tømme pumpebrønden, der skal rumme mindst 1000 liter under tilløbet.

Pumpen pumper vandet op til en lille brønd, hvortil der også er ført tagvand eller overfladevand, så vandlåsen ikke kan udtørre i perioder, hvor der ingen vandtilstrømning er til indskudsdrænet. Ved større anlæg, hvor der også er spildevandspumpe for de lavtliggende gulvafløb, anbefales det at forbinde pumperne indbyrdes, så de kan virke som reserve for hinanden. Ved mindre anlæg kan det tillades, at nogle enkelte gulvafløb, hvortil der kun kan forventes ført rent spildevand, tilsluttes pumpebrønden for drænvandet.

Se endvidere side 77.



mål 1:100

Fig. 5. Indskudsdræn.

Betongulv direkte på jord i opvarmet værksted

I værksteder, hvor man skal have et robust og billigt gulv, er betongulv som oftest den eneste løsning. Når gulvet udføres rigtigt, er det også udmærket. De særlige termiske egenskaber ved betongulve er:

1. Ved den samme temperatur føles betongulve koldere end andre gulvmaterialer, fordi betonen leder varmen hurtigere bort.
2. Overfladetemperaturen på et betongulv kan blive lige så høj som på andre gulve. Gulvet modtager i alle tilfælde sin varme fra rumluften, og hvor varmt det bliver afhænger kun af, hvor godt det er isoleret.
3. Varmetabet fra et betongulv sker væsentligst gennem kanterne langs ydervæggene. Det er derfor vigtigt, at gulvet bliver varmeisoleret effektivt langs væggene, f. eks. som vist på skitsen med letbeton. Isoleringen kan i stedet for at føres ind under gulvet også føres ned langs fundamentets inderside. Modstandstallet, $m = \frac{d}{\lambda}$, isoleringstykkelsen målt i meter divideret med varmeledningstallet, for denne isolering bør mindst være $0,4^\circ \text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h/kcal}$.
4. Ved ydervæggene er et velisoleret betongulvs temperatur ikke lavere end andre gulves, fordi betongulvet bedre leder varmen indefra midten ud mod væggene.
5. Der kan danne sig fortætningsvand på betongulve, særlig på fugtige sommerdage, fordi gulvet er koldere end luftens dugpunkt. Hvis rummet udluftes bedre, vil fugtigheden som oftest forsvinde igen. Skabe og lignende bør stå på ben, så luften har adgang under dem.

Bagmuren skal beskyttes forinden mod den fugt, der kan samle sig over fundamentet. Dette kan gøres ved at indskyde en Z-formet tagpapstrimmel, der føres nogle skifter op i bagmuren. På den lille tegning er vist en anden løsning, hvor der måske er mindre risiko for, at der slås huller i pappen af stenstykker, der falder ned.

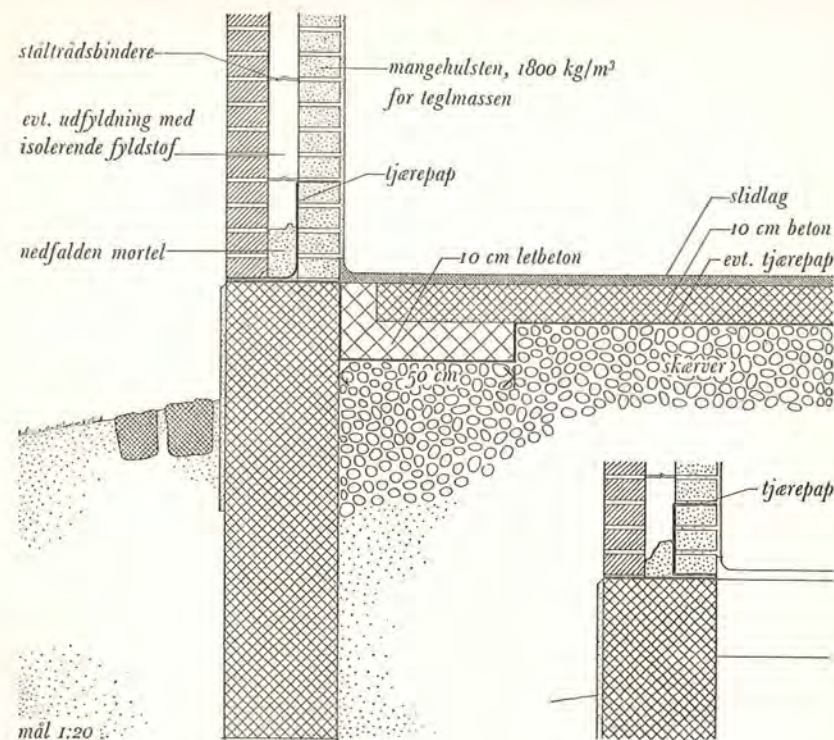


Fig. 6. Betongulv direkte på jord i opvarmet værksted.

Stuegulv direkte på jord

En halv stens formur er ikke tættere, end at regn kan slå igennem; det er derfor af vigtighed, at eventuelt indtrængende regnvand ledes udad igen ved Z-formede tagpapstrimler over alle vandrette fulde udmuringer og fundamentet eller at murens hulrum føres ned og afvandes til drænet.

Slaggelaget langs fundamentet hindrer kulde og frost i at trænge ind under gulvet. Slaggelaget skal være af renharpede, grove slagger, der under gulvet skal afrettes, før tjæreappen udlægges, så pappen ikke kan trykkes i stykker over skarpe kanter. Pappen udlægges med mindst 15 cm overlæg, der klistres. Hvor grunden er tør og dræningen god, skal anvendes en asfaltimpregneret pap, der mindst vejer 2,5 kg/m². Hvor der er fare for fugt, må der anvendes 2 lag pap à 2,5 kg/m². Hvor gulvbelægningen *ikke* er damptæt, hvor der *ikke* er indstøbte varmeslanger, og hvor isoleringen *ikke* er kapillarsugende, kan det damptætte lag under betongulvet under gunstige forhold udelades. Dog må der altid grundfugtisoleres ved ydervæggene, og disse må udføres, så indtrængende regnvand ikke kan ledes over til bagmuren.

Drænet skal ligge med mindst 3 ‰ fald og føres til en drænbrønd med drænlås. Vil man være på den sikre side, bør der være mere end eet udløb fra drænet under huset, således at vandet kan finde vej ud, selv om et udløb forstoppes.

Under byggearbejdet må der sørges for, at ler og sand ikke føres ind i rørene med regnvand. Da drænrørene ligger med så lille fald, aflejres sand og ler let, og rørene kan forstoppes fuldstændig og er ikke til at rense igen. Det kan derfor være gavnligt i byggeperioden at indskyde et slamfang.

Tjæreappen under betonen hindrer, at der suges fugtighed op fra jorden, og om vinteren vil konstruktionen holde sig tør, idet jordens temperatur ligger over dugpunktet for rumluften. Men om sommeren kan man risikere, at betonen bliver fugtig, idet den varme, fugtige luft afkøles og afsætter vand. Den viste konstruktion med et isolerende lag slagger på 20 cm vil dog næppe give anledning til ulemper.

Hvor det er af afgørende betydning, at et gulv, et tag eller en væg selv under ugunstige forhold skal holdes fuldstændig tør, kan det opnås ved at holde konstruktionen opvarmet med indstøbte varmeslanger eller lignende. I så fald skal der være et absolut damptæt lag under betonen, når gulvbelægningen er damptæt, idet varmeslangerne ellers vil »pumpe« vand ind i betonen fra den fugtige luft mellem slaggerne. Det damptætte lag kan være en svær sammensvejt asfaltmåtte med uorganisk armering eller polyætylenfolie.

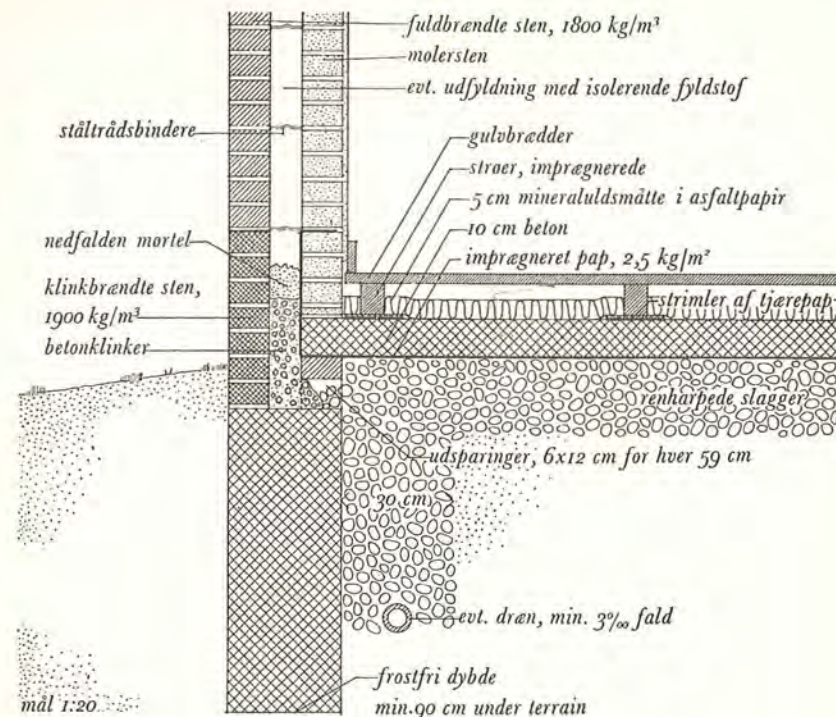


Fig. 7. Stuegulv direkte på jord.

Ventilering af kryberum

Ved huse uden kælder skal kryberummet mellem stuegulvet og jorden holdes godt udluftet, så træværket ikke rådner. Hvis kryberummet ikke er ventileret og jorden ikke afdækket med et vanddampstandsende lag, kan der tilføres huset over 0,5 l vand pr. m² pr. døgn ved fordampning fra jordoverfladen. Jord kan indeholde indtil 25 vægtprocent vand.

Kryberummet kan holdes ventileret og tørt ved anbringelse af et rigeligt antal ventilationsriste i yder- og indervægge under stuegulvet. For størrelsen og anbringelsen af ristene gælder:

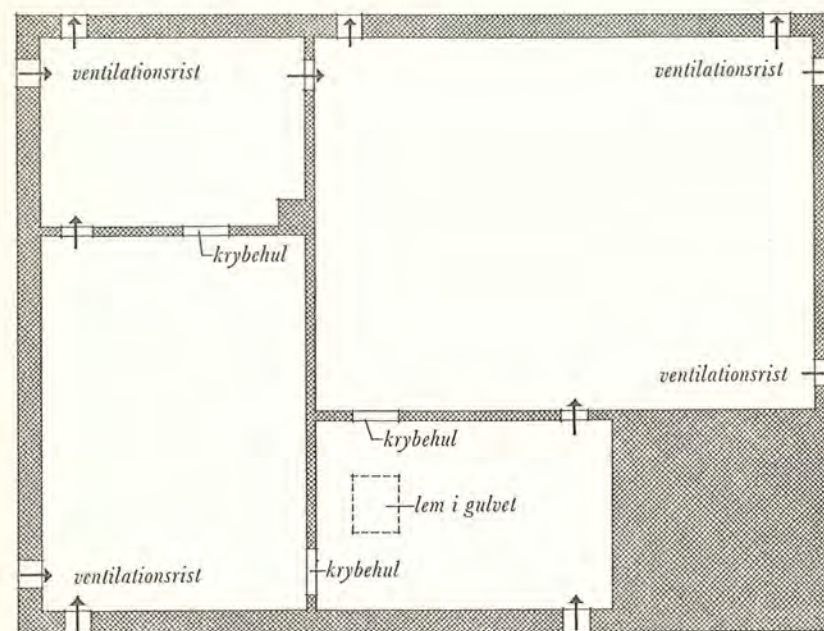
1. Hvor jorden er fugtig og *ikke* dækket med beton eller andet, skal det totale fri nettoareal af ristene i ydervæggene være mindst 600 cm² pr. 10 lb. m facade + $\frac{1}{3}$ % af kryberummets areal. Ved huset her skal altså ristearalet være 0,5 m² netto.

Hvor der over jorden er anbragt et dampstandsende lag af svær asfaltpap, eller et tykt lag god beton, kan ristearalet sættes til $\frac{1}{10}$ af det, denne regel giver. Ved større rum bør man dog være noget forsigtigere og gøre ristearalet betydeligt større. Yderligere vil det være gavnligt at stryge råbetonen et par gange med asfalt.

Hvor huset ikke ligger frit, så vinden ikke kan stryge uhindret fra alle sider, skal ristearalet være større.

2. Der må aldrig være mere end 7 m mellem riste i samme væg, og ristene må ikke være under 10 × 15 cm.
3. Der må ikke være nogen døde arealer, hvor ventilationsluften ikke kan nå hen. *Der skal derfor anbringes riste ved alle hjørner og kroge.* Ved husets yderhjørner skal helst anbringes en på hver side.
4. Ristene skal anbringes så højt som muligt, for at luften frit skal kunne komme til udefra. Dog må ristenes overkant ikke være højere end bjælkernes underkant.
5. Ristene skal stå åbne hele året og må derfor ikke være til at lukke. De kan f. eks. bestå af galvaniseret strækmetal, der indmures i fundamentet.
6. Maskevidden i ristene bør ikke være over 6 mm (husk at net og lignende formindsker ventilationshullernes fri areal).
7. Stuegulvet skal være godt varmeisoleret, da kryberummet bliver koldt, transmissionstallet bør ikke være over 0,4 kcal/m² · h · ° C. I bunden af lukkede skabe, hvor gulvet er bund, og der derfor bliver koldere end i stuen, skal gulvet isoleres ekstra for ikke at få fugtig luft i skabet.
8. Den mindste fri højde i kryberummet bør være 40 cm, og der skal være adgang til alle dele af kryberummet.

Kryberummet under en større sal, f. eks. en gymnastiksal, bør være endnu højere, mindst 80 cm.



mål 1:100

Fig. 8. Ventilering af kryberum.

Fugtighedsbeskyttelse af kryberum

Det er meget store vandmængder, der kan afgives fra grunden under et hus. Hvis jorden ikke dækkes, kan den afgive indtil 0,5 liter vand pr. m² pr. døgn til luften i et kryberum. Det er derfor vigtigt at dække jorden med et vanddampstandsende lag.

Almindeligvis afdækkes med et lag beton; denne *beton bør være god og tæt*, et tyndt lag god beton er bedre end et tykt lag dårlig beton. Endnu bedre er det at afdække med en asfaltmåtte. Asfaltmåttens skal være armeret med imprægneret jutevæv eller bedre et væv af uforgængeligt materiale og må ikke veje mindre end 2,5 kg/m². Underlaget for måtten behøver ikke at være helt glat, det skal blot være fri for sten og skarpe ujævnheder; måtten vil snart smygge tæt til over alle ujævnheder. Overlapninger skal være mindst 15 cm, de behøver ikke at svejses, de lukker tæt til af sig selv i tidens løb.

Det damptætte lag kan også udføres af polyætylenfolie, der fra fabrik kan leveres sammensvejst i meget brede baner, eller som lægges med store overlæg.

Terrænet umiddelbart omkring huset skal have rigeligt fald bort fra huset, så at alt vand ledes væk. Faldet bør være så stærkt, at der ikke bliver bagfald, selv om jorden sætter sig langs fundamenterne, hvor der har været gravet.

Ventilationsristene skal stå åbne hele året.

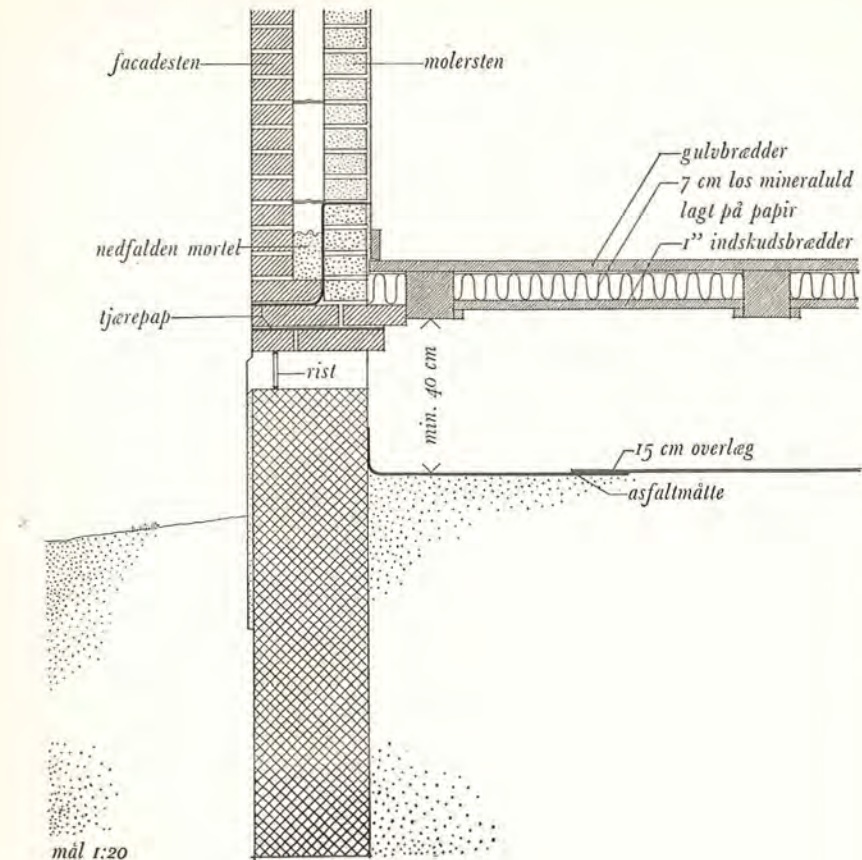


Fig. 9. Fugtighedsbeskyttelse af kryberum.

Hus uden kælder på stærkt skrånende terræn

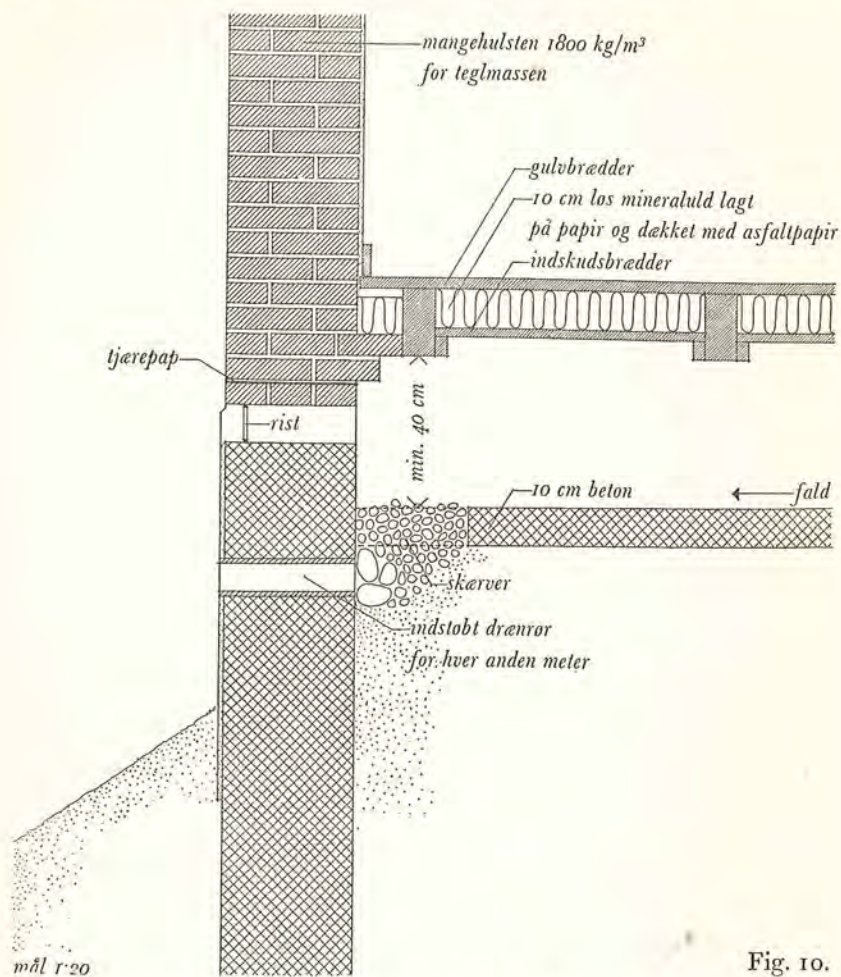


Fig. 10.

På den side af huset, hvor terrænet er lavest, skal vand, der er løbet ind under huset højere oppe, kunne løbe ud igen. Der er derfor indstøbt drænrør i soklen over terræn. Indvendig må der udspares i råbetongulvet omkring drænrøret, og hullet fyldes op med ral eller skærver, så smådyr ikke kan komme ind.

Erfaringen synes at vise, at på stærkt skrånende terræn er kryberum tilbøjelige til at blive fugtigere end på vandret terræn.

Etageadskillelse over kælderrum aflagt på hul mur

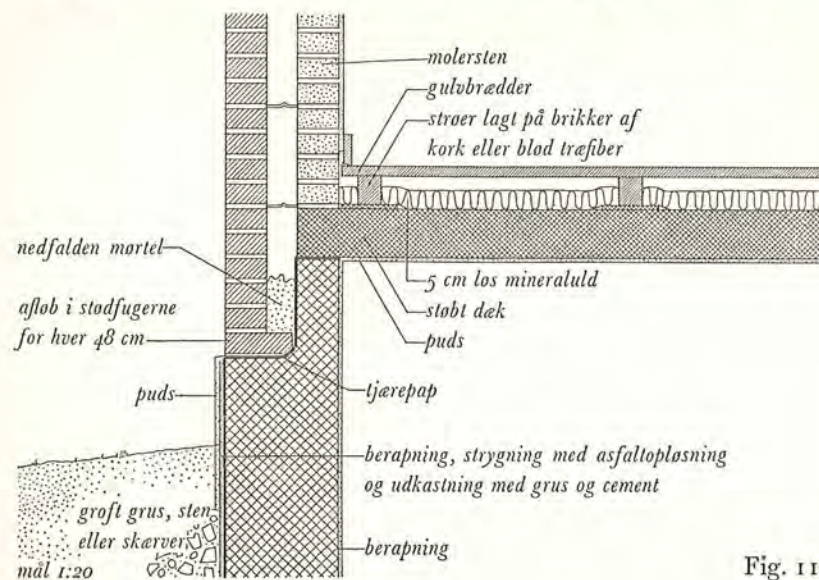


Fig. 11.

En halv stens mur er ikke regntæt, og der vil derfor kunne løbe vand ned ad formurens bagside, og da der uvægerligt vil samles en del nedfalden mørtel i bunden af hulrummet, vil vandet ledes ind til bagmuren. For at forhindre, at den nedfaldne mørtel danner en fugt- og kuldebro, må hulrummets bund dækkes af et Z-formet stykke tjærepap, der føres et stykke op ad bagmuren.

For at beskytte papstrimlen mod nedfaldende stenstykker er formurens nederste skifte ført over til bagmuren. Isoleringsmæssigt er det naturligvis bedst at føre hulrummet ned under etageadskillelsen, i England forlanges endda, at bunden af hulrummet skal ligge 9" under grundfugtisoleringen. Hvor dette ikke kan gennemføres, f. eks. fordi byggevedtægterne ikke tillader det, må den Z-formede papstrimmel lægges over gulvet, og grundfugtisolering indskydes under gulvet lige over fundamentet. (Se også fig. 6).

Alt hvad der nødvendigvis må føres ind i murens hulrum, f. eks. ankre og sålbænke, må udformes således, at det fanger så lidt som muligt af den nedfaldende mørtel, der kan danne fugt- og kuldebroer.

Aflægning af etageadskillelse på hul mur

De fulde udmuringer udfør og under etageadskillelser giver ofte anledning til ulemper. Regn og kondensvand, der løber ned ad formurens bagside, kan samle sig i bunden af hulrummet og give fugtgennemslag ved etageadskillelsen.

Bunden af hulrummet bør derfor dækkes med en Z-formet tjærepapstrimmel, der føres ud til forsiden og op langs bagmurens forside, så nedfalden mørtel ikke kan danne fugtbro.

Under støbte etageadskillelser bør lægges en strimmel tjærepap, så støbevand ikke trænger ned i murværket og giver udblomstringer.

Det bedste, rent isoleringsmæssigt set, ville være at holde for- og bagmur adskilte kun forbundne med stråltrådsbindere. Denne udførelsesform anvendes i England, men er ikke tilladt her i landet efter de gældende byggevedtægter. Udelades den fulde udmuring udfør etageadskillelsen ved betonetageadskillelser, bør kanten varmeisoleres med en isoleringsplade inde i hulrummet. For at murværket ikke skal blive ødelagt under arbejdets udførelse, navnlig ved støbte dæk, bør skifterne lige under etageadskillelsen mures i bastardmørtel. Ved træbjælkelag bør man undgå at dække selve enden af bjælken, når det stykke af bjælken, der stikker ind i muren, omvikles med tagpap, enderne skal stryges meget omhyggeligt med imprægneringsvædske. Fugtigheden, der trænger ud mod den kolde bjælkeende, kan så frit fordampe.

Ståltrådsbinderne skal anbringes med højst 50 cm afstand i hvert 4. skifte. Anvendes glatte bindere, skal de have fald udad. Det er bedre at anvende binderne med drypnåse, bøjningen skal helst vendes opad, eventuelle dråber falder da af nærmest ved formuren.

Varmeisoleringen af etageadskillelsen udføres bedst med et tørt isolerende fyldstof, mineraluld, vermiculite, betonklinker, celgrus, durisolskærver, knust moler eller lignende, det giver en bedre isolering end ler, der er tungt og bringer fugtighed ind i huset.

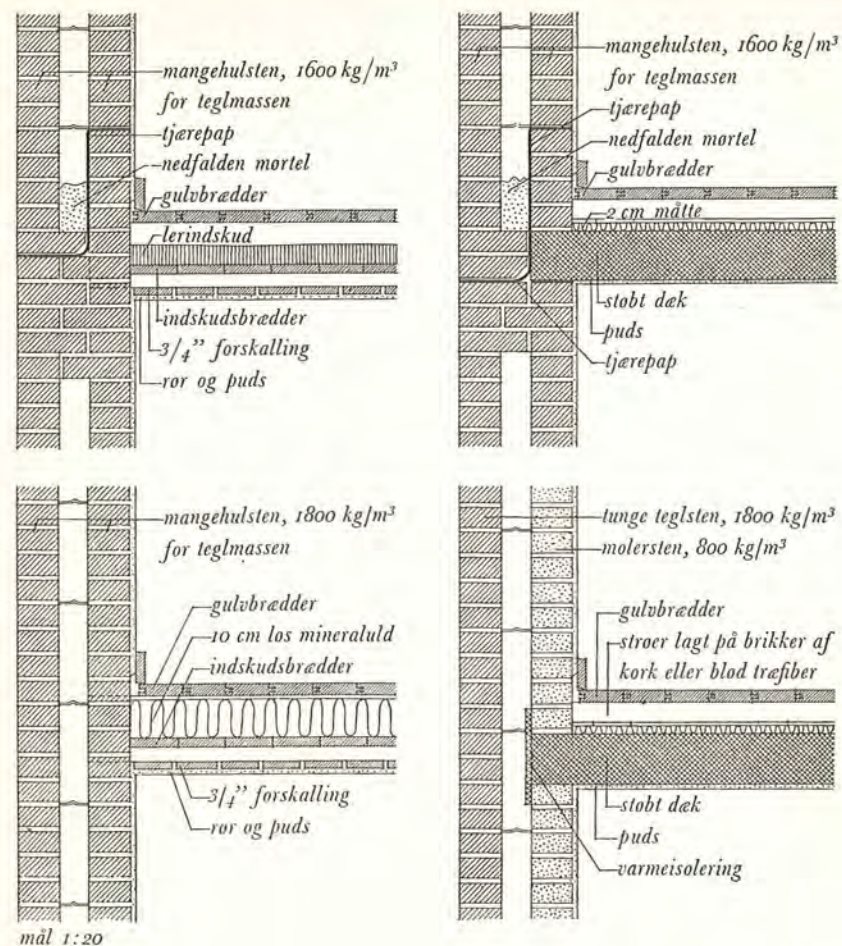


Fig. 12. Aflægning af etageadskillelse på hul mur.

Vinduer i hule mure

De fulde udmuringer, der forlanges i byggevedtægterne omkring vinduer, kan virke som fugt- og kuldebroer, hvis der ikke træffes foranstaltninger herimod.

På skitse *a* er der mellem molerstenene i bagmuren og formuren indmuret en strimmel tagpap, så molerstenene ikke kan suge fugtighed fra formuren. Hvis bagmuren er af klinkerbetonsten, kan papstrimlen udelades. Lysningen er varmeisoleret ved et træpanel.

På landet anvendes undertiden en konstruktion som vist på skitse *b*. Vindueskarmen er udvendig forsynet med en imprægneret lægte, der passer ind i hulrummet. Vinduet skal altså opstilles, før der mures op omkring vinduet; vinduet må være grundet og malet første gang, før det opsættes og forsynes med beskyttelsesbrædder på underkarmen og krydsafstivninger for ikke at trækkes skævt. Tætningen omkring karmen kan ved denne konstruktion blive meget effektiv.

På skitse *c* er vinduet trukket frem mod facaden, og hulrummet er lukket med en isoleringsplade og et lysningspanel. På skitserne *d* og *e* er over stikket indlagt en Z-formet tagpapstrimmel, så vand, der løber nedad formurens bagside, ledes udad. Det er forholdsvis sjældent, at der forekommer hulrum over et vindue, men når det sker, må der fugtisoleres som vist, selv om det er besværligt og vanskeligt, ellers er der stor sandsynlighed for, at det går galt.

Betonsålbænke må ikke røre direkte ved bagmuren. Beton er mere finporet end tegl og holder derfor bedre på fugtigheden. Hvis sålbænken ikke som på skitse *f* kan holdes helt fri af bagmuren, må sålbænken enten afsfaltes på bag- og undersiden, eller der må indlægges mellemlag af tagpap. Sålbænke af beton skal støbes af sunde, vejrbestandige materialer, så de bliver tætte. Cementindholdet skal mindst være 7 poser pr. m³, og den friske betons vandindhold må ikke overstige 25 liter pr. pose ($c/v = 0,6$).

Det er forfærdende at se, hvor mange bygninger der er skæmmede af store fugtskjolder og udblomstringer under sålbænkene, fordi disse ikke er tilstrækkelig tætte, eller at de er så svage, at de revner. Hvis sålbænkene udføres af mursten, må der under og bagved indskydes en tagpapstrimmel. Sålbænken bør have meget rigeligt fremspring og være forsynet med drypnæse, eller forkanten skal forneden være skarp og med en kantvinkel under 90°.

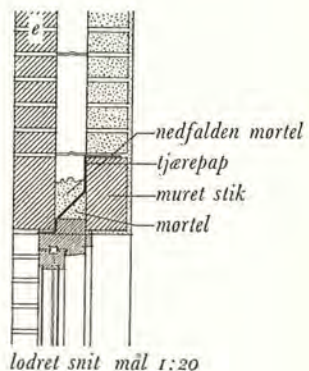
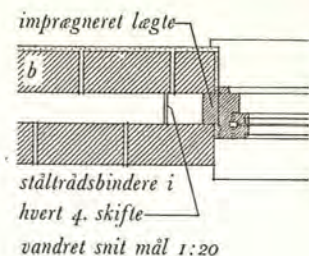
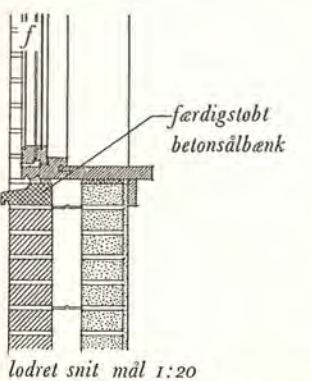
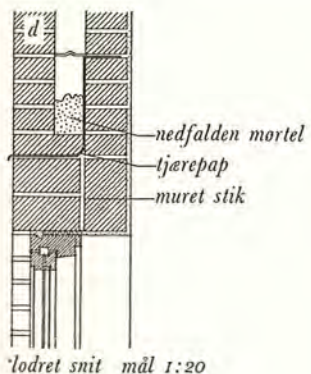
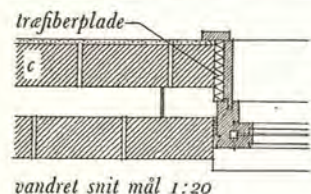
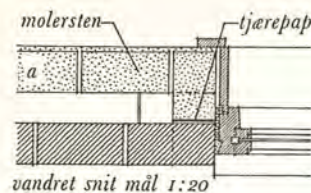


Fig. 13. Vinduer i hule mure.

Bindere til hule mure

Bindere må ikke kunne lede vand til bagmuren, en $\frac{1}{2}$ stens formur er ikke regntæt, og det sker ofte, at binderne er årsag til fugtpletter indvendig.

Den ståltrådsbinder, der indtil for få år siden anvendtes mest her i landet er type 1. Den skal ligge med fald udad for ikke at lede vanddråber til bagmuren og er derfor mindre hensigtsmæssig.

Type 2 anvendes meget i Jylland, den er noget bedre end 1. Type 3 fabrikkes her i landet, drypbøjningen bør vendes opad, en eventuel dråbe vil da falde af længere fra bagmuren, end hvis bøjningen vender nedad. Type 4 og 5 er efter engelsk mønster, de må begge anses for at være bedre end de danske.

Binderne skal støtte murens to halvparter mod hinanden, så sikkerheden mod udbøjning bliver tilstrækkelig stor, og anbringes i hvert fjerde skifte med højst 50 cm vandret afstand. Langs muråbninger, hvor der ikke mures fuldt ud, bør binderne anbringes hele vejen rundt 10—15 cm fra kanten, ved 8 cm hulrum i hvert fjerde skifte, og ved 13 cm hulrum i hvert andet skifte. Levetiden for galvaniserede bindere er i vel udført murværk meget lang, og de vil formentlig i de fleste tilfælde holde husets levetid. I offentligt byggeri, hvor der skal regnes med meget lang levetid, vil det være sikrest at udføre binderne af kobber eller andet korrosionsbestandigt metal.

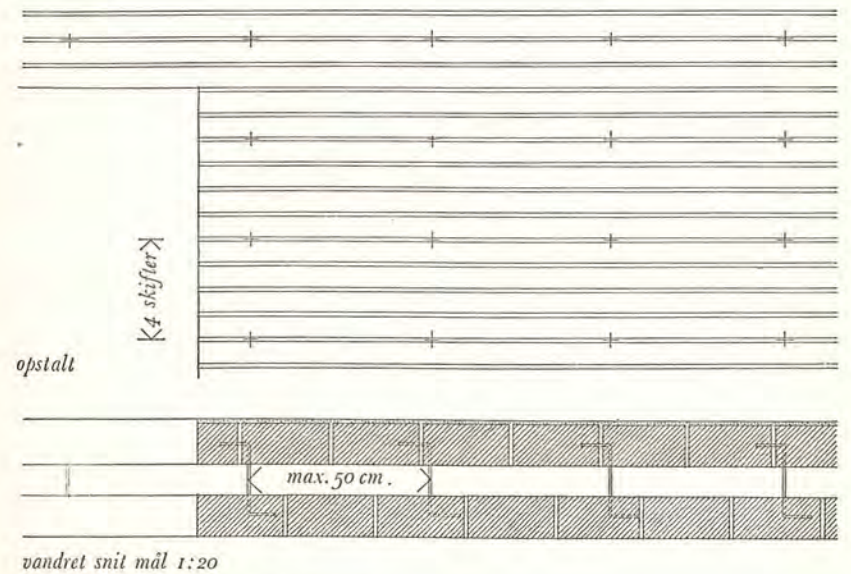
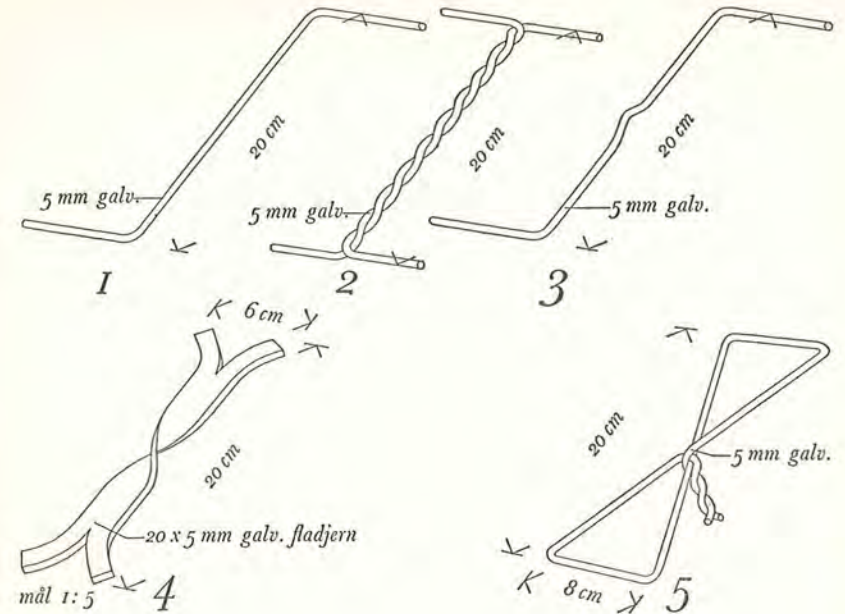


Fig. 14. Bindere til hule mure.

Vinduesoverligger ved hul mur

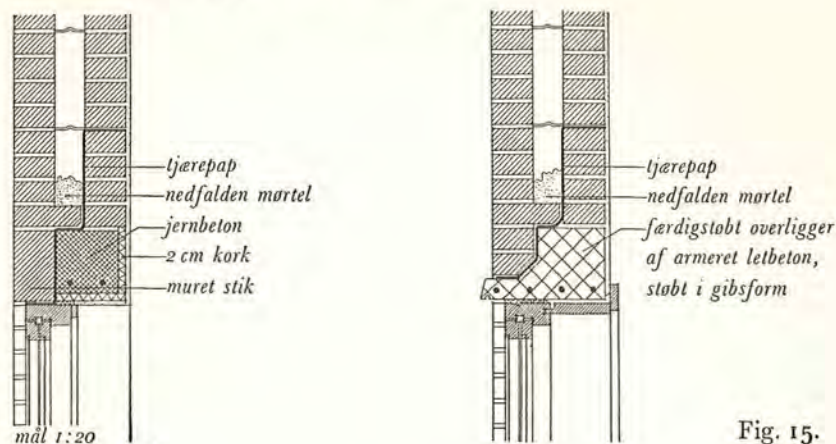


Fig. 15.

Betonoverliggeren skal fugtisoleres fra formuren, fordi beton holder bedre på fugt end tegl, da den er mere finporet. Den indmurede tjærepap leder indtrængende vand, der samler sig i bunden af hulrummet, udad og forhindrer, at den nedfaldne mørtel danner fugtbro. I England anvendes i stedet for tjærepap blyplade med en vægt af 15 kg/m^2 .

Hvis vinduesoverliggeren ikke i sig selv er varmeisolerende, må den isoleres på inder- og underside med 2 cm kork eller træfiberplade.

Aflægning af jernbetondæk på 35 cm fuld mur

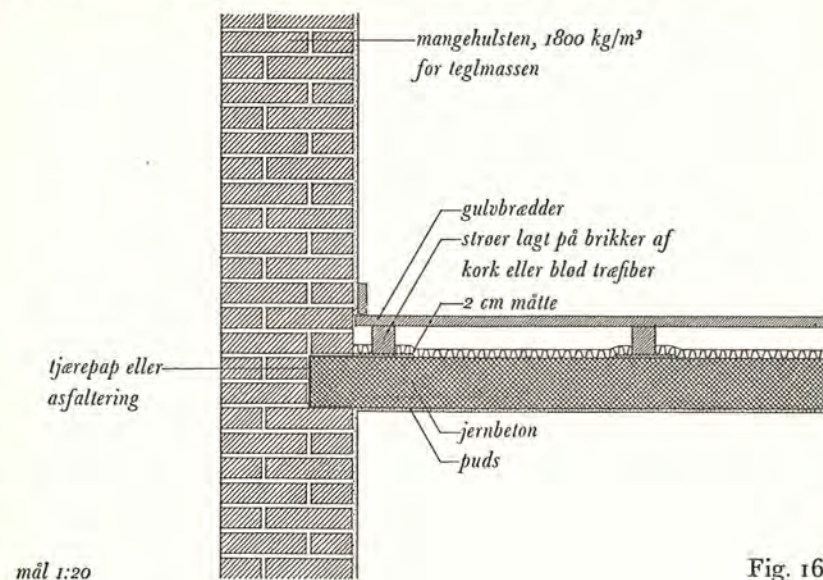


Fig. 16.

Beton er mere finporet end tegl og holder bedre på fugtighed. Den del af dækket, der stikker ind i muren, bør derfor beklædes med tjærepap eller asfalteres for at hindre betonen i at suge fugt fra murværket. Kapillarsugning vil suge fugtigheden indad og holde enden af dækket tør. Asfalteringen vil desuden hindre, at støbevand trænger ned i murværket og giver anledning til udblomstringer. Opmærksomheden må dog her henledes på myndighedernes krav til murens forankring i etageadskillelsen.

Fugtige gulve på træbjælkelag

Ved modernisering med badeværelser og indretning af fødevarerbutikker i ældre ejendomme forlanges der altid lagt et tæt gulv over det gamle træbjælkelag. Disse gulve bliver ofte ikke udført så godt, som de burde og giver derfor anledning til råd og svamp i træværket. Det er nemlig ikke nok med en fugefri og tæt gulvbelægning alene. Den vil ikke holde sig vandtæt overalt i det lange løb og bliver mange steder ikke passet ordentligt.

Hvor man som vist ved badeværelset på figuren nøjes med at støbe en betonplade ovenpå de gamle indskudsbrædder, skal der under den lægges en absolut tæt asfaltmåtte med svejste samlinger. Måtten skal også føres op omkring væggene, så vand, der løber ned heraf, ikke kan trænge ned til træværket.

I arbejdslokaler og butikker, hvor der forlanges fugefri gulve og gulv afløb med skylleventil, er ikke engang denne fremgangsmåde forsvarlig, her bør altid det gamle træbjælkelag fjernes fuldstændigt og erstattes af et jernbetondæk. Sådanne steder bør også vaske o. lign. ophænges frit på galvaniserede bæringer i stedet for at indbygge dem i træborde, hvor der samles fugt omkring dem, så træet rådner før eller senere.

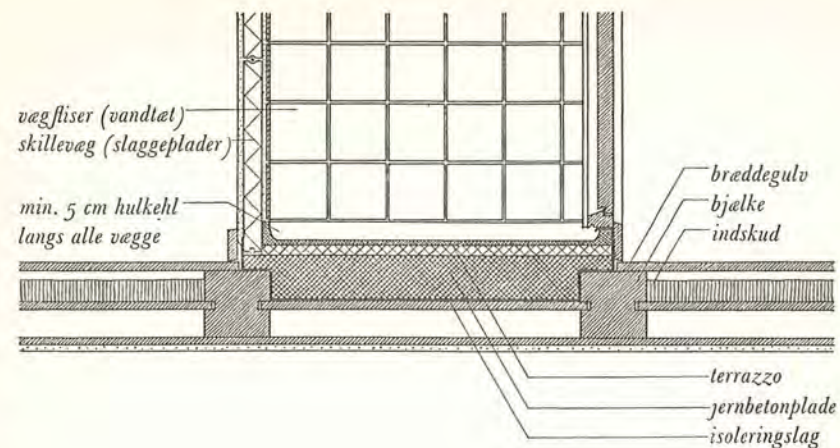


Fig. 17. Fugtige gulve på træbjælkelag.

Ydervægge for fugtige rum

Ved meget fugtige rum skal man være særlig omhyggelig med at få ydervæggene opbygget på den rigtige måde. Vanddampene i luften søger altid mod de koldeste steder, de vil derfor trænge ud gennem de porøse ydervægge. Hvis vanddampene trænger lettere gennem væggenes inderste lag end gennem de yderste, kan de ikke nå at komme hurtigt nok ud til fri luft og fordampe, men vil sætte sig som fugt i væggen.

Væggens inderste varme lag skal derfor være det tætteste.

Da alle isoleringsmaterialer er meget porøse, bør de altså helst sidde udvendigt. Anbringes isoleringen indvendigt, må der under den indvendige puds anbringes et fugtstandsende lag, der må udføres *meget omhyggeligt*. Eet sådant godt fugtisolierende lag kan udføres af 1 gang stryging med asfaltopløsning og 1 gang stryging med varm asfalt.

På de skitser, hvor isoleringen er lagt udvendigt, eller hvor væggenes yderste lag er nogenlunde porøst, er det nok at stryge 2 gange med asfaltopløsning under den indvendige puds (anvend ikke brandfarlige opløsningsmidler og ventiler godt under arbejdet, da opløsningsmidlerne er giftige).

Væggen skal varmeisoleres således, at temperaturen på væggenes inderste aldrig kommer under dugpunktet for inderluften, for at der ikke skal komme fortætningsvand (kondens) på væggen.

Konstruktionen, der er vist på skitse d (nederst til højre på modstående side), kan anvendes ved isoleringen af en gammel, dårlig væg. Regnskærmen kan være af eternitplader, tagsten, brædder på klink, træspån eller lignende utætte beklædninger. Regnskærmen skal være ventileret ved et luftlag på bagsiden og være så tæt over for vind, at vindtryk momentant udlignes, så der bliver samme tryk på begge sider. I modsat fald vil regnen drives over til den varmeisolerende del af væggen, der skal holdes tør. Ved træbeklædninger skal utæthederne være så store, at de ikke lukkes, når træet bulner ud under fugtens påvirkning. Hvis væggen ligger sådan, at den kan udsættes for påkørsel eller anden overlast, må der anbringes et solidt friholderværk.

Hvor der ikke anvendes tagrender, bør ydervæggene beskyttes i tilstrækkelig højde over jorden, så de kan tåle opspringet fra tagdryppet. Det må dog i almindelighed anbefales at anvende tagrender.

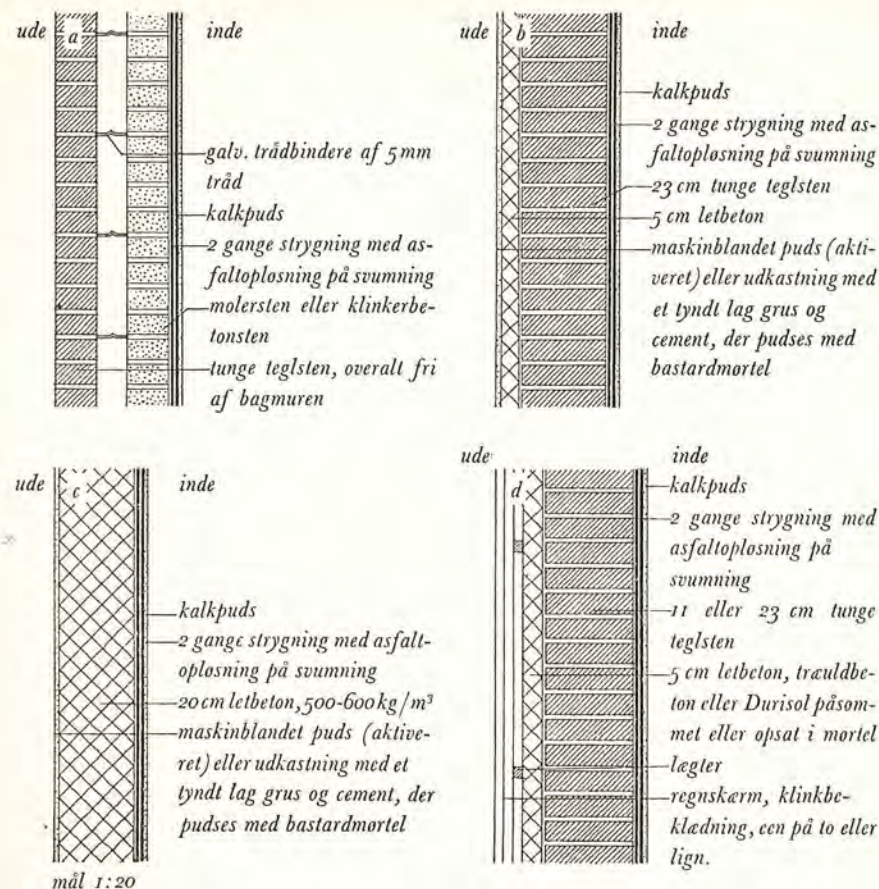


Fig. 18. Ydervægge for fugtige rum.

Isolering af ydermure med isoleringsplader på lister

Hvor en ydervæg isoleres med plader på lister, vil det i de fleste tilfælde være naturligt at anbringe listerne lodret, der opstår derved et hulrum bag isoleringen, som isoleringsmæssigt er yderst gavnligt. Men der må sørges for, at dette hulrum bliver lukket omhyggeligt forneden, så fugtig luft fra kælder eller kryberum ikke kan komme op bag isoleringen og måske endda ledes hel op til tagrummet, hvor den fugtige luft kan afsætte kondensvand.

Træfiberplader er meget anvendt til vægisolering. De er imidlertid meget brandfarlige, og det er bedre at isolere væggen med en pudsfri plade, f. eks. af gips med en isoleringsmåtte bagved eller med plader af kork eller skumplastic, der fastgøres på væggen med mørtel eller ikke-damptæt lim.

Væggen må under ingen omstændigheder stryges med asfalt bag isoleringen, og isoleringen må ikke opsættes i asfalt. En sådan damptæt hinde bag isoleringen ligger koldt og vil give anledning til kondensation.

mål 1:20

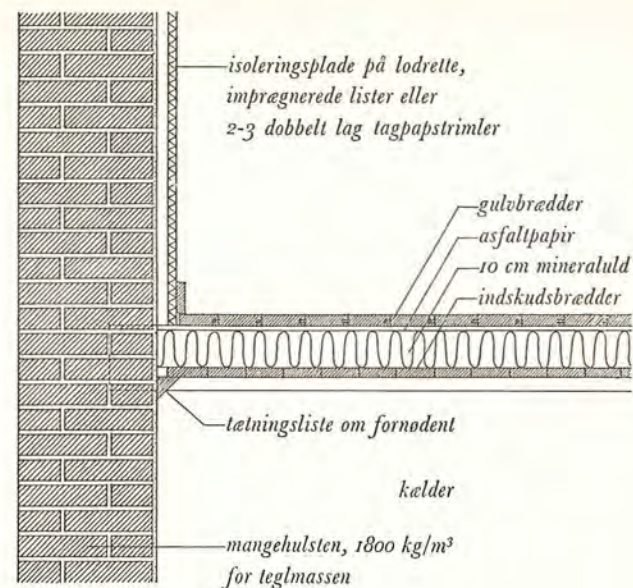


Fig. 19. Isolering af ydermure med isoleringsplader på lister.

Træskeletvæg

En træskeletydervæg som vist på fig. 20, der f. eks. kan anvendes som ikke bærende udfyldning i et højhus, skal opfylde følgende elementære krav:

Slagregn må ikke kunne trænge ind til den varmeisolerende del.

Vinden må ikke kunne pumpe kold luft ind og ud og ødelægge isoleringens virkning.

Vinden må ikke kunne pumpe den varme, fugtige rumluft ind og ud, så der kan afsættes kondensfugt i de yderste kolde lag.

Den udvendige beklædning skal være brandsikker efter myndighedernes krav, så den ikke kan forplante brand opad på ydersiden af huset.

Den indvendige beklædning skal være brandsikker efter myndighedernes krav.

Den indvendige beklædning skal være modstandsdygtig over for stød og slag.

Væggen skal opfylde myndighedernes krav til bæreevnen, både overfor lodrette og vandrette kræfter.

Slagregn kan ikke trænge ind, hvis yderklædningen har et godt ventileret luftrum bagved, og den er så utæt, at vindtrykket momentant udjævnes, og der derved bliver samme tryk på begge sider. Den regn, der trænger igennem, vil da løbe ned ad yderklædningens bagside. Om alle åbninger og under alle fremspring skal anbringes drypkanter eller lignende, så regnvand ikke af vinden drives ind langs undersiden. Samlingerne i det yderste tætte lag imprægneret pap skal være tætte, så luft ikke kan presses ind. Det skal derfor lægges med klemte fuger og overlæg. Overlægget skal være mindst 2 cm og helst så bredt som stolperne. Her er overlæggene klemt ved at lægge pappen med lodrette baner og sømme en lægte udenpå. Det indvendige damp- og vindtætte lag skal være tættere både overfor luft og vanddamp end det yderste vindtætte lag, således at den vanddamp, der trods alt slipper igennem, lettere kan trænge ud i fri luft. Det inderste tætte lag skal derfor også lægges med klemte overlæg, og hvor der anvendes åben forskalling indvendig, skal overlæggene stiftes mellem forskallingsbrædderne. Gipsplader alene er ikke modstandsdygtige over for stød, men må understøttes af en bagklædning, her af forskallingsbrædder.

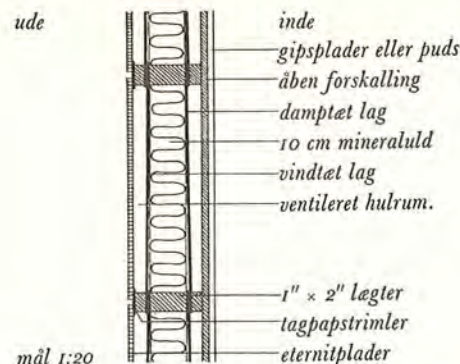


Fig. 20. Træskeletvæg (vandret snit).

Imprægneret bygningspapir inddeles efter amerikanske specifikationer i fire klasser, og kravene er efter amerikansk standard følgende:

klasse A bruges, hvor der kræves meget stor vanddamp tæthed. Permeabiliteten (gennemtrængningsevnen) må ikke overstige 0,00117 g vanddamp pr. time pr. mm VS.

klasse B bruges, hvor der kræves noget mindre vanddamp tæthed, men stor tæthed mod vandgennemtrængning. Permeabiliteten må ikke overstige 0,00175 g pr. time pr. mm VS.

klasse C bruges, hvor der kun kræves middelgod tæthed mod vanddamp eller vandgennemtrængning.

klasse D bruges, hvor der kræves meget lille vanddamp tæthed. Permeabiliteten skal være større end 0,0102 g pr. time pr. mm VS.

Hertil kommer visse krav til styrke m. v.

Permeabiliteten måles ved at spænde en prøve over en skål med calciumklorid, der er stærkt vandsugende. Skålen anbringes i et rum med 23° C og 50 % fugtighed, og ved vejning bestemmes vandoptagelsen i calciumkloridet.

Yderligere oplysninger findes i: Federal Specification for Paper; Building, Waterproofed. UU-P-147, May 24, 1948, The Superintendent of Documents, Washington, D.C.

Isolering af radiatorbrystning ved karnapaltan

Varmeisoleringen bag radiatorer bør være betydelig kraftigere end på almindelige ydervægge, da vægtemperaturen er højere. Den mest økonomiske isoleringstykkelse alle forhold taget i betragtning er for trældbeton 15 cm og for kork 7,5 cm.

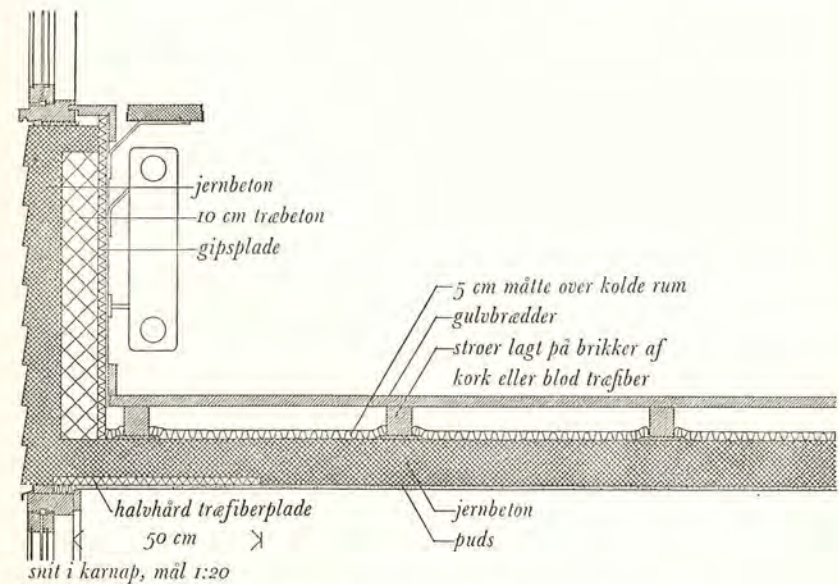
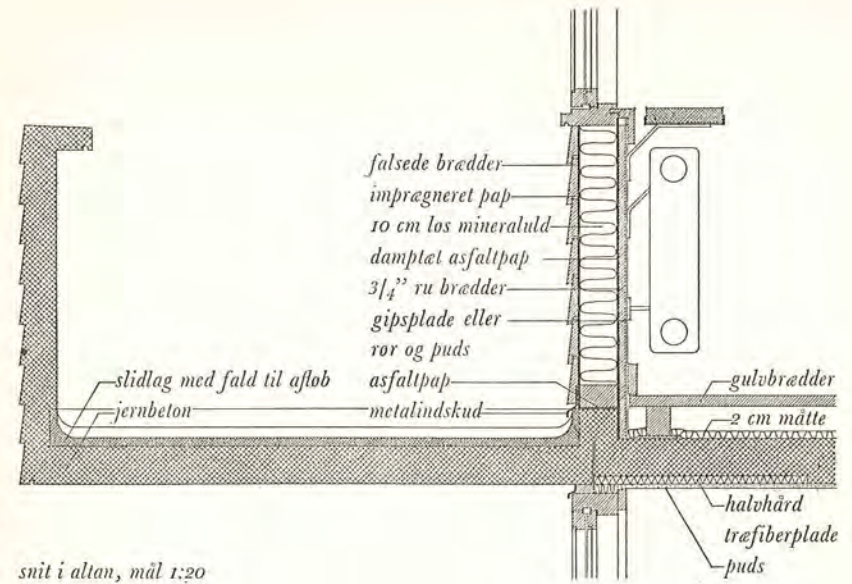


Fig. 21. Isolering af radiatorbrystning ved karnapaltan.

Ventilation af tagrum under tæt tag

Tagrum under tætte tage, brædder med tagpap, zink eller lignende, skal altid være vel ventilerede, så fugtigheden, der stiger op fra stuerne, kan forsvinde, uanset hvorledes loftet er udført. Er tagrummet ordentligt ventileret, vil der heller ikke blive så varmt om sommeren.

Den varme, fugtige luft samler sig under kippen, og aftrækshullerne skal derfor anbringes højest muligt i gavlene.

Det anbefales at anvende følgende arealer af ventilationsåbningerne:

Fladt tag. Hældning mindre end 1:4. Ikke udnyttet tagrum. Det samlede fri areal af ventilationshullerne skal være $\frac{1}{300}$ af det bebyggede areal. Hullerne skal være ensformig fordelt langs tagskægget. Luften må kunne stryge frit overalt under taget.

Yderligere skal der være en damptæt membran i det øverste loft, hvis det ikke er af jernbeton.

Saddeltag. Hældning større end 1:4. Ikke udnyttet tagrum. I toppen af hver gavl skal være en rist, hver med et frit areal på mindst $\frac{1}{600}$ af det bebyggede areal.

Valmtag. Ikke udnyttet tagrum. Under tagskægget, ensformig fordelt, skal være huller med et samlet areal på $\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{600}$ af det bebyggede areal.

Ved kippen skal desuden være en eller flere riste eller ventilationshætter med et frit areal på $\frac{1}{600}$ af det bebyggede. Der må omhyggeligt sørges for, at tagets underside *overalt* kan bestryges af ventilationsluften, også ved flunker, valm o.s.v. Det bliver derfor nødvendigt nogle steder at indskyde et ekstra lag taglægter, så luften kan sno sig igennem alle vegne.

Højt tag med udnyttet tagrum. Arealet af ventilationshullerne under tagskæg og ved kippen skal være som ved valmtag, men *desuden* skal der være en damptæt membran ved indersiden af tagetagens loft, skunkvægge og skrå tagvægge. Tagets underside skal kunne bestryges af luften som ved valmtag.

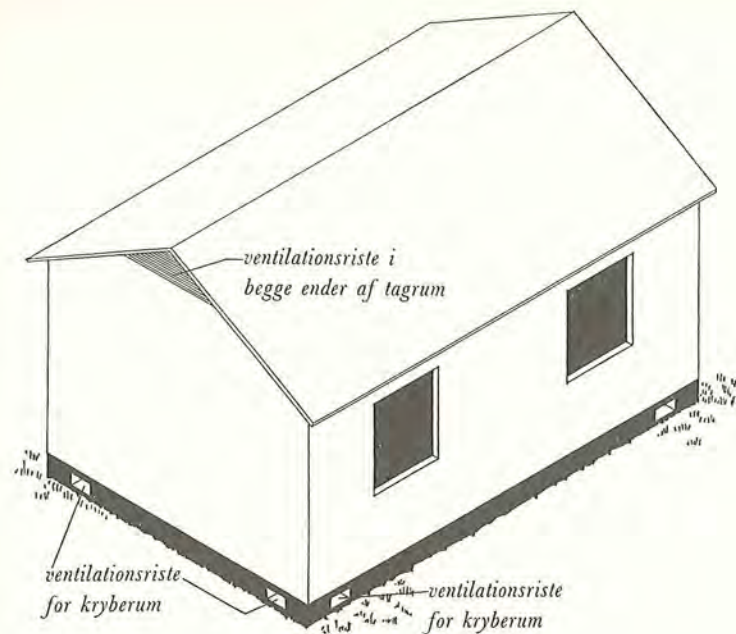


Fig. 22. Ventilation af tagrum under tæt tag.

Ventilationshullerne skal dækkes med net eller riste (der formindsker det fri areal) med største maskevidde 3,5 mm, så smådyr og større insekter ikke kan komme ind.

Flunker og kvisttage skal ventileres på lignende måde.

Disse krav kan måske synes overdrevne, men efterhånden som vore huse bygges bedre og tættere, og der anvendes dobbelte vinduer, vil fugtighedsproblemerne blive mere fremtrædende. Hvor der anvendes utætte tage, som tegltag og eternittag uden tæt underlag, kan der slækkes noget på disse krav, men det er alligevel langt fra nok at anbringe et enkelt drænrør eller to i hver gavl i et rækkehus.

Skunkrum under tæt tag

Fugtigheden fra rumluften søger op mod det kolde tag, og hvis der ikke overalt er ventileret under tagbrædderne, vil de blive ødelagt af kondensvand. Under udhænget skal der hele huset rundt være ventilationsspalter, og muren må ikke lukkes op mod taget, så ventilationsluften hindres i at stryge op under taget. Der må i det hele taget passes omhyggeligt på, at der bliver effektivt ventileret overalt mellem tag og isolering. Måtterne må ikke stoppes ind, så de lukker for ventilationsluften nogen steder, og de skal ligge fast, så de ikke kan synke ned og blokere eller ligefrem lukke ventilationshullerne ved tagudhænget. Træværket bør være tilgængeligt for eftersyn mod svampe- og husbukkeangreb. Alt træ bør være frit for bark, således at der ikke er mulighed for at få barkbiller ind.

Isoleringsmåtterne skal være med damptæt asfaltpapir på undersiden og crepepapir *uden* asfalt på oversiden. Hvis der anvendes måtter med asfaltpapir øverst, vil dette papir i perioder blive drivende vådt på undersiden af fortættet vanddamp fra den fugtige rumluft. Der kan ikke regnes med, at fiberplader, gipsplader, puds o. lign. har nogen som helst virkning som dampstandsede lag.

Lemmen i skunkvæggen skal også isoleres og fugen om lemmen tættes med tætningsnøre som ved vinduer. Skunkvæggen skal føres helt ned til indskudsbrædderne eller forskallingen, så det ikke kan trække ind under gulvet i tagetagen, dette er naturligvis særlig vigtig, hvor der ikke er gulv i skunkrummet.

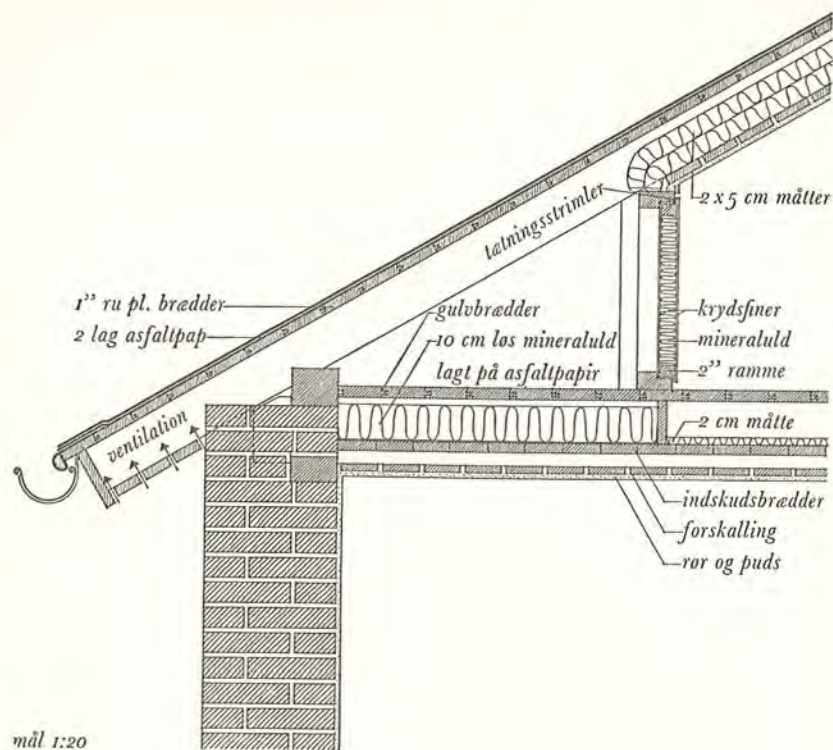
På tegningen er isoleringsmåtterne ført nedad skunkvæggen, de kan også føres ned langs taget til remmen. I sidste tilfælde kan spares isoleringen af lemmen og i etageadskillelsen under skunkrummet.

Tagbrædderne skal være tørre, når de oplægges og bør imprægneres. Søm, der rammer ved siden af spærene, skal knibes af. De danner ellers kuldebroer, hvorpå der kan sætte sig is.

Jo højere rejstning der er på taget, jo bedre holder tagpappen. To lag tagpap er bedre end et, men det øverste lag skal klæbes omhyggeligt i asfalt. Øverst kan anvendes tosidigt belagt, overfladebehandlet asfaltpap med vægt mindst $4,3 \text{ kg/m}^2$. Underst kan anvendes afsfaltpap med vægt mindst $2,5 \text{ kg/m}^2$ eller tjærepap med vægt mindst $2,0 \text{ kg/m}^2$.

I stedet for det øverste lag asfaltpap kan også anvendes tegl-, eternit- eller skifertag. Underlaget kan da være et lag to-sidigt belagt asfaltpap med vægt mindst $2,5 \text{ kg/m}^2$.

Husk aftrækshætte i kippen eller ventilationshuller i gavlene, se fig. 22, og zinkinddækning om alle opstående dele til optagelse af tagpappen.



mål 1:20

Fig. 23. Skunkrum under tæt tag.

Massivt tag med murkrone ved fuld mur af teglsten

Isoleringen på taget skal være meget kraftig for at give tilstrækkelig sikkerhed mod kondensation på loftet. Transmissionstallet for det viste tag er ca. 0,4. Bruges rummet til kontor, må der regnes med at kunne blive 22° C og 70 % fugtighed indvendig, d.v.s. 24° C under loftet. Er der udvendig — 15° C, bliver temperaturen på loftet ca. 21° C, og da luftens dugpunkt er ca. 18° C, er sikkerheden mod kondensation tilfredsstillende.

Letbetonblokkene skal være fuldstændig tørre, når de oplægges, og holdes beskyttede mod regn. De lægges i et tyndt lag jordfugtig mørtel, for at den kapillære forbindelse mellem isolering og jernbeton ikke skal afbrydes. Den vanddamp, der diffunderer op mod den kolde overside og kondenserer, skal af kapillarsugningen kunne trækkes nedad igen.

Membranisoleringen, tagpappen, må beskyttes mod for stærke temperaturvariationer. Fra en varm sommerdag til en kold vinternat kan overfladetemperaturen variere ca. 75° C. Hvis tagpappen udsættes for stærk solbestråling, vil den bule op, fordi der kan dannes lokale overtryk, når fugtigheden under pappen bliver til vanddamp. Tagpappen kan beskyttes med et lag sand og fliser, et lag perlesten eller et afretningslag. Studér iøvrigt fabrikkernes specifikationer for *built-up tagdækninger*.

Hvor isoleringslaget er eftergiveligt, skal afretningslaget over tagpappen være af meget fin kvalitet, så det ikke revner, revner i afretningslaget forplanter sig nemlig let ned i membranisoleringen. Der kræves følgende:

Afretningen skal være mindst 3 cm tyk.

Cementindholdet må ikke være under 300 kg/m³, og betonen skal indeholde småsten og vibreres.

Afretningen skal armeres, f. eks. med svejset net med 10 cm masker og mindst 0,4 cm tråddiameter.

Afretningen skal vandes og afdækkes under hærdeningen, så den ikke revner.

Da 1 stens murværk er gennemtrængelig for slagregn, må der indlægges et lag tjærepap mellem mur og tag. Pappen skal føres ud til murens yderside.

Hvis murkronen er af massive sten, bør der varmeisoleres mod kuldebroer på jernbetonens underside ved en 50 cm bred isoleringsplade langs murens inderside, se fig. 21.

Tjærepapen under afdækningen foroven beskytter murkronen mod ødelæggelse fra nedsivende vand og tillader afdækningen at arbejde i for-

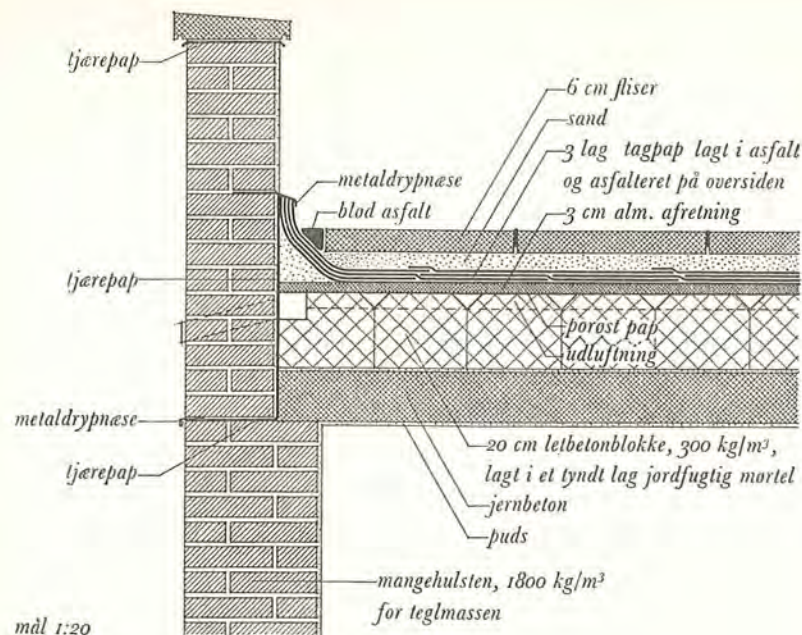


Fig. 24. Massivt tag med murkrone ved fuld mur af teglsten.

hold til murværket, så den ikke knuses eller revner¹). Husk, at der også skal indskydes et fugtstandsende lag *under* murkronen.

Massivt tag er dyrt, når det skal være godt.

¹) *Skorstene* bør afdækkes på samme måde. Hvis skorstenen ikke afdækkes, eller afdækningen støbes på stedet, så den kommer i fast forbindelse med murværket, vil de øverste skifter ødelægges i løbet af få år.

En skorstensafdækning skal støbes af god, tæt beton, have rigeligt fremspring med drypnåse og lægges i mørtel på tagpap. Afdækning med en støbejernsplate er også godt. Afdækningen skal ligge fast, så skorstensfejeren kan holde sig ved den.

Massivt tag med murkrone ved hul mur

En murkrone er altid særlig stærkt udsat for vejrliget, den får regn fra 3 sider og tilføres ingen varme, der kan hjælpe med til at holde den tør.

Under afdækningen bør indskydes et lag tjærepap, og sammenskæringen mellem mur og tag bør ligeledes dækkes med et lag indskudt tjærepap, således at taget ikke kan suge vand fra de fugtige mursten.

Til højre er vist en udformning efter engelsk mønster, hvorved der opnås større sikkerhed mod, at der opstår en kulde- og fugtbro ved sammenskæringen mellem mur og tag. Denne udformning er ikke tilladt herhjemme efter de fleste byggevedtægter.

Taget er her vist tækket med støbeasfalt. Hvis der skal være absolut sikkerhed for, at taget er tæt, må der anvendes 2 lag støbeasfalt, det øverste mere magert end det nederste. For at asfalten skal hæfte godt til underlaget, må det først stryges så tyndt som muligt med asfaltopløsning ca. 0,2 kg pr. m², blanke pletter må fjernes, og opløsningen skal tørre fuldstændig inden udlægningen af støbeasfalten. Også selve taget må være tørt, ellers dannes der dampblærer, når den varme asfalt udlægges. Skal udlægningen absolut ske i regnvejr, må der tørres med blæselampe eller lignende.

Hvor taget kan blive solbeskinnet, må det beskyttes mod for store temperatursvingninger, f. eks. af et lag betonfliser i sand eller som her af et lag perlesten, hvis man vil være fuldstændig sikker på, at der ikke skal opstå blærer eller revner. Støbeasfalten skal også helst beskyttes mod slid. Letbetonen vil ved ikke altfor store luftfugtigheder holde sig tør, fordi kapillarsugningen trækker det vand tilbage, der som vanddamp diffunderer op gennem letbetonen og fortættes på undersiden af den kolde asfalt.

Asfalt er ikke absolut vandtæt i tynde lag. En tagdækning udført f. eks. af to lag koldasfalt med juteindlæg vil ikke kunne holde. Der trænger mikroskopiske mængder vand ned under asfalten eller ind til juten, og når solen opvarmer, stiger damptrykket for det indesluttede vand og asfalten blærer op.

Massive tage skal i alle detaljer udføres således, at de kan tåle rengøring og snerydning.

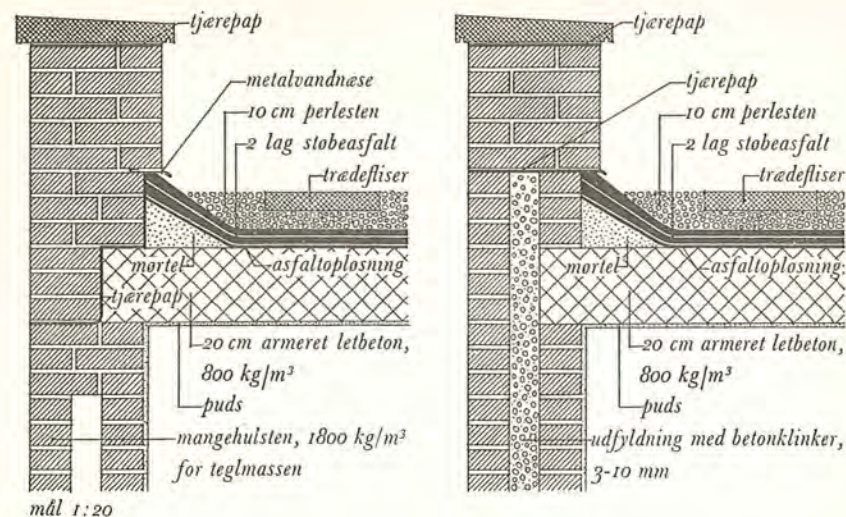


Fig. 25. Massivt tag med murkrone ved hul mur.

Massivt tag med brystning ved jernbetonbygning

Isoleringen på taget er så tyk, at der opnås en tilstrækkelig sikkerhed mod kondensation på undersiden. Korken bag hulkehlen hindrer, at der opstår en virksom kuldebro og dermed kondensation og støvfigurer i hjørnet mellem loft og væg.

Isoleringen på taget skal udføres af helt tørre letbetonblokke, så der ikke tilføres taget fugtighed, der ikke kan forsvinde. Blokkene skal opbevares under tag på byggepladsen og må ikke udlægges i regnvejr. Taget skal hurtigst muligt lukkes, efter at blokkene er udlagt. Om fornødent må der afdækkes med presenninger under regnvejr, medens afretningen tørrer.

Ved et tag som dette, hvor isoleringen er lukket inde mellem membranisoleringen og jernbetonen, må isoleringen *ikke* udstøbes på stedet af letbeton. Byggefugtigheden kan aldrig fordampe, og fugtigheden vil sandsynligvis før eller senere slå igennem på loftet. Ved et tag af denne type isoleret med cellebeton uden udluftningskanaler, udstøbt på stedet, blev der 2 år efter udstøbningen målt et fugtighedsindhold i isoleringen på 33 volumenprocent.

Det må derfor tilrådes altid at anvende udluftningskanaler, f. eks. ved at bruge blokke med affasede kanter. Herved forhindres også, at der i tidens løb dannes kondensfugt i isoleringen.

I ydervæggen kan den smule fugtighed, der indefra slipper gennem den tætte jernbeton, med lethed diffundere gennem den porøse letbetonisolerings udvendig. Letbetonisoleringen må beskyttes mod regn med et lag 1. classes puds, se side 88.

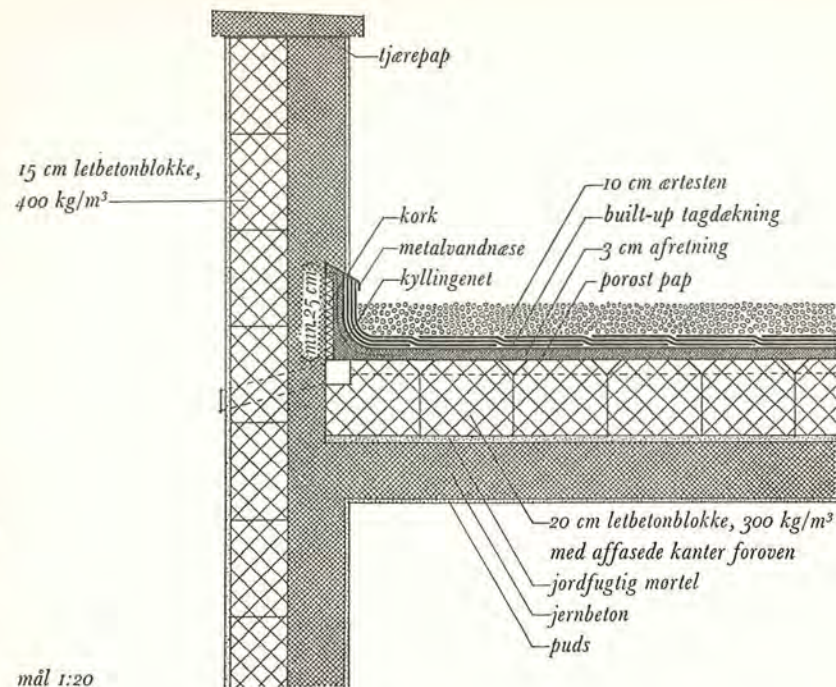


Fig. 26. Massivt tag med brystning ved jernbetonbygning.

Sammenskæring mellem massivt tag og mur

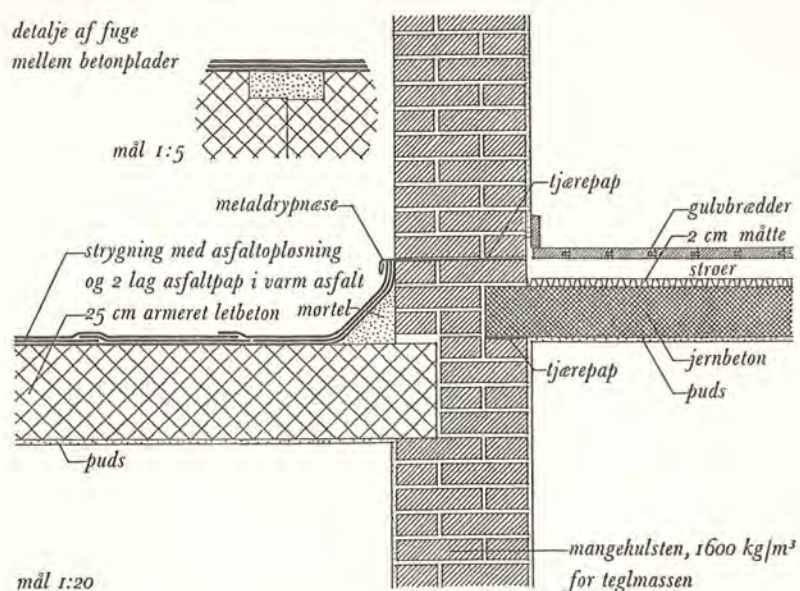


Fig. 27.

Over etageadskillelsen må der i muren indlægges en fugtisolering, som afsluttes udvendig med en drypnæse af kobber, zink eller bly, der føres helt ned over hulkehlen på tagets membranisolering. Der skulle her ikke kunne opstå blærer i tagpappen, da letbetonen er så porøs, at den virker trykfordelende, så der ikke kan opstå lokale overtryk, der løsner pappen. Letbetovens trykfordelende virkning ødelægges, hvis der lægges et afretningslag under pappen.

Da letbetonpladerne kan arbejde i forhold til hinanden, må der indrettes en fals ved alle fugerne. Falsen udstøbes med cementmørtel, og mørtelstriben virker da udjævnende, så der ikke opstår skarpe kanter, hvorover tagpappen kan ødelægges.

Her hvor tagpappen ligger frit udsat for vind og vejr, skal der anvendes asfaltpap. Hvor pappen lukkes inde, f. eks. indlægges i murværk, skal der anvendes tjærepap. Tjære imprægnerer råpappen bedre end asfalt, så den ikke kan rådne. For al tagpap gælder iøvrigt, at råpappen bør være fremstillet af tekstilfibre; hvis underlagspappen på et tag indeholder træfibre, kan disse optage vand og bulne ud.

Afløbsskål for betontag

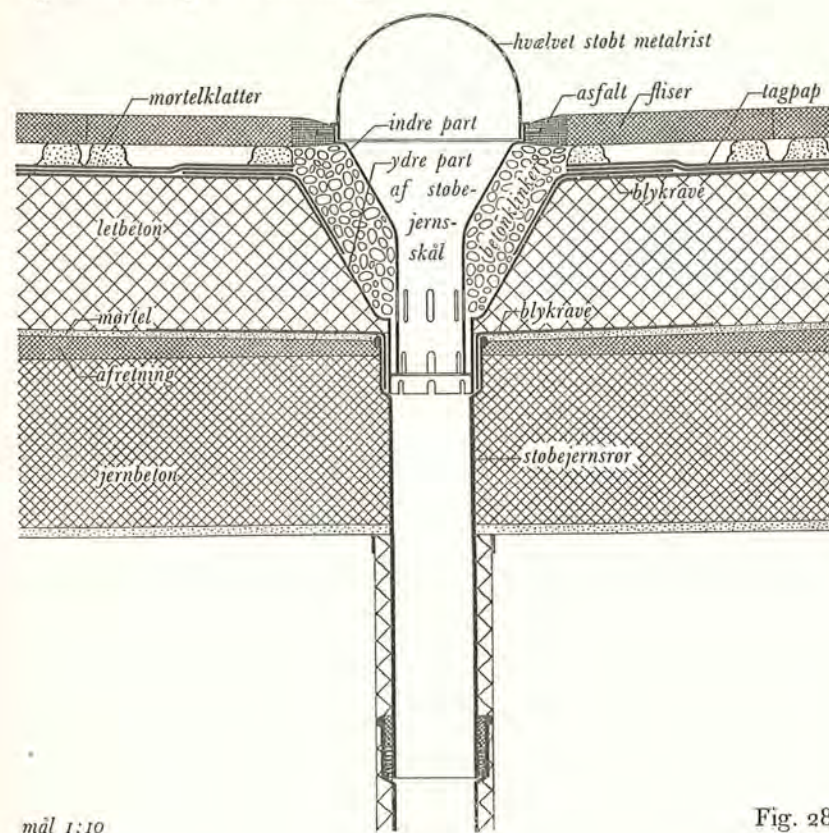


Fig. 28.

Ved de normalt anvendte uisolerede afløbsskåle vil fugtigheden i taget søge hen mod det kolde støbejern. Der kan derved på loftets underside dannes tilsyneladende uforklarlige fugtpletter.

For at undgå dette må skålen deles i en indre og ydre part med et isolerende mellemlag som skitseret. Faldrøret bør føres lige ned, så der ikke kan lægge sig støv og slam deri, desuden skal det isoleres ned gennem bygningen mod dryp. I tørre rum med 15 mm isoleringstykkelse og i fugtige rum med 50 mm.

Tækning af massive betontage

Til tækning af massive, flade betontage har herhjemme hidtil næsten kun været anvendt et lag asfaltpap med overfladebelægning, hvad der erfaringsmæssigt viser sig at være for ringe.

Der bør mindst anvendes 2 lag tagpap lagt i varm asfalt med smeltetemperatur mindst 85°C . Som underlagspap kan bruges imprægneret asfaltpap, vægt mindst $2,5\text{ kg/m}^2$ og øverst imprægneret, to-sidigt belagt asfaltpap med overfladebelægning, vægt mindst $4,3\text{ kg/m}^2$.

Vil man være helt sikker og have en første klasses tækning, bør der anvendes 3 lag. På figuren er vist de forskellige metoder, 3 lag pap kan udlægges efter:

- a giver den hurtigste tækning og bør benyttes, når regn kan frygtes under udførelsen.
- b giver en forholdsvis hurtig tækning, og
- c giver den bedste udførelse, men taget og isolationen er først beskyttet, når tækningen er færdig.

Før pappen udlægges, skal betonfladen renses omhyggeligt og stryges med asfaltopløsning, så den varme asfalt, pappen lægges i, kan klæbe godt til betonen overalt. Enhver plet, der ikke er klistret helt til, er en latent kilde til en senere blære. Navnlig hvor betonen er ujævn skal der passes på ved klistringen.

Blærer i tagpap dannes, når der opstår overtryk på grund af solvarmen mellem paplagene eller under dem. Der synes ikke at kunne opstå blærer, hvis underlaget er tilstrækkeligt porøst, og lokale overtryk kan udjævne sig som ved kork, træuldsbeton og porøse træfiberplader. Hvor taget er udluftet dannes heller ingen blærer. Derimod skal letbeton være nogle år gammel og tør før den er sikker.

I U.S.A. anvendes sædvanligvis flere lag tagpap end herhjemme. Tækningsarbejdet udføres af specialfirmaer, der har udførlige specifikationer for arbejdets udførelse ved forskellige tagtyper, taghældninger, garanti-tider og trafik på taget.

Danske firmaer udfører nu også built-up tagdækninger, hvorved firmaernes specifikationer og beskrivelser må følges.

Iøvrigt kan der henvises til en lille, fortræffelig, svensk anvisning herom, der er omtalt på side 110.

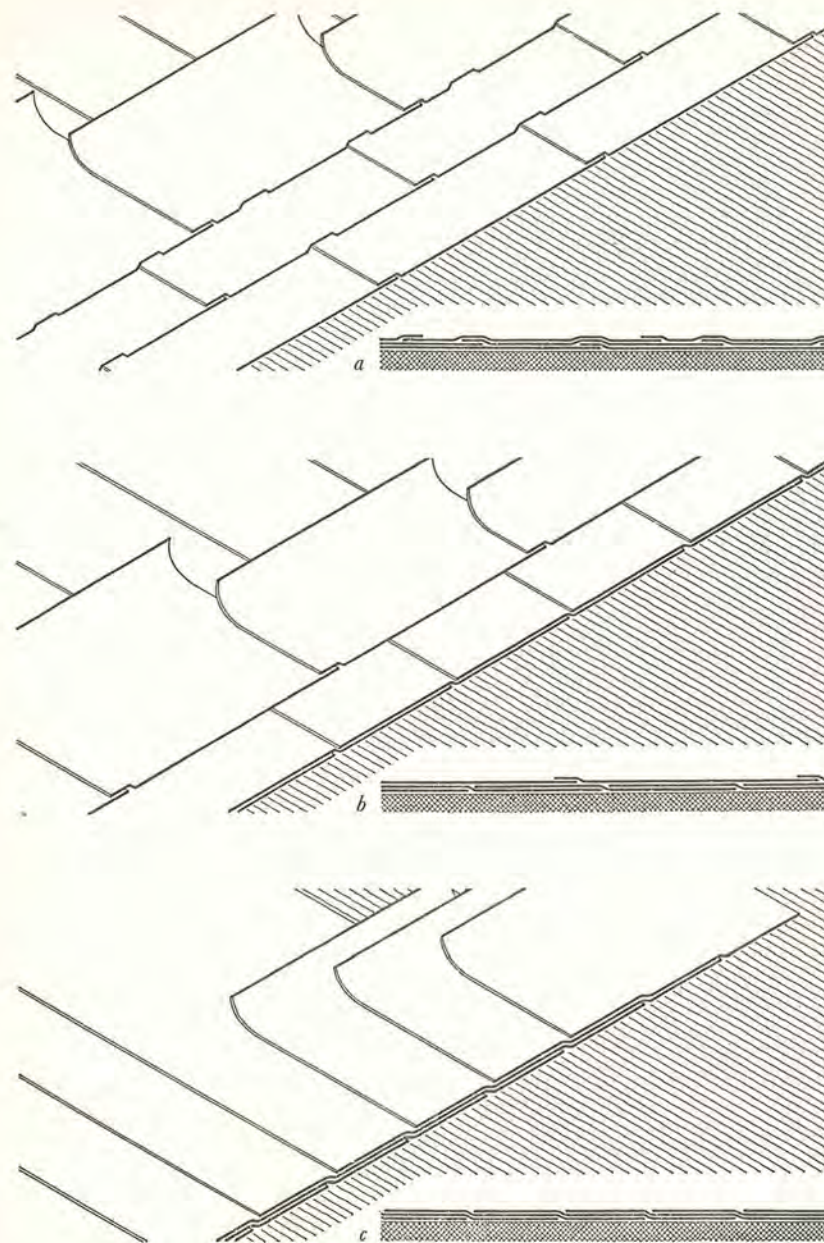


Fig. 29. Tækning af massive betontage.

Dryp fra massive betontage

Det er en erfaring, at det særlig er ved tøj lige efter frost, der kan komme dryp fra massive beton- eller hulstenstage. E. Suenson har givet en forklaring herpå.

På tegningen er vist et jernbetontag isoleret med slaggebeton, der er meget porøs med gennemgående porer. Porerne er vist skematisk med grove porer og hårrør.

- a Under bygningen af taget fyldes alle porer med vand fra udstøbningen og eventuel regn.
- b Før eller senere danner der sig større utæthed i jernbetonen. Vandet fra de grove porer finder vej hertil og løber ud, mens hårrørene holder på vandet og stadig forbliver vandfyldte, og de grove porer er stadig fyldte med vandmættet luft.
- c Indtræder frost, vil vanddampene fortætte sig foroven under den kolde overfladebelægning og danne et islag, der stadig vokser i tykkelse, fordi der fordampes vand fra hårrørene.
- d Når det bliver tøj, vil isen smelte, og vandet løber gennem de grove porer ud gennem utæthederne i jernbetonen og giver dryp for anden gang.

En del af smeltevandet opsuges på vejen ned af hårrørene, og luften i slaggebetonen vil stadig være vandmættet, så der i næste frostperiode atter dannes is. Ved tøj fås påny dryp, og spillet kan således gentage sig i mange år, indtil slaggebetonen er næsten tøj. Da letbeton udstøbt på stedet kan indeholde op mod 33 rumfangsprocent vand, er det forståeligt, at det tager år, før taget bliver tøj. Den vandmængde, der fordampes fra undersiden efter at være suget gennem jernbetonens hårrør, er meget begrænset, det er kun ved skift mellem frost og tøj, større vandmængder kan slippe ud.

Sådanne tage bør ventileres på en eller anden måde, så byggefugten kan fordampe. Ved at varmeisolere tagets overside bedre kan isdannelsen og den påfølgende drypning undgås, men taget udtørres næppe hurtigere, snarere langsommere.

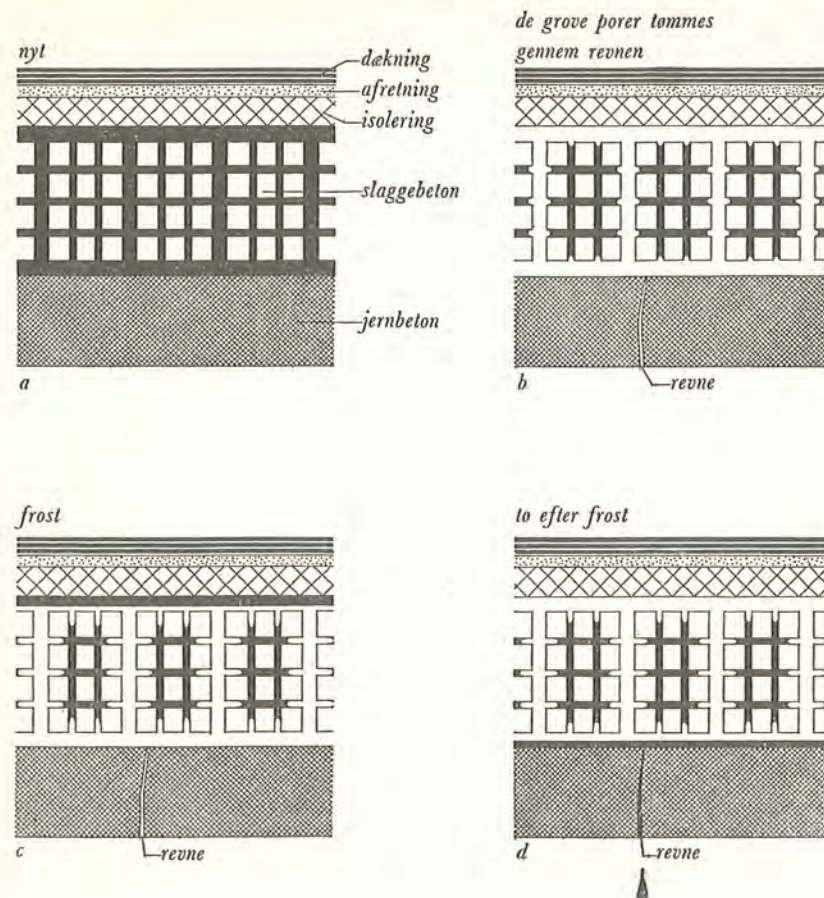


Fig. 30. Dryp fra massive betontage.

Tag over lokale med fugtig varm luft

Den viste tagkonstruktion er særlig egnet over opvarmede rum med høj fugtighed, f. eks. væverier. For at vanddampene, der kommer indefra, skal kunne slippe ud, må selve tagdækningen være porøs, den kan udføres af tegltagsten, eternit el. lign., hvorfor taghældningen skal være så stor, at disse materialer kan anvendes eller luftrummet under tagdækningen må ventileres udadtil.

Taget er opbygget af 3 lag, der udefter bliver mere og mere utætte for vanddamp. Tæt jernbeton inderst, derpå den porøse isolering, der kan være letbeton, kork, Durisol eller træuldbeton uden anden afdækning end det for vanddamp utætte tag. Ved at lægge isoleringen udvendig klares også lettere alle problemer med kuldebroer.

Isoleringen skal være så tyk, at temperaturen på tagets underside med sikkerhed ligger over luftens dugpunkt også under hensyntagen til, at luftbevægelsen under loftet måske kan blive mindre end ved en helt fri overflade. Hvis isoleringens tykkelse er bestemt som den mest driftsøkonomiske, vil dette krav i de fleste tilfælde være opfyldt. Det vil være en fordel, hvis loftet bestryges af ventilationsluften.

Hvis lokalet skal *akustisk* dæmpes, er det som regel nødvendigt at beklæde loftet med lydabsorberende materialer for at få tilstrækkelig stort absorptionsareal.

Alle de almindelige, lydabsorberende beklædninger, der kan blive tale om at anvende, vil virke stærkt varmeisolerende, det kan derfor ikke undgås, at temperaturen på betonens underside om vinteren kommer under rumluftens dugpunkt. Vanddampene, der diffunderer gennem beklædningen, kondenserer på betonens underside og bevirker stærk dryp fra loftet. Temperaturen på betonen kan hæves ved at isolere meget kraftigt udvendig, men denne isolering skal være så svær, at det er praktisk uigenneførligt.

Den lydabsorberende beklædning må derfor ophænges, således at rumluften frit kan stryge hen under betonens underside. Dette kan f. eks. gøres ved at ophænge brede render med bund af perforerede tynde, hårde træfiberplader (mindste hulareal 10 %) med en indbyrdes afstand af 15—20 % af rendernes bredde og en fri højde over renderne på mindst 10 cm. I renderne lægges 2 cm mineraluldsmåtter i crepe-papir.

Lokalets ventilationsanlæg skal udføres således, at der kan holdes undertryk i lokalet, at ikke den fugtige rumluft skal presses ud gennem utætheder i taget og afsatte kondensvand. Ventilationsanlægget skal derfor have både indblæsnings- og udsugningsventilator.

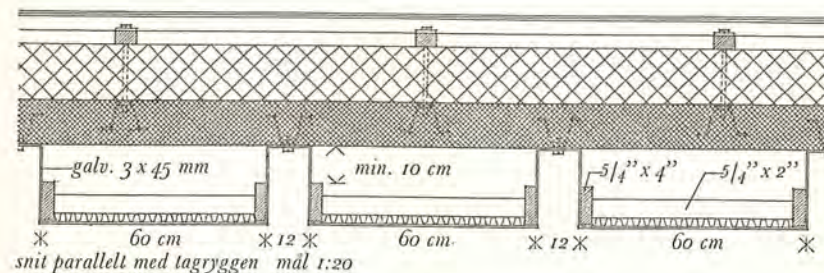
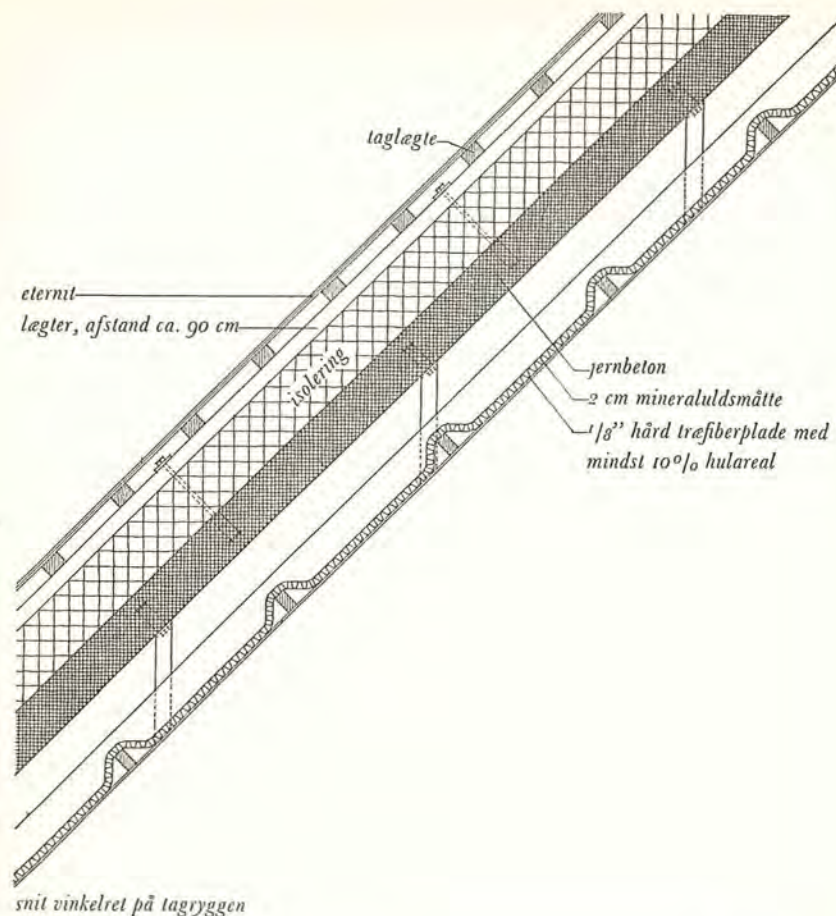


Fig. 31. Tag over lokale med fugtig varm luft.

Diagram for fugtig luft. Mollier-diagram

På dette diagram er vist sammenhængen mellem luftens temperatur, absolutte vanddampindhold og relative fugtighed i procent, samt dugpunktet og partialtrykket.

Det ses heraf, at luftens evne til at indeholde vanddamp stiger meget stærkt ved opvarmning. Ved 0°C kan luften højst indeholde 3,8 g vand pr. kg luft, mens 20°C varm luft kan indeholde op til 14,6 g pr. kg luft. (1 kg luft fylder ca. $0,85\text{ m}^3$, men rumfanget varierer med temperaturen, derfor må der regnes med vandindhold pr. kg luft).

På diagrammet er det muligt at aflæse, hvor meget vanddamp luften er i stand til at optage. Har man f. eks. 20°C varm luft ved en relativ fugtighed på 40 %, hvad der er meget normalt i opholdsrum ved vintertid, er luften endnu i stand til at optage $14,6 - 5,8 = 8,8\text{ g}$ vand pr. kg luft, før den bliver mættet (følg den vandrette 20°C linie). Hvis luften udenfor er 3°C og 90 % mættet, indeholder den herude kun 4,2 g pr. kg; når yderluften trænger ind i huset, opvarmes den, men beholder samme vandindhold og får fugtighedsgraden 30 % ved 20°C (gå lodret op fra 3°C og 90 % til 20°C linien). Den friske, tørre luft er altså i stand til at optage $5,8 - 4,2 = 1,6\text{ g/kg}$ fra personer, madlavning, blomster o.s.v., når den kommer ind, og dens relative fugtighed stiger fra 30 til 40 %. Dugpunktet er den temperatur, ved hvilken luften er mættet med den vandmængde, den indeholder. Dugpunktet for 20°C varm luft ved 40 % fugtighed er 6°C (gå lodret ned fra 20°C og 40 % til mætningskurven og aflæs temperaturen til venstre). Hvis luften træffer en flade, der er køligere end $+6^{\circ}\text{C}$, en kold flaske eller indersiden af et koldt vindue, vil fladen dugge, luften udfælder noget af sin vanddamp på fladen.

Partialtrykket, den del af atmosfærens tryk, der skyldes vanddampene, aflæses ved at gå lodret ned til den rette skrå linie og aflæse trykket til højre. Partialtrykket for 20°C varm luft med 40 % fugtighed er 95 kg/m^2 eller 95 mm VS (vandsøjle). Om vinteren ligger partialtrykket udvendig omkring 50 mm VS, det er altså et meget stort differenstryk 50—100 mm VS, der driver vanddampene gennem ydervæggene.

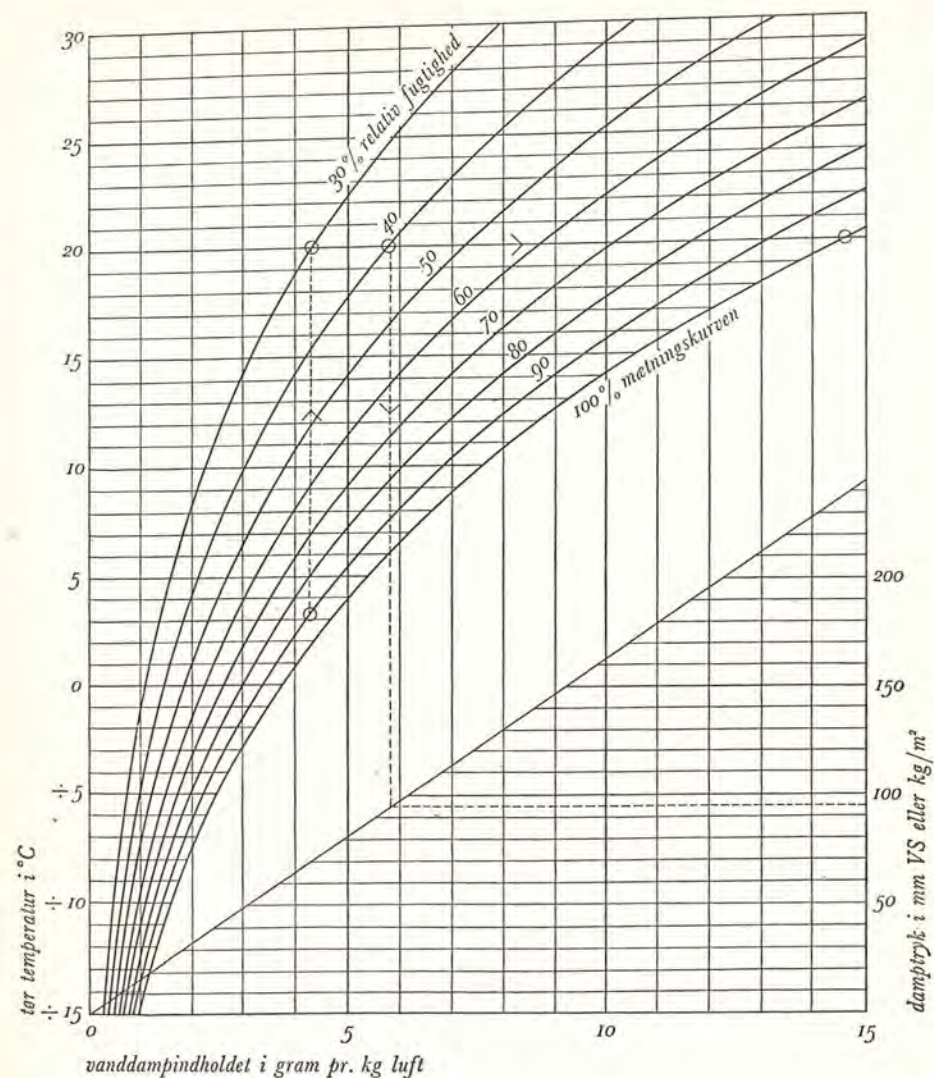
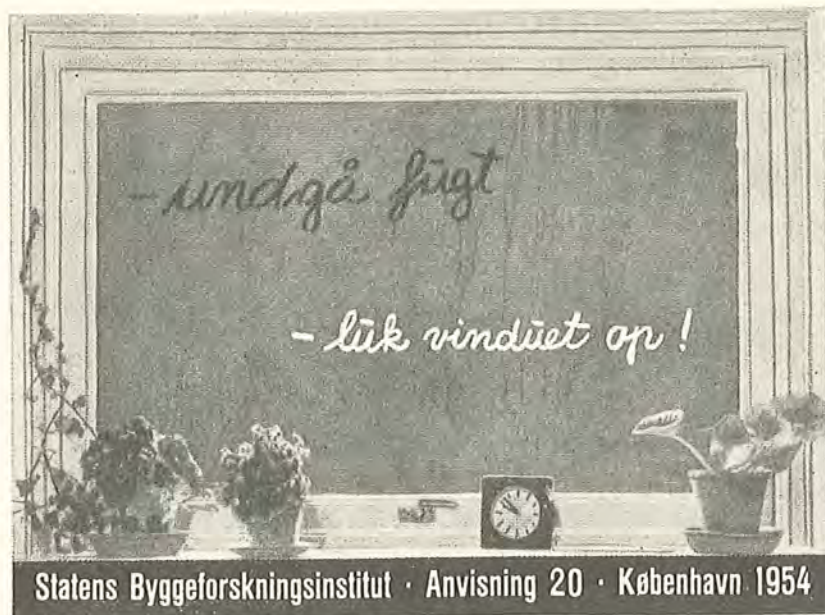


Fig. 32. Diagram for fugtig luft. Mollier-diagram.



Denne anvisning er udsendt af Statens Byggeforskningsinstitut som en lille folder i format A6, 105 × 148 mm. Den kan købes gennem Teknisk Forlag, V. Farimagsgade 31, København, V, for en pris af kr. 0,40 pr. stk. eller kr. 25,— pr. 100 stk.

Folderen beskriver i jævne ord, hvorledes man undgår fugtskader.

Den er beregnet til udlevering fra boligselskaberne til beboerne. Anvisningen er hidtil udsendt i 30000 eksemplarer.

Fugt i nye huse

Under opførelsen af et hus tilføres en mængde vand ved opmuringen af murene og støbningen af gulvene. Langt det meste af dette vand skal væk igen, før huset kan siges at være tørt. Fra hvert rum skal der fordampes 10 til 20 spande vand i det første halve år, huset er beboet. En del af dette vand fordamper fra husets yderside, men en væsentlig del fordamper indvendig fra gulve, indervægge og ydervægge.

De kan undgå størsteparten af de mange ulemper, denne store fordampning kan forårsage i retning af fugtighed og mug på vægge og bohaver, ved at følge nedenstående råd og anvisninger.

- 1 Lejligheden bør jævnlig udluftes. Korte udluftninger med gennemtræk på 5 minutter 5—6 gange i løbet af dagen er bedst. Langvarige udluftninger afkøler væggene, hvad der kan fremkalde fugt. Soveværelset bør dog udluftes grundigt, så snart De er stået op. Om vinteren bør alle rum holdes opvarmede, ellers vil fugtigheden samle sig i de uopvarmede rum.
- 2 Hvis der i et rum opstår fugt eller mug på vægge eller møbler, må fugtpletterne tørres af med rene, tørre klude. Mugne klæder må børstes grundigt af, hænges til tørre og soles i fri luft. Rummet må tørres ekstra ved hyppige og korte udluftninger og holdes godt opvarmet. Glem ikke under disse udluftninger at lade alle skabsdøre stå åbne, så skabene kan tørre indvendigt.
- 3 Møbler og andet bohaver bør i den første tid ikke stå for tæt op ad væggene, men holdes en god håndsbredde fra væggene, så der ikke kan samles fugt bagved dem. På ydervægge bør der ikke hænges billeder det første halve år. Først når huset mærkes godt tørt, er det tilrådeligt at rykke møblerne ind til væggene.
- 4 Døren til køkkenet må holdes lukket, mens der koges og laves mad, så emmen ikke kommer ind i stuerne. Hvis De lægger låg på gryderne under madlavningen, udvikles der ikke så megen em. Døren til den øvrige del af lejligheden bør ikke stå åben igen, før køkkenet er godt udluftet efter madlavningen.
- 5 Undgå så vidt muligt at vaske og tørre tøj i lejligheden, brug hellere vaskerummet eller tørrerummet. Ved vask og tøjtørring udvikles nemlig megen vanddamp, og det bør undgås.
- 6 Hvis der trods alt opstår fugt eller andre fejl i lejligheden, så meddel det snarest til viceværten eller inspektøren. Manglerne er lettere at afhjælpe, når der gribes ind i tide.

Opsæt plakaten på indersiden af en skabsdør i køkkenet.

Denne anvisning er udgivet af Statens Byggeforskningsinstitut (format A4 210 × 297 mm) og kan købes gennem Teknisk Forlag, V. Farimagsgade 31, København V., for en pris af kr. 5,00 pr. 100 stk.

Plakaten bør ved bygherrens foranstaltning opsættes i enhver ny lejlighed. Den er hidtil udsendt i 57000 eksemplarer.

BYGGEFUGT

Ved opførelsen af et hus tilføres betydelige mængder vand med mørtel, puds og beton, og desuden skal træværk, lerindskud o.s.v. afgive en del vand, før huset kan betragtes som tørt.

Vandmængden i en nyopført 35 cm massiv teglstensmur i kalkmørtel uden puds er ca. 50 liter pr. m². Kalkmørtelen forbinder sig med luftens kultveilte (kulsyre) og afgiver vand under hærningen; ved en 35 cm mur ca. 5 liter pr. m². Hærningen kan imidlertid kun finde sted, når der er kultveilte og nogen fugtighed tilstede, dog må muren heller ikke være for fugtig; vandindholdet i en 35 cm mur skal være under 10—12 liter pr. m², før hærningen begynder. Hvis muren udtørres meget hurtigt uden samtidig tilførsel af kultveilte, bliver kalkmørtelen porøs og smuldrende. Normalt skrider hærningen overordentligt langsomt frem, det tager år, før en 35 cm mur er hærdnet helt igennem. Ved pudsearbejdet tilføres atter en del vand, og puds af kalkmørtel skal afgive ca. 5 liter pr. m², før den er tør. Pudsearbejdet bør finde sted hurtigst muligt efter opmuringen, en pause imellem disse arbejder er spildt udtørningstid, fordi det meste af det vand, der er fordampet, skal tilføres igen, for at pudsearbejdet kan udføres.

Størsteparten af byggefugten må bortskaffes, inden beboerne flytter ind, enten ved naturlig eller kunstig udtørring.

Hvis man ikke ønsker at benytte kunstig udtørring, bør byggeriet tilrettelægges således, at den naturlige udtørring finder sted på den gunstigste tid af året.

På fig. 33 er indtegnet nedbørskurven for et normalår sammen med en kurve, der viser luftens evne til at optage vand. Det ses, at nedbørsmængden er mindst om foråret, og at luftens evne til at optage vand i denne tid ikke er særlig stor. Om sommeren er derimod vandoptagningsevnen størst, men samtidig begynder den egentlige regntid.

Huset bør derfor ud fra dette synspunkt helst påbegyndes så tidligt om vinteren, at det kan være under tag i maj—juni. Sørges endvidere for kraftig gennemluftning af bygningen, f. eks. ved ikke at sætte glas i vinduerne, før det er absolut nødvendigt, opnås en god udtørring.

For at fremskynde udtørringen og hærningen kan der anvendes kunstig udtørring efter flere forskellige metoder.

En almindelig fremgangsmåde er, at *centralvarmeanlægget* gøres så vidt færdigt, at det kan sættes i drift, når bygningen er færdigpudset indvendigt, og vinduer med glas indsat. Sørges man for *jævnlig udluftning* af bygningen, kan på denne måde opnås, at udtørringen fremskyndes betydeligt

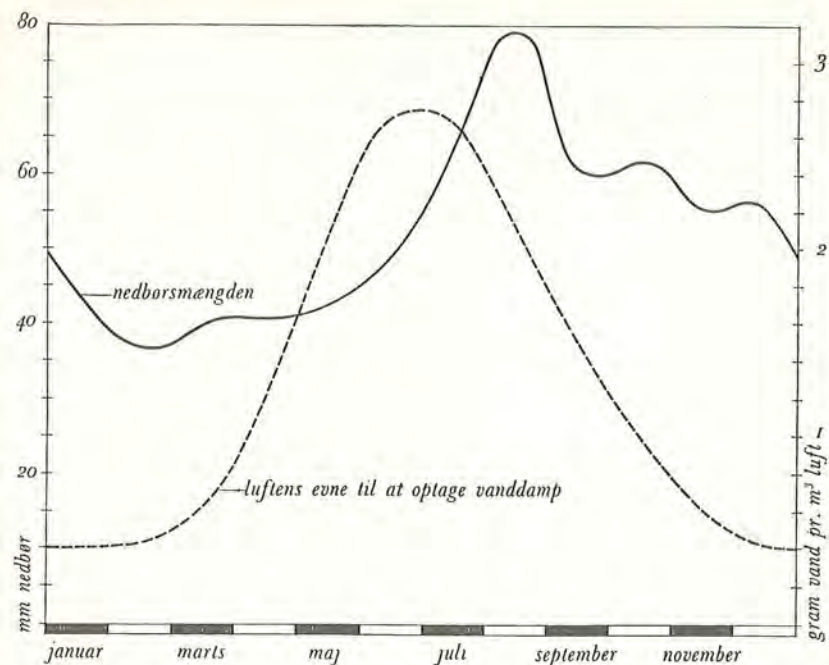


Fig. 33. Nedbørskurven for et normalår og en kurve, der viser luftens evne til at optage vand.

Af figuren fremgår, at nedbørsmængden er mindst i forårmånederne marts, april, maj, og at luftens evne til at optage vand i disse måneder ikke er særlig stor, mens derimod vandoptagningsevnen er størst om sommeren på trods af den større regnmængde.

i forhold til en ikke opvarmet bygning. Udluftningen skal også foretages i regnvejr, også om vinteren, da luften altid er fugtigere indvendig end udvendig.

Kalkmørtelens hærning fremskyndes derimod ikke ved opvarmning med centralvarmeanlægget, da luftens indhold af kultveilte ikke forøges. Det samme gælder ved opstilling af *koksgrøder*, idet man til disse må sørge for rigelig lufttilførsel, så kultveilteindholdet i luften kun stiger ubetydeligt, for at undgå dannelse af den farlige kulilte. En fordel ved anvendelsen af koksgrøder er, at udtørringen kan påbegyndes så tidligt, det ønskes. Desuden er de nemme at have med at gøre og egner sig derfor navnlig til småhuse.

En anden metode til udtørring, hvor man foruden at opvarme luften også forøger indholdet af kultveilte og derved antagelig fremskynder mørtelens og pudsens hærkning, består i, at der udenfor bygningen opstilles *en speciel koksfyret ovn med påbygget blæser*, som gennem blikrørskanaler blæser de kultveilteholdige forbrændingsprodukter ind i bygningen. Inden udtørring på denne måde påbegyndes, må bygningen være forsynet med vinduer og udvendige døre, og utætheder som aftrækskanaler o. lign. må tætnes omhyggeligt. Eventuelle åbninger op til loftsrummet må lukkes, for at ikke den varme, fugtige luft skal søge derop og give fugtmedslag på det kolde tagværk. Ved denne metode opnås også, at der skabes et betydeligt overtryk i bygningen, hvorved den kultveilteholdige luft lettere trænger ind i murværkets porer.

Om sommeren, hvor temperaturen er høj nok til selve udtørringen, vil det antagelig være tilstrækkeligt at *indblæse ren kultveilte* til hærkningen, en forholdsvis billig fremgangsmåde.

Ved kunstig udtørring gælder det om at foretage denne så tidligt som muligt, efter at det indvendige pudsearbejde er færdigt, da man herved opnår den bedste udnyttelse af brændslet, idet fordampningen foregår hurtigere, jo vådere muren er. Vandet skal fra det indre ud til overfladen, og jo vådere overfladen er, desto større er fordampningshastigheden.

Fordelene ved en effektiv og tidlig udtørring enten naturlig eller kunstig er mange og indlysende. Den største fordel ved den kunstige udtørring er, at den kan udføres hele året.

En effektiv kunstig udtørring vil ofte kunne blive til økonomisk fordel for bygherren, fordi byggetiden kan forkortes betydeligt, tømrer og snedker kan gå igang med at lægge gulve og indsætte snedkerarbejdet kort tid efter pudsearbejdets afslutning, efterhjælpsningen af træværket bliver mindre eller udnødvendig og maler- og tapetsererarbejdet bedre, f. eks. kan oliemaling foretages straks uden større risiko for forsæbning. I bygninger med trækonstruktioner, som dobbelte bræddeskillerum og trætagetagsadskillelser, bør dog udvises nogen forsigtighed med at forcere den kunstige udtørring for stærkt, så træet udtørres stærkere end svarende til ligevægtstilstanden senere hen.

For beboerne medfører kunstig udtørring, at de kan flytte ind i en tør lejlighed med de heraf følgende fordele, såvel sundhedsmæssige som økonomiske. Udgifterne til opvarmning bliver mindre, da tørre ydervægge isolerer betydelig bedre end våde, og der er mindre vand i væggene, som skal fordampes, hvad der også bruges varme til. En betydelig del af det brændsel, som bruges til den kunstige udtørring, spares følgelig i den første fyringssæson.

Selv om man påtænker at lade bygningen kunstig udtørre, er det alligevel af stor betydning, at bygningen i byggeperioden tilføres så lidt vand som muligt, og at så meget som muligt af det vand, der nødvendigvis må til, fjernes ved luftens naturligt tørrende virkning.

En stor del af det overflødig vand skyldes regn i byggetiden. Sålænge der ikke er tag over bygningen, kan det ikke undgås, at den regn, der falder på bygningen, i stor udstrækning opsuges i bygningsdelene. Derimod bør man sørge for, at oplagrede materialer, det gælder navnlig lette mursten og andre isoleringsmaterialer, er omhyggeligt tildækkede. Mursten må dog ikke være helt tørre ved opmuringen, da de så suger vandet fra mørtelen.

Ved massive tage er det særlig vigtigt at undgå tilførsel af overflødig vand, da den fugtighed, som findes i taget, når pappen eller asfalten lægges på, er meget vanskelig at komme af med igen, selv om der udtørres kunstigt. Isolation, som udstøbes på stedet, bør derfor undgås, og færdige isoleringsplader må kun oplægges i tørvej og dækkes med presninger hver aften og, i tilfælde af regn, om dagen.

Iøvrigt kan byggefugten og de deraf følgende ulemper reduceres væsentligt ved anvendelse af »tørre« byggemåder:

- store blokke i stedet for mursten,
- plader i stedet for puds,
- færdigstøbte elementer og
- indskud af tørre isoleringsfyldstoffer.

Et særligt problem i forbindelse med byggefugt er maling og dekorering af byggefugtige vægge. Sådant arbejde bør helst vente, til væggen er tør, men som oftest er der ikke tid til at vente.

Risikoen for fejl vil imidlertid blive væsentligt formindsket, hvis malingen kender væggenes fugtindhold og kan vælge sine materialer derefter.

Til at måle fugtindhold i væggen kan anvendes en elektrisk fugtighedsmåler, som sædvanligvis bruges til træ, med to nåle, der stikkes ind i væggen, og som måler den elektriske modstand mellem dem. På instrumentskalaen aflæses fugtindholdet direkte.

Instrumentet viser naturligvis kun fugtindholdet i overfladen, så langt nålen trænger ind, mens det er væggenes gennemsnitlige fugtindhold over hele tykkelsen, man er interesseret i at vide. Hvis der bliver malet med en tæt maling på en tør overflade, kan fugt længere indefra senere trænge ud og ødelægge malingen. Før malingen bør man derfor i mistænkelige tilfælde sørge for at fugten fordeles jævnt over hele væggenes tykkelse. Det kan gøres ved at anbringe et stykke glas eller tagpap på 40×40 cm tæt mod væggen en nat over.

Skalaerne på de forskellige instrumenter er næsten altid markerede ved en farezone med rødt for højt fugtindhold, en zone, hvor udtørring stadig foregår, sædvanligvis gul, og en sikker zone, sædvanligvis grøn.

Når aflæsningen *ikke* er grøn, er der størst chance for at undgå uheld, hvis

- 1) malingen eller temperafarven er porøs og tillader udtørring indefra, og
- 2) udtørringsbetingelserne er gode med opvarmning og åbne vinduer.

Indeholder væggen kalk eller cement, er det en fordel, hvis malingen eller i hvert fald grundfarven er alkalimodstandsdygtig. Dette er særlig vigtigt, hvis der er spor af fugt på væggen under malerarbejdets udførelse. Iøvrigt vil nedenstående liste være vejledende:

Hygrometerzone målt efter en nats tildækning	Maling
Rød, med frit vand på væggen overflade	Risikoen for fejl er stor, og arbejdet bør helst udsættes. Skal arbejdet gøres, tør da væggen af og brug en polyvinylacetat (P.V.A.) maling.
Rød, intet frit vand	1. Cementmaling (dog ikke på gips). 2. Specielle typer polyvinylacetat maling.
Gul	Som ovenfor og andre porøse malinger. De fleste emulsionsfarver. Tempera, afvaskelig eller ikke-afvaskelig. Tapet. Specielle typer af matte vægfarver.
Grøn	Ingen begrænsninger.

Se endvidere Building Research Digest Nos. 50, 72, og 96, udgivet af Her Majesty's Stationery Office, P. O. Box 569, London, S.E. 1.

GRUNDFUGT

Jorden indeholder altid mere eller mindre fugtighed, der kan skyldes grundvand, overfladevand eller utætte ledninger. Der må derfor træffes foranstaltninger, så denne fugtighed ikke trænger ind i fundamenter og kældervægge og suges op i væggene eller gennem kældergulvet op i kælderen. Kun hvor jorden er meget tør og sandet, kan man få en virkelig tør kælder uden at isolere mod grundfugt. I mange tilfælde kan det måske synes at være overdreven forsigtighed at gøre så meget ud af fugtisoleringen, som der er gjort i denne anvisning, men man må være opmærksom på, at de erfaringer, der er gjort i løbet af de senere år med hensyn til at holde kældre tørre, er gjort under synkende grundvandstand. Nedbørsmængden har i længere tid været forholdsvis ringe, og får vi igen en række regnfulde år, kan billedet snart vende.

Kældergulvet bør naturligvis altid såvidt muligt placeres over *grundvandstanden*. Det er derfor vigtigt at få målt grundvandstanden nøjagtigt, før huset projekteres, navnlig hvor der ikke er kloak. Grundvandstanden kan måles på følgende måde:

Med et lille tallerkenbor bores et prøvehul til bestemmelse af jordbundens beskaffenhed, og hullet lades åben nogen tid, så den omtrentlige grundvandstand kan måles.

Det egentlige målerør udføres af et 32 mm galvaniseret rør, der drives ned i jorden, så det stikker ca. 75 cm under grundvandstanden. De nederste 30 cm af røret perforeres med 0,5 cm huller, og enden, der rager op over jorden, forsynes med en slutmuffe, så urenheder ikke kan komme ned i røret.

Røret slås fladt i den ene ende, og hvor jorden er leret, fyldes det perforerede stykke med grus, så der ikke trænger ler ind i røret, når det drives ned.

Grundvandstanden måles med en træliste, der holdes, så den lige rører vandspejlet i røret. Målingerne bør foretages hver fjortende dag gennem et helt år og noteres sammen med oplysninger om nedbøren.

Grundfugten kan holdes væk ved rundt om huset at lægge et *omfangsdræn*. Omfangsdrænet lægges i udgravningen langs fundamentets yderside og udføres af uglaserede drænrør, der stødes stumpt sammen.

Drænet lægges under kældergulvshøjde, men over fundamentets underside, det må aldrig komme under fundamentets underside, så fundamentet kan underskylles og synke. Skal drænet være særlig godt, ved meget dybe kældre eller andre steder, hvor det er dyrt eller umuligt at komme til det igen, kan det udføres som dobbeltledning med et mindre rør inden

i et større med forsatte stød. Drænrørene omgives af singels eller murstensskærver. Fylden over drænet op til 20 cm under terræn bør være porøs, så regnvand og smeltevand ved tøbrud kan ledes hurtigt væk. Når jorden er frossen, er den fuldstændig vandtæt, ved tøbrud tør jorden først langs det varme hus, og smeltevandet løber ned langs kældervæggens yderside.

Omfangsdrænet føres gennem en drænvandlås til en drænbrønd, helst gennem flere tilløb, og derfra til kloaksystemet.

Hvor kældervæggene støbes direkte mod jord, lægges omfangsdrænet undertiden et lille stykke inde under gulvet, dette er ikke særlig hensigtsmæssigt; navnlig hvor jorden er leret, kan vandet udefra ikke trænge under fundamentterne og op i drænet.

Blandt de forskellige årsager til fugtighed i jorden, som man skal tage sig i agt for, er knækkede kloakrør. Knækkede kloakrør er meget mere almindelige, end det sædvanligvis antages, og viser der sig pludselig fugtighed i en kælder, bør det nøje undersøges, om det ikke skyldes en utæt ledning i jorden. *For at undgå ubehagelige overraskelser bør ethvert kloaksystem gennemgås grundigt hvert efterår, ledningerne trækkes igennem, og alle brønde renses for slam.*

En anden årsag til fugtighed er de flisebelagte terrasser ved villaer. Som oftest lægges fliserne praktisk taget uden fald, og når jorden sætter sig, får de fald mod huset, og regnvandet løber ned langs kældervæggen. Flisebelægningen bør lægges med så meget fald bort fra huset, at faldet bliver mindst 1:40, når jorden *har* sat sig, og væggen bag terrassen bør fugtisolere meget omhyggeligt.

Under kældergulvet bør også drænes. Dræningen udføres bedst ved at lægge et 15—20 cm tykt lag singels eller renharpede slagger under gulvet, dette lag må afdækkes med tagpap, så der ikke løber beton ned i det, når kældergulvet støbes. Stenlaget afvandes til omfangsdrænet gennem rør, snøftesnabler, der indstøbes i fundamentsklodsen under ydervæggen for hver 2—3 meter. Snøftesnabler må naturligvis kun anvendes i forbindelse med omfangsdræn, ellers ledes vandet *ind* under huset.

Tidligere var det meget almindeligt med netdræn, d.v.s. drænledninger, der nedgraves under kældergulvet i net med 5—6 meters maskevidde. Imidlertid har denne form for dræn i mange tilfælde vist sig at være mindre heldig og effektiv. Netdræn bør kun anvendes, hvor man i lerjord kan vente, at der vil danne sig kilder i byggegruben (artesiske virkning).

Hvor kælderen ligger i vandførende lag, slår et almindeligt dræn ikke til, der må anvendes »vandtæt« beton, indskudsdræn eller en fugtstandsende membran.

Vandtæt beton er vanskelig at fremstille, og der må udvises megen omhu ved arbejdets udførelse, for at resultatet skal blive godt. Helt vandtæt kan

beton aldrig blive, men den kan blive så tæt, at i et rum, hvor der er nogen ventilation, kan vandet, der suges igennem, nå at fordampe, så væggen holder sig tør.

For udførelsen af vandtæt beton kan der opstilles følgende regler:

1. Betonen skal være så kompakt som muligt. Forholdet mellem vægten af cement og vand, c/v forholdet, skal derfor mindst være 1,5. Heraf følger, at der skal være mindst 300 kg cement pr. m³ beton og ikke mere vand, end at betonen lige er støbelig.
2. Gruset, der anvendes til betonen, skal indeholde materialer af alle størrelser, kornkurven skal være jævn. Det er vigtigt, at sandet indeholder materialer finere end 0,5 mm.
3. Blandingen skal være meget omhyggelig, og afblanding af betonen under udtømning, transport og fyldning i forme må forhindres, og under udstøbningen skal betonen gennearbejdes godt alle steder i formen. Vibreret beton må foretrækkes for håndstampet.
4. Den udstøbte beton skal vandes omhyggeligt under hærdningen. Beton, der ikke holdes våd, kan give 3—4 gange så stor gennemsvimning som vådlagret beton.
5. Støbeskellene er de svageste punkter. Ved tynde vægge bør de derfor så vidt muligt undgås.

Ved tykke vægge kan støbeskel vanskeligt undgås, fordi det drejer sig om store mængder beton. Skellene skal være *fuldstændig* rene, når der støbes, og de må holdes våde hele tiden mellem støbningerne. Rensningen foretages bedst med sandblæst. Inden den ny beton støbes, bør der, når den gamle beton netop er så tør, at den ikke glinser, udlægges et par centimeter mørtel til at opfange de sten, der falder underst.

Ved sammenskæring mellem gulv og væg, hvor det ofte er nødvendigt at have et støbeskel, kan tæthed opnås ved, at der udspares en not indvendig i gulv og væg. Når betonen er hærdnet, udstøbes noten med mørtel af cement og strandskelsand tilsat Tricosal. Udsparingslisterne må først fjernes lige før udstøbningen.

6. Det er lettere at opnå vandtæt beton med hurtighærdende cement end med almindelig portlandcement.

Det må erindres, at betonen skal armeres og være understøttet, så den kan modstå vandtrykket udefra.

Et *indskudsdræn* består af et lag singels eller lignende under gulvet og udenpå kældervæggene. For at begrænse vandtilstrømningen lægges en

betonkappe udenom det drænende lag. Vandet, der siver ind til drænelaget, må som regel pumpes op.

Indskudsdræn udføres ved nederst at støbe et lag beton med fald mod samlerender, der fører vandet til en pumpebrønd. Over betonen lægges et lag singels, der afdækkes med tagpap, og ovenpå tagpappen støbes det egentlige kældergulv, der skal armeres mod vandtryk. Eventuelle spildevandsledninger fra gulv afløb og lignende bør lægges i singelslaget. Gulv afløb kan også, ligesom ved vandtætte gulve, udføres som åbne render i kældergulvet. Indskudsdrænet skal føres op langs kældervæggene, et godt stykke over højeste grundvandstand. For at formindske forskallingsarbejdet kan det lodrette singelslag erstattes af betonhulsten, der stables ovenpå hinanden med kanalerne lodrette. Ved den nederste række sten vendes kanalerne vandret, og vandet ledes gennem snøftesnabler til singelslaget under kældergulvet eller direkte til pumpebrønden. Fra pumpebrønden pumpes drænvandet med en automatisk pumpe op til drænbrønden, hvorfra det løber ud i kloaken.

Drænpumpen bør placeres så højt, at den ikke kan blive oversvømmet ved et uheld, og pumpemotoren bør være forsynet med motorskab, fordi termosikringer ikke kan tage de hyppige igangsætninger, man kan få ved tøbrud.

Fugtigheden kan også hindres i at trænge ind ved en *membranisolering*. Under gulvet lægges på et grovbetonlag en sammensvejet svær asfaltmåtte eller et polyætylenfolie og væggene stryges udvendig med asfalt.

For at en sådan asfaltstrygning skal blive tæt, må væggenes yderflade være nogenlunde glat og fri for revner, huller eller grove porer, som asfalthisken ikke kan tætnes. Efter at forskallingen er fjernet, må derfor alle grater fra fugerne mellem forskallingsbrædderne skræbes eller hugges væk, alle revner og huller i betonen fyldes med cementmørtel, og for at fylde de grovere porer berappes eller sækkeskures væggen med cementvælling eller tyndt-flydende cementmørtel af 1 del cement og 1 del fint sand. Før asfalten stryges på, må berapningen være ordentlig afbundet, og bruges varm asfalt eller asfaltopløsning, må berapningen være helt tør før påstrygningen. Asfalteremulsionen kan stryges på en fugtig væg, men da asfalteremulsion indeholder vand, kan det ikke bruges i frostvej og må opbevares frostfrit. To gange strygning giver betydelig bedre isolering end en gang. Når asfalterlaget er påstrøget, udcastes med bastardmørtel til beskyttelse.

Asfalten, der anvendes, må ikke være opløselig efter afbindingen. Asfaltopløsninger må omgås med forsigtighed, de fleste af opløsningsmidlerne er giftige og nogle af dem eksplosionsfarlige.

Den bedste isolation fås ved at stryge et lag koldasfalt og derefter et lag

varmasfalt. Varmasfalt direkte på væggen størkner, før den når at trænge ind i porerne, og binder derfor ikke så godt til underlaget.

Ved støbte kældervægge, der asfalteres udvendigt, bør fundamentet og kældervæggen ikke støbes ud i et, men et lag tjærepap indskydes over det afrettede fundament, inden kældervæggen støbes, hvorved det undgås, at fugtighed fra grunden suges op i kældervæggen gennem fundamentet.

Hvis det ikke kan lade sig gøre at få kældervæggen fri udvendig til påføring af fugtmembranen, kan væggen også tættes indefra. Hvis der hertil bruges asfalt, må den tynde asfalthinde, der ikke alene kan stå for vandtrykket, støttes med et lag, der kan tage trykket, f. eks. med en svær armeret afretning.

I handelen findes nogle stoffer i pulverform (f. eks. Vandex og Aquella), der kan anvendes til tætning af kældre indefra. De udrøres i vand, og når de stryges på beton eller teglstensmurværk, trænger de ind i overfladen og udskiller krystaller, der stopper porerne. Virkningen er formentlig varig og er ved beton næsten fuldstændig tættende, men væsentlig ringere ved teglsten.

Det må imidlertid, hvor det er muligt, foretrækkes at tætte væggenes yderside fremfor indersiden, så muren bliver tør helt igennem og mindre varmeledende. Men dette bør gøres, når huset bygges, senere bliver det for dyrt.

De nævnte metoder er ikke altid tilstrækkelige til at holde kælderen helt tør, men den smule fugtighed, der trods alle forholdsregler alligevel trænger igennem, må fjernes ved, at kælderen holdes godt ventileret.

Dræning er ikke nok til at hindre, at fugtighed suges op i væggene over jorden. Der må ovenpå fundamentet eller kældervæggen lægges *et fugtstandsende lag* af et eller flere lag tjærepap, så fugtigheden altid skal passere et sådant lag for at nå op i væggene. For at ujævnheder eller skarpe kanter ikke skal trykke hul i paplaget, når belastningen fra væggen kommer på, er det vigtigt, at fundamentets overside afrettes omhyggeligt med cementmørtel, inden pappen udlægges. Ved indvendige skillerum skal paplaget lægges 10 cm over færdig overside af kældergulvet.

Den ovenfor omtalte fugtighed i kældre, som skyldes udefra indtrængende vand, må ikke forveksles med den hyppigt forekommende fugtighed, som skyldes, at *varm, fugtig luft trænger ned i kælderen* og træffer de kolde kældervægge og -gulve og afkøles under dugpunktet, hvorved fugtigheden kondenserer på de kolde flader. Dette forhold vil ofte være særlig udpræget om sommeren. Hvis man vil forhindre denne form for fugtighed, må kældervægge og -gulve varmesoleres indvendigt.

Før en kælder isoleres, må det undersøges, hvorfra fugtigheden stammer eller kan opstå. Efterprøvningen er meget simpel; der er to muligheder:

1. Gulvet og væggene er tørre hele året.

Der kan da kun tænkes at trænge grundfugt ind så langsomt, at det når at fordampe. Såfremt der varmeisoleres ovenpå gulvet, vil fugtigheden ikke kunne fordampe, og der må fugtisoleres under varmeisoleringen. En gummi- eller asfaltmåtte, ca. 1 × 1 m, lægges på gulvet, og hvis gulvet under måtten efter et par døgn forløb stadig er tørt, er det et bevis på, at der ikke vil trænge grundfugt ind, og kun varmeisolering er nødvendig. Denne prøve kan foretages hele året.

2. Gulvet eller væggene er fugtige altid eller i perioder.

Fugtigheden kan da skyldes såvel grundfugt som kondensation eller begge dele. (Kondensation vil fortrinsvis ske om sommeren).

Om fugtigheden skyldes kondensation kan efterprøves ved at fastklæbe en tynd metalplade i et meget tyndt lag mørtel eller et stykke metalfolie i tynd klister. Metallet må ikke stå blankt, så vil det blive koldere end gulvet, f. eks. kan anvendes aluminiumfolie klæbet på papir med papiret vendt mod rummet.

Hvis pladen, der får næsten samme temperatur som gulvet, holder sig tør, mens gulvet er vådt udenom, skyldes fugtigheden på gulvet grundfugt, og der må membranisoleres mod grundfugt. Hvis metalpladen bliver fugtig på oversiden, skyldes det kondensation, men det er ikke muligt herved at konstatere, om der også trænger grundfugt ind. I dette sidste tilfælde må der derfor både membranisoleres mod grundfugt og varmeisoleres mod kondensation, se fig. 4.

REGN

De klimatiske forhold i de forskellige egne af landet er ret afvigende, særlig hvad angår vind og nedbør. Det er derfor rimeligt, at man må stille forskellige krav til byggemåde, alt eftersom det drejer sig om et hus på Øerne eller i Vestjylland.

Medens det i alt væsentligt er den udvendige temperatur i vinterhalvåret, der bestemmer, hvor godt ydervægge skal isoleres (væggens transmissionstal eller k-værdi), er det, bortset fra frosten, nedbøren i forbindelse med vinden, slagregnen, der bestemmer, hvilke materialer der skal anvendes til ydervægge. (Slagregn er den regn, der i mere eller mindre skrå retning sammer en lodret væg).

Egne med udpræget vestkystklima er netop karakteriseret ved store slagregnmængder, megen nedbør sammen med stærk blæst, hovedsagelig fra sydvest og vest.

Fugtighedstilstanden i en ydervæg kan være afgørende for væggens varighed og brugbarhed, og valget af materialer med de egenskaber, som passer bedst for et bestemt klima, er derfor en vigtig sag. Forskningen på dette område er endnu kun i sin begyndelse, men giver dog en vis vejledning og burde kunne forebygge en del af de fejl, som begås. Af særlig betydning er materialernes egenskaber med hensyn til vandopsugning og fordampning.

Vandopsugning

Porøse materials vandopsugning beror på det kendte fænomen, som i fysiken kaldes hårrørvirkning eller kapillarsugning, der bevirker, at vand kan suges op i fine porer.

Stikkes et tyndt glasrør ned i vand, vil vandet trækkes op i glasrøret. Overfladen inde i røret bliver hul, fordi den trækker sig op langs rørets vægge. Jo mindre diameter røret har, desto højere stiger vandet. Når det er steget så højt, at vægten af vand søjlen holdes i ligevægt af den opadstigende kapillarkraft, standser opsugningen. Er rørets vægge belagt med et tyndt lag fedt eller andet stof, som skyr vand, vil overfladehinden trækkes ned langs rørvæggen, overfladen i røret krummer opad og synker ned under vandoverfladen udenfor røret. På denne virkning beror imprægneringen af porøse materialer med linolie, parafin o. lign., som gør porevæggene vandskyende, således at kapillarkræfterne ikke kan trække vandet ind i porerne.

Materialernes vandopsugning har betydning for deres frostbestandighed, som undersøges i materialprøvningsanstalterne ved at måle vandopsugningsevnen. Hvis porerne fyldes helt, har vandet ikke plads til at udvide sig, når det fryser, og materialet kan muligvis sprænges.

Af betydning for bedømmelsen af et materiales forhold overfor slagregn er kendskabet til dets opsugningshastighed, der bestemmes ved at stille et prøvelegeme af det pågældende materiale i en skål med vand, således at en side af prøvelegemet netop er under vandoverfladen. Ved regelmæssig vejning kan opsugningshastigheden da bestemmes. Opsugningshastigheden, som til at begynde med er stor, aftager, efterhånden som vandet suges længere op i materialet; kapilarkræfterne får større og større modstand at overvinde. Vandet vil til at begynde med stige hurtigt op i de groveste porer. Men hvis vandtilførslen standses, vil de fine porer fylde sig på de groveres bekostning, fordi de suger kraftigere. Vandet kan kun stige til en bestemt højde, afhængig af porernes finhed, hvor tyngde- og kapillarkræfter holder hinanden i ligevægt.

For en porøs væg, der udsættes for slagregn, kan man skelne mellem 3 forskellige stadier.

1. *stadium* er den tilstand, hvor opsugningshastigheden er større end slagregnhastigheden. I dette stadium vil de enkelte regndråber suges op ligeså hurtigt som de træffer væggen. Sprækker og andre utætheder spiller i dette stadium lille rolle, fordi vandet straks fordeler sig i porerne. Dette stadium er karakteristisk for egne med lille slagregnmængde. Vindtrykket vil heller ikke have nogen indflydelse på vandsugningen, som kun afhænger af slagregnmængden.

2. *stadium*. Vedvarer slagregnen længe nok, vil opsugningshastigheden synke, således at væggen ikke når at suge al slagregnen op.

Der vil da danne sig en vandhinde udenpå væggen, som flyder nedover og søger ind gennem sprækker og utætheder i overfladen. Materialet omkring revnerne er allerede vandfyldt og suger ikke vandet hurtigt nok op. Vindtrykket kan være så stort, at det svarer til adskillige cm vandsøjle, og kapillarvirkning og vindtryk i forening driver nu vandet ind i revnerne, og da der stadig kommer nyt vand til, kan store mængder trænge ind i væggen og nå dybt ind.

3. *stadium*. Dette stadium kan kaldes for flydestadiet. Det indtræder, når væggen eller dele af den er blevet helt mættet med vand. Vandet vil da begynde at løbe ud af de groveste porer og samle sig i hulrum, f. eks. fuger, der ikke er helt fyldte med mørtel, hvor det igen kan komme i forbindelse med finere porer og ved kapillarsugningen suges endnu længere ind i væggen.

Nogle steder kan sådant vand samle sig i større mængder og give anledning til det, man kalder gennemslag af fugtighed.

Grunden til at porøse vægge kan tåle at udsættes for slagregn uden at blive gennemvåde er, at regnen kun optræder i kortere perioder, således at væggen får lejlighed til at tørre noget mellem hver gang. Er der kun kort tid mellem hver byge, kan dette dog medføre større opsugning end ved heldagsregn.

Vandopsugningens hastighed er af væsentlig betydning. I den henseende er der stor forskel på materialerne, idet finporede og tætte materialer har meget mindre opsugningshastighed end grovporede. Opsugningshastigheden kan også reduceres ved forskellig slags behandling og beklædning. For at sådanne forholdsregler skal svare til hensigten, må væggen ikke samtidig hindres i at tørre, d. v. s. i at give fugtigheden fra sig igen ved fordampning til yderluften.

Fordampning

Når et porøst materiale tørrer, sker det ved, at vandet fordamper fra de fri vandoverflader i poremundingerne, dels i stoffets overflade direkte til den omgivende luft og dels inde i stoffet til grovere porer, som har åbning ud til luften, således at vanddampene kan diffundere ud. Efterhånden synker vandindholdet, vandet findes kun i de fineste porer, og fordampningshastigheden bliver mindre, fordi vanddampene får længere vej ud til luften, og fordi vandoverfladen bliver mindre.

Porositeten og porestrukturen har derfor indflydelse på fordampningshastigheden, som i almindelighed er størst for grovporede stoffer. Teglsten er grovporede og vil tørre hurtigt, mens beton, der er finporet, vil tørre langsomt. Enkelte stoffer som visse letbetoner har en porestruktur (lukkede celler), som gør, at een gang opsuget vand fordamper langsomt. Porestrukturen kan således være grunden til, at et materiale med stort porevolumen alligevel har lille fordampningshastighed.

Fordampningen fra et materiale vil variere med temperaturen, luftens relative fugtighed og hastighed. Ved stærk vind sker fordampningen hurtigere end i stille vejr, og ligeså er den større, når temperaturen er høj og den relative fugtighed lav.

Fordampning kræver tilførsel af varme, og fordampningen fra en vægsoverflade er derfor også afhængig af varmetilførslen indefra gennem væggen. Bliver varmen til fordampningen ikke erstattet indefra, vil væggen afkøles, og dens overfladetemperatur vil synke under lufttemperaturen,

således at fordampningsvarmen tilføres fra yderluften alene. Dette kan forøge risikoen for frostskeer. Går der en varmemstrøm gennem væggen, vil den hjælpe til at holde fordampningen igang.

Fordampningen og dermed varmegennemgangen fremskyndes også ved den forskydning af vandindholdet mod den kolde side, som dampdiffusionen indefra forårsager.

Fugtighedsindholdet i vægge af porøst materiale vil altså være stort, hvis væggen ikke kan tilføres varme indefra, og vægge i uopvarmede eller sjældent opvarmede huse og rum samt fritstående murværk er derfor særlig udsat for fugtigheds gennemslag og frostskeer. Af samme grund bør man sørge for varme i nybygninger, så snart der er fare for frostvejr.

Opsugnings- og fordampningshastighed

Forholdet mellem et materiales opsugnings- og fordampningshastighed er af stor betydning for dets anvendelighed i ydermure.

Almindelig jernbeton vil til at begynde med opsuge vandet ligeså hurtigt, det kan tilføres med slagregnen. Opsugningshastigheden vil imidlertid synke hurtigt og nærme sig nul i løbet af et par døgn ved uafbrudt slagregn. Ophører slagregnen, vil fordampningen til at begynde med foregå hurtigt, således at den vandmængde, der er opsuget i løbet af det sidste døgn, vil fordampe i løbet af nogle få timer. Derefter synker fordampningshastigheden hurtigt, og det tager mange døgn, før den opsugede slagregn igen er fordampet. Men kun en lille del af porerne er vandfyldte, og der er derfor kun ringe fare for frostsprængninger og for flydning i porerne, som kan medføre regngennemslag.

Hårdtbrændte teglsten af god kvalitet vil til at begynde med have meget stor opsugningshastighed. Men i modsætning til betonen fortsætter teglstenens vandopsugning med ret stor hastighed, således at den opsugede vandmængde efter et døgn forløb er adskillige gange større end betonens og en større del af porerne vandfyldte. Det er dog sandsynligt, at materialet vil være frostbestandigt, men vandindholdet i en sådan væg vil kunne variere indenfor vide grænser, og muligheden for flydning og gennemslag vil afhænge af mængden af tilført slagregn og af fordampningen. (I en mur vil naturligvis også fugematerialet spille en rolle.) Til gengæld vil fordampningen fra teglstenen foregå hurtigere end fra betonen.

Lette, brændte teglsten har en opsugningshastighed, der er flere gange større end den hårdtbrændte stens, og vandopsugningen vil fortsætte til en meget stor del af porerne er fyldte. Dårligt brændte og lette teglsten vil derfor frembyde stor risiko for frostsprængning og regngennemslag og bør

ikke anvendes som facadesten i egne med slagregn af nogen betydning. Sådanne vægge kan kaldes for »indlandsvægge« i modsætning til »kystvægge«, som må have så lille opsugningshastighed, at den opsugede vandmængde igen kan fordampe, uden at væggen kommer op på for højt fugtighedsindhold.

Erfaringen viser, at teglsten lettere end 1400 kg/m^3 for teglmassen ikke bør anvendes udvendig. Teglsten fra og med 1400 kg/m^3 for teglmassen kan anvendes udvendig, når de pudses. Visse teglsten på 1600 kg/m^3 for teglmassen og tungere teglsten kan tåle at stå blanke.

Metoder til formindskelse af vandopsugningen

Hvor slagregnmængden er så stor, at den ikke kan nå at fordampe, må vandopsugningen holdes indenfor bestemte grænser. Dette kan opnås ved at afbryde forbindelsen mellem væggenes indre og ydre del helt eller delvis, eller ved en tættende behandling af den ydre vægoverflade.

Kanalmur (hul mur med faste binderkolonner)

Lodrette kanaler vil nedsætte vandopsugningen, fordi det poremagasin, som kan fyldes med vand, bliver formindsket af kanalerne, mens fordampningen foregår fra hele vægoverfladen og bliver større i forhold til væggenes porevolumen end ved en kompakt mur.

Alligevel får man i mangfoldige tilfælde regngennemslag ved kanalmure, særlig hvor de anvendes i syd- og vestvendte gavle. Det skyldes formentlig i de fleste tilfælde, at fugerne ikke er ordentligt fyldte, og det hjælper derfor ikke, at den yderste ende af stenene i binderkolonnerne er dyppet i asfalt. Regnvandet vil gennem de åbne fuger løbe ind til binderkolonnerne og suges over til bagmuren, navnlig hvor bagmuren og binderne udføres af varmeisolerende, lette og dermed porøse sten.

Hvor det er muligt, bør i stedet for kanalmur anvendes fuld mur eller hul mur med ståltrådsbindere.

Hul mur

Hvis forbindelsen mellem væggenes indre og ydre del afbrydes fuldstændigt, kan der ikke suges regnfugtighed over til indersiden. En fuldstændig adskillelse mellem vægdelene kan af økonomiske og statiske grunde ikke ud-

føres ved vægge af stor højde, men da de kræfter, der skal til for at hindre en tynd mur i at folde, er meget små, er det tilstrækkeligt at afstive de to parter mod hinanden, f. eks. med ståltrådsbindere.

Forsøg med $1/2$ stens mur af gode hårdtbrændte teglsten opmurede på almindelig håndværksmæssig måde, fuget udvendig så stenmaterialet udsættes direkte for slagregn, har vist, at sådanne vægge regelmæssigt kommer i flydestadiet ved kraftig slagregn, og vand løber ind gennem muren og ned over indersiden. Formuren ved en hul mur bør derfor ikke være tykkere end nødvendigt af statiske grunde, for at den kan udtørre hurtigt igen efter de uundgåelige gennemvædninger. Formuren bør udføres, så den virker som en skærm mod vejrliget for den varmeisolerende bagmur, hvilket ikke forhindrer, at belastningen fra tag og etageadskillelser fordeles ligeligt mellem for- og bagmur.

I England udføres småhuse i een og to etager med hule mure ligesom her, men i England anvendes ikke fulde udmuringer, de to vægdele er kun forbundne med ståltrådsbindere, og endnu har der ikke vist sig nogen skader.

Laboratorieundersøgelser på murede vægge udsat for kunstig slagregn viser, at vandgennemtrængning på grund af kapillarsugning alene er en meget langsom proces. For eks. er det kun de allermest porøse sten, der bliver gennemvåde fra den ene side til den anden i løbet af en time, for de fleste teglsten tager det adskillige timer, for enkelte flere dage. På lignende måde bliver fugtigheden kun transporteret langsomt gennem mørtelfugerne ved kapillarsugning. Den tid, det tager for vandet at trænge gennem en helt fyldt fuger i en 1-stens mur, overstiger sædvanligvis et døgn.

1-stens fuld mur med helt fyldte fuger af teglsten med meget lille opsugningsevne blev ikke fugtig på indersiden selv efter 2 ugers uafbrudt slagregn. Andre mure af lignende materiale, men *med dårligt fyldte fuger slog igennem i løbet af 2—5 minutter*. Forsøg med forskellige kvaliteter teglsten har vist, at de skal være meget dårlige for at have nogen indflydelse på tætheden mod regngennemslag ved den almindelige udførelse af murerarbejdet. Kun med helt fyldte fuger begynder stenkvaliteten at spille en rolle. Undersøgelserne viser klart, hvor vigtigt det er, at alle fuger bliver fyldte med mørtel, også stødfugerne, som ofte kun bliver halvfylde. Det er derfor utvivlsomt, at *regngennemslag på murede vægge i langt de fleste tilfælde skyldes dårligt arbejde og ikke dårlige materialer*.

De uundgåelige forbindelser mellem for- og bagmuren må udføres således, at de ikke leder regnvand ind til bagmuren. Ståltrådsbindere bør lægges med fald udad, idet fugerne i formuren holdes 1 cm lavere end fugerne i bagmuren. Endnu bedre er det at anvende bindere med drypnæse i hulrummet.

Bunden af hulrummet bør alle vegne over etageadskillelser og åbninger afdækkes, så det regnvand, der eventuelt løber nedad formurens bagside, ikke kan samle sig her og suges op i bagmuren. Afdækningen bør føres mindst 3—4 skifter op langs bagmuren, for at den spildmørtel, der ligger i bunden af hulrummet, ikke skal danne fugtbro til bagmuren. Slagregnen træffer en facade meget forskelligt, særlig stærkt udsat er hjørnerne. Isoleringmæssigt set er de herhjemme anvendte fulde udmuringer af hjørner derfor næppe heldige. Et stort tagudhæng beskytter godt mod slagregn, men et lille udhæng kan undertiden være ugunstigere end slet intet på grund af de hvirvler, der opstår om det lille udhæng. Ved sålbænke bør der ligeledes være rigeligt udhæng, mindst 3—4 cm med drypnæse.

Er en hul mur blevet fugtig, kan den udtørres ved, at hulrummet ventileres med yderluft, idet der hugges huller foroven og forneden *udvendigt*. En moderat ventilation af hulrummet har ingen betydning for varmetabet fra stuen. I England anvendes meget ofte ventileret hulrum, og i handelen fås specielle, perforerede sten til indmuring i ventilationshullerne. Ved forsøg er det vist, at for en 11" mur af almindelige, tunge mursten med 2" hulrum er transmissionstallet for den ventilerede mur $1,64 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C}$, og for den tætte 1,51; forskellen er altså uden betydning.

I egne med megen slagregn må det anbefales at ventilere murens hulrum gennem huller foroven og forneden, f. eks. ved at udelade mørtelen i nogle af stødfugerne. Ventilationsåbningernes størrelse skal være 75 cm^2 pr. 10 m^2 ydervæg inklusive vinduesåbninger.

Puds

Erfaringer og forsøg viser, at puds er et godt tætningsmiddel. Medens den upudsede stens opsugningshastighed først aftager væsentligt, når stenen er ved at være mættet med vand, vil den pudsede stens opsugningsevne være reduceret og ikke mættes, således at meget af slagregnen vil løbe ned langs pudsens yderside.

Forsøg har vist, at $1/2$ -stens mur af hårdtbrændte sten, pudset udvendig med bastardmørtel, ikke vil blive våd på indersiden selv ved kraftig slagregn. I en hul mur med en sådan formur skulle udflydning af vand i hulrummet næppe kunne forekomme.

Når pudsen, der i sig selv har en stor opsugningshastighed, alligevel har så stor virkning på væggen vandopsugning, skyldes det sandsynligvis, at det første mørteludkast eller skuringen tætnet porerne i selve stenoverfladen. Derved får kapillarkræfterne stor modstand at overvinde i dette grænselag, og indsugningen i stenmaterialet foregår langsomt. Mindre

slagregns­mængder optages i pudslaget og behøver ikke at trænge ind i ste­nene, og denne vand­mængde, som har kort vej ud igen, fordamper for­holdsvis hurtigt.

Men pudsens tæthed er meget afhængig af udførelsen. Særlig ved fulde mure af letbetonblokke må pudsens kvalitet være ekstra god for at hindre regngennemslag.

God puds skal tætte mod regn og alligevel tillade diffusion indefra; den kan udføres på forskellige måder.

Spørgsmålet om rigtig udførelse af puds på letbeton er imidlertid så kompliceret, at man i vanskeligere tilfælde bør konsultere Statens Byggeforskningsinstituts anvisning nr. 37 »Udvendig puds på letbeton«.

I almindelighed bør man være særlig opmærksom på følgende 8 punkter:

1. Pudsens påføres i 2 lag, *udkastet* og *pudslaget*. *Udkastet* må højst være et par mm tyk — større lagtykkelse må kun forekomme lokalt ved større sandkorn — og *pudslaget* må højst være 15 mm tykt. Det er af vigtighed for pudsens vedhængning, at begge lag kastes på, og dette skal derfor gennemføres.
2. Væggen skal forud for pudsningen renses for løse korn og støv ved kraftig og omhyggelig affejning med en stiv kost og spuling med vand fra spand eller bedre fra slange eller spreder.
Når udkastet påføres, skal vægfladen være våd, men dog svagt sugende.
3. Til udkastet skal mørtelen bestå af Portland-cement og skarpt, lerfrit sand med en større kornstørrelse på 2—3 mm (ofte betegnet dobbelt-harpet grus). Blandingsforholdet mellem cement og sand skal ligge mellem 1 : 3 og 1 : 4 efter rumfang.
4. Drejer det sig om udvendig puds på almindelige boliger, skal udkastet danne et sammenhængende lag. Drejer det sig om bygninger, hvori der udvikles megen vanddamp, f. eks. staldbygninger, må det udkastede lag ikke være sammenhængende af hensyn til fugtighedsvan­dring ud gennem væggen. På staldvægge f. eks. skal udkastningen derfor foretages sådan, at der jævnt fordelt over vægfladen er udæk­kede pletter — fregner — på størrelse med 1-rør.
5. Til pudslaget skal mørtelen sammensættes af muremørtel og cement­mørtel.
Mørtelsandet skal helst være skarpt, lerfrit sand som det til udka­stet anvendte; de groveste korns diameter bør være ca. $\frac{1}{5}$ af puds­lagets tykkelse, altså højst 3 mm.

6. Pudslaget skal kastes på og udkastet (underlaget) skal være så vidt hærdnet, når påkastningen sker, at dets vedhængning til væggen ikke brydes derved. Pudslaget må ikke bearbejdes så meget med puds­brædtet, at der trænger cementslam ud på overfladen. Jo grovere pudslaget afrides jo bedre.
7. Aktiveret mørtel er i almindelighed at foretrække for uaktiveret, og håndblandet mørtel må ikke anvendes. Er en uaktiveret mørtel ikke smidig nok, bør det være en regel, at man øger smidigheden ved at aktivere mørtlen i stedet for at øge bindemiddelmængden eller vælge et finere sand.
8. Pudslagets mørtel kræver vand til hærdningsprocesserne. I tørre vejr­perioder bør der træffes foranstaltninger til hindring af stærk udtør­ring; under særlig ugunstige forhold kan det blive nødvendigt at efter­vande, men skinner solen så stærkt, at man fristes til at stænke vand på pudslaget under arbejdet, bør pudsningen indstilles.

Kalkpuds afgiver sin fugtighed hurtigere end cementpuds, men til gengæld optager kalkpudsens større vandmængder, hvilket kan medføre, at den ikke er frostsikker. På udsatte steder bør man derfor anvende cementpuds.

Forudsætningen for at puds skal blive tæt er, at underlaget er solidt. Pudsens svinder under afbindingen og hærdningen, og dette fremkalder spændinger i pudsens. Hvis underlaget er solidt nok og pudsens af god hånd­værksmæssig udførelse, vil de svindrevner, som nødvendigvis må danne sig i pudsoverfladen, blive mikroskopiske og jævnt fordelt, men hvis under­laget ikke har den fornødne styrke og deformeres meget, kan der opstå større revner i pudsens, som danner et net over hele fladen, især når pudsens er for fed, så svindet bliver stort. Gennem sådanne revner kan vandet op­uges og presses ind af blæsten, når slagregnen har gennemvædet pudslaget.

Tætte facade- og beklædningsmaterialer

Det kunne formodes, at helt tætte materialer måtte være bedst i egne med særlig megen slagregn. Det har imidlertid vist sig, at netop de tætteste ma­terialer ofte kan skabe de største vanskeligheder. Et typisk eksempel er facader beklædt med natursten, glaserede fliser, tætte klinker o. lign. med bagmur af teglsten eller andet porøst materiale. Vandopsugningen gennem en sådan facade er sikkert betydeligt mindre end gennem en pudset tegl­stensfacade, men da naturstensmaterialet praktisk taget ikke opsuger noget af slagregnen, vil fugerne få desto mere. Fugerne vil have meget større mul­ighed for at blive vandmættet end en pudsflade udsat for samme slag-

regnsmængde. Erfaringerne viser, at mørtelfuger i naturstensmurværk før eller siden revner og bliver utætte, og vinden kan da hjælpe med til at presse vandet ind i muren. Når fugemørtelen er vandmættet, og hverken den eller naturstenen opsuger vand, vil det, der presses ind gennem revnerne, suges op og fordele sig i den porøse bagmur.

Fordampningen udad igen fra en sådan væg bliver overordentlig langsom. Det vand, som hurtigt lod sig presse ind gennem revnerne, må passere ud igen gennem fugernes porer og fordampe fra disses overflade, som kun udgør en brøkdel af vægfladen. Når væggen er kommet i en kronisk fugtighedstilstand, bliver varmeisolationen dårlig, og kondensfugtighed kan forværre forholdene.

Faren ved tætte facadematerialer ligger blandt andet i, at det er vanskeligt at undgå revner. Hvis en oilskindsfrakke revner, løber vandet ind, og det våde tøj indenunder tørrer ikke igen, så længe man har frakken på. En anden fare ved tætte facadematerialer er, at der let dannes kondensfugt på bagsiden af facadebeklædningen. Hvis en regnfrakke er helt tæt, bliver den våd på indersiden. Derfor laver man ventilationshuller under armene og andre steder, hvor regnvandet ikke kan komme til, men vanddampene slippe ud.

De skader, der ofte opstår på facader af tegl eller beton med tæt yderbeklædning, skyldes sikkert for størstedelen frostsprængninger på grund af, at der er trængt regnvand ind, eller at der har samlet sig kondensfugt eller byggefugt bag ved beklædningen. Under uheldige omstændigheder kan særlig byggefugt være farlig, f. eks. hvis et nyopført hus beklædes, inden det er ordentlig udtørret, og opvarmningen påbegyndes samtidig med, at der indtræffer en hård frostperiode. Byggefugten vil uvægerligt søge ud bag den tætte yderbeklædning og bevirke frostsprængninger.

Den bedste facadebeklædning er en regnafvisende skærm af tætte plader anbragt som skel med utætte overlapninger, der tillader vanddamp at slippe igennem bagfra. Selv en væg af letbeton med meget lille rumvægt vil være anvendelig som ydervæg, hvis den dækkes med en sådan yderbeklædning f. eks. af eternitskifer på lægter.

Der er gennemført forsøg i Norge, hvorefter det er muligt at angive, hvorledes en sådan skærm skal konstrueres, således at der selv på de mest udsatte steder ikke trænger vand ind i væggen. Forsøgene er udført med trævægge, men resultaterne kan anvendes på andre vægtyper. Ved en trævæg må det nemlig være et absolut krav, at regn under ingen omstændigheder kan trænge ind bag det yderste lufttætte lag, da træet, selv om det er imprægneret, vil blive ødelagt, hvis det til stadighed er udsat for fugt.

Den ydre klædning skal blot virke som en beskyttelse for den varmeisolerende del bagved. Yderbeklædningen skal være så utæt over for vind, at

lufttrykket udjævnes momentant, så regn ikke kan presses igennem af vinden.

Det må her tages i betragtning, at selvom yderklædningen i tør tilstand tilfredsstiller dette krav, så kan slagregnspåvirkningen forandre dette. Ved yderklædninger af høvlende og pløjede brædder o. lign. vil fugtigheden bevirke en betydelig udvidelse af træet, som virker til at tætnes fugerne. Slagregnen vil måske også kunne lægge sig som en ubrudt hinde over væggen, og dersom klædningen er af en sådan art, at fugerne i den bliver fyldt af denne hinde, vil væggenes tæthedsforhold ændre sig fuldstændigt. I begge tilfælde vil klædningen overtage en væsentlig del af det totale trykfald, og vand vil blive presset igennem. På steder med stærk slagregn bør der derfor bag yderklædningen være et luftlag, som kun afbrydes af underlagslister med store mellemrum, så klædningen bliver ventileret på bagsiden. Først bag dette luftmellemrum kommer ved trævægge de nødvendige lufttætte lag, der skal hindre vinden i at pumpe luft gennem væggenes varmeisolerende dele. Det yderste lufttætte lag skal hindre kold luft udefra i at blive pumpet ind og derved gøre isoleringen illusorisk, og det lufttætte lag på indersiden skal hindre rumluften i at blive pumpet ind i væggen, så der afsættes fugt fra rumluften i de yderste kolde lag.

For ikke at få kondensation i væggen af den vanddamp, der trods alle forholdsregler diffunderer ud mod den kolde side, skal det inderste, varme lufttætte lag have en diffusionsmodstand, der er større end for det yderste lufttætte lag.

Maling og imprægnering

Oliemaling kan bruges på mur og puds, når væggen er *gammel og tør*. Vægge, som er friske, eller som til stadighed er fugtige, må ikke males med oliefarve. Malingen vil blære op og skalle af eller blive sejg og klæbrig og ikke tørre, fordi det alkaliske vand i mørtelen forsæber olien. Oliemaling er derfor ikke noget brugbart hjælpemiddel i sådanne tilfælde, hvor en udsat væg allerede er blevet fugtig. Men hvis væggen først er blevet helt tør, vil oliemaling uden tvivl hjælpe med til at holde den tør og dermed varm. Malingen er ikke så tæt, at ikke små mængder kondensfugtighed indefra kan diffundere ud.

Dog kan man ikke se bort fra den mulighed, at der kan opstå revner i oliemalingen, som bevirker, at slagregn i større mængder trænger ind i muren, hvorfra den kun vanskeligt kan fordampe igen, fordi malingen har tættet porerne i overfladen. Revner og utætheder i murens fuger kan også vanskeligt tættes varigt med oliemaling.

I stedet for maling er forsøgt anvendt forskellige imprægneringsmidler, som i almindelighed består af voks, parafin eller andre vandafvisende stoffer, opløst i et flygtigt opløsningsmiddel, som hurtigt fordamper efter påstrygningen. De er i almindelighed farveløse og skader derfor ikke udseendet. Men brugsanvisningerne forlanger som regel, at de skal stryges på tørre vægge, og det er jo netop det, der er det vanskelige i de tilfælde, hvor en imprægnering er nødvendig, fordi væggene sjældent er helt tørre. Virkningen af en sådan imprægnering kan være god til at begynde med, men vil tabe sig efter nogen tid. Den fugtighed, som derefter trænger ind gennem revner, har vanskeligt ved at fordampe fra den imprægnerede overflade, som har mindre evne til at suge vandet frem. Resultatet kan derfor blive dårligere end før.

Cementvælling har vist sig at kunne hindre regngennemslag, når den omhyggeligt børstes ind i væggen udvendige overflade. Tørstoffet, som opslemmes i vandet, skal mindst indeholde 80 vægtprocent portlandcement. Cementvællingen kan stryges på våde flader og bruges både til murstensfacader og pudse facader.

I handelen findes flere imprægneringsmidler, der er fremstillet på cementbasis. De har udmærket virkning, idet cementen tætnet porer og revner, men de ændrer naturligvis murens udseende.

I U.S.A. bruges som tilsætning til mur- og pudsemørtel calciumstearat, som gør mørtelen mindre vandsugende. Stearatets kemiske sammensætning skal være så stabil, at den ikke forandres under indvirkning af mørtelens bestanddele.

Af tætningsmidler, som blandes i mørtel og beton, findes flere fabrikater, som har vist sig udmærkede. Men en god puds er i og for sig en så god beskyttelse mod slagregn, at tilsætningsmidler ikke netop er mest nødvendige der. Ved facader sammensat af flere materialer, som får revner og utætheder på grund af materialernes forskellige egenskaber med hensyn til temperaturbevægelser og svind, er det, at faren for fugtighed er størst, og her er både maling og imprægnering af tvivlsom værdi.

Den mest effektive og varige måde at tætnet en almindelig teglstensmur mod regngennemslag uden at forandre dens farve eller udseende er imidlertid at fuget den om, men det er vanskeligt og bekosteligt. Fugerne kradses ud til en dybde af ca. 2 cm, og støvet fjernes fra fugerne ved at skrubbe dem med vand. Stenene skal være våde og næsten vandmættede, inden fugningen med en god mørtel finder sted. Mørtelen presses omhyggeligt ind i fugen, så den bliver helt fyldt, og når mørtelen er næsten stivnet, gås fugen efter med en fugeske, så overfladen bliver hård og glat. Det gælder om, at mørtelen presses hårdt ind i fugen, så den bliver så tæt som mulig. Tilbagetrukne fuger må anses for at være mindre tætte mod regn.

I de sidste år er imidlertid fremkommet farveløse imprægneringsmidler, fremstillet på siliconebasis, som er effektive og meget holdbare. Hvor længe de kan bevare deres virkning vides endnu ikke, men der menes op mod 10 år. Siliconeimprægneringen kan imidlertid ikke tætnet større revner og huller, de kan kun tætnet huller op til $\frac{1}{10}$ mm i diameter. Det er derfor nødvendigt at gennemgå hele murfladen før imprægneringen og tætnet alle synlige revner og huller med mørtel. Siliconen er en slags syntetisk fedtstof, hvor de yderste kulstofatomer i det sammensatte molekyle er erstattet af silicium, hvorved stoffet bliver meget bestandigt. Siliconen tætnet altså ikke overfladen mod dampdiffusion indefra, idet siliconen sætter sig som et tyndt fedtet lag på hele overfladen og trænger lidt ind på porevæggene. Der anvendes forskellige opløsningsmidler til siliconerne, og nogle af imprægneringsmidlerne kan stryges på fugtigt murværk.

Det kan ofte være vanskeligt at afgøre, om fugtige ydervægge skyldes kondensation eller slagregn, medmindre fugtigheden også viser sig om sommeren i tilslutning til regnvejre; fugtigheden vil da efter al sandsynlighed skyldes slagregn alene. Hvis der viser sig fugt på alle årstider på inder-siden af væggen, må det ved en prøve afgøres, hvad årsagen er, før en isolering forsøges.

Et stykke metalfolie klæbes på væggen indvendig, hvorved det får næsten samme temperatur som vægoverfladen. Er væggen tapetseret, skal tapetet fjernes først. Metalfoliet må ikke være blankt, f. eks. kan anvendes aluminiumfolie med påklæbet papir med papiret vendt mod stuen. Hvis der ikke sætter sig dug på metalfoliet, når væggen iøvrigt er våd, skyldes fugtigheden slagregn, der trænger ind gennem væggen. Sætter der sig dug på metalfoliet, er overfladekondensationen medvirkende til at gøre væggen fugtig, og væggen må varmeisoleres bedre.

RUMFUGT

Om vinteren vil luftens fugtighedsindhold være større inde end ude. Denne forskel vil søge at udligne sig, og der kan derfor opstå kondensfænomener ved ydervæggene, hvis der ikke er truffet forholdsregler herimod. Jo koldere klimaet er, jo mere udprægede vil fænomenerne være.

Relativ fugt og partialtryk

Luften indeholder altid mere eller mindre fugtighed i form af usynlig vanddamp. Det absolutte fugtighedsindhold er bestemmende for vanddampenes partialtryk, den del af atmosfærens tryk, der skyldes vanddampene. Ved en bestemt temperatur kan luften kun indeholde en vis største mængde vanddamp, hvormed den siges at være mættet eller at have en relativ fugtighed på 100 %. Den relative fugtighed er forholdet mellem vanddampenes tryk og mætningstrykket ved samme temperatur angivet i procent, hvilket omtrent svarer til forholdet mellem den dampmængde luften indeholder, og den største dampmængde den kan indeholde ved den pågældende temperatur. Den mængde damp, som luften kan indeholde, vokser stærkt med temperaturen. Mættet luft ved 0° C indeholder således kun 4,8 g vand pr. m³ mod 17,3 g ved 20° C.

Afkøles luft, der ikke er mættet, holder vanddampmængden sig konstant, men den relative fugtighed stiger, indtil den temperatur nås, ved hvilken luften netop er mættet. Afkøles yderligere, begynder vanddampene at kondensere, d. v. s. udskille sig i form af frit vand i fine dråber enten som tåge eller dug, der sætter sig på faste genstande. Den temperatur, ved hvilken kondensation indtræder, kaldes for *dugpunktet*.

Så længe luftens fugtighed optræder i dampform, gør den normalt ingen fortræd. Først når den begynder at udskille sig i form af vand, kondensere, er det, at den kan forvolde skade. Som nævnt er det luftens dugpunkt, der angiver, hvornår fugtigheden overgår fra damp- til vandform, og denne størrelse er derfor af stor betydning. Vil man undgå, at luftens fugtighed slår sig ned som vand, må man følgelig sørge for, at ingen af boligens overflader er koldere end dugpunktstemperaturen.

Mens dugpunktet næsten er det samme overalt i samme rum, kan der være stor forskel på overfladetemperaturen forskellige steder i rummet. Lavest vil temperaturen normalt være på vinduer, i hjørner og bag møbler, og det er da som regel også her, fugtighed, som skyldes kondensation, først viser sig. For at undgå sådan fugtighed, må man isolere så kraftigt, at den

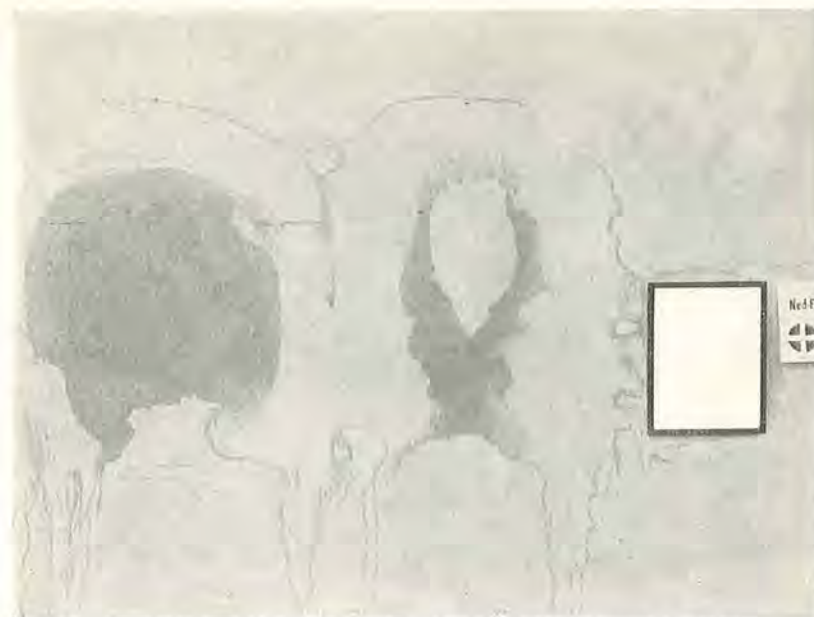


Fig. 34. Fugtpletter bag opslagstavle på en ydervæg i et fabrikslokale med høj fugtighed.

Luftbevægelsen bag tavlerne er meget ringe, væggenes overfladetemperatur bliver derfor forholdsvis lav, og den fugtighed der fortætter sig kan ikke fordampe igen. I lokaler med høj fugtighed bør der ikke anbringes skabe, hylder eller opslag på ydervæggene.

indvendige overfladetemperatur, når der er koldest udvendig, selv i hjørnerne ikke kommer under dugpunktet.

Men isoleringen må også udføres rigtig, da vanddampene kan trænge ind i bygningsdelene f. eks. ydervæggen og under visse forhold kondensere inde i væggen. Vanddampe kan trænge ind i væggen på to måder, dels sammen med luften som helhed og dels alene.

Det første er tilfældet, når luftens tryk er forskelligt på væggens to sider, hvilket kan skyldes ændring i barometerstand, vind eller trykforskel frembragt af ventilationsanlæg. Drejer det sig om en væg af en gængs konstruktion og overfladebehandling, vil ændringen i barometerstand eller vinden ikke give anledning til større fare, da den modstand, en sådan væg yder mod luftens indtrængen, er ret stor, samtidig med at trykforskellen jævnlig vil skifte retning.

Ved trykforskel frembragt af ventilationsanlæg er forholdet derimod anderledes, da trykforskellen altid vil have samme retning. Er der overtryk i et rum, vil den varme luft blive presset ind i væggens porer, revner og andre utætheder. Efterhånden som luften trænger udad i væggen, afkøles den, og er temperaturen udvendig lavere end rumluftens dugpunkt, vil der indtræde kondensation et eller andet sted i væggen. Er der undertryk i rummet, er det den kolde yderluft, der trænger ind i væggen, hvor den bliver opvarmet, og der er derfor ingen fare for kondensation.

Mellem luftens temperatur, relative og absolutte fugtighed samt dugpunktet og partialtrykket er der en ganske bestemt sammenhæng, som kan afbildes i et Mollier-diagram for fugtig luft, se fig. 32. Når blot man kender to af de nævnte størrelser, kan de øvrige bestemmes af diagrammet.

Til belysning af disse forhold kan gives nogle eksempler:

I *fabrikslokaler med luftkonditionering* og høj fugtighed kan et overtryk bevirke, at betydelige mængder luft presses ind i tagkonstruktioner og vægge, hvor vanddampene vil kondensere og give anledning til fugtskader. Luftkonditioneringsanlæg for lokaler med høj fugtighed bør derfor udføres således, at der holdes *undertryk* i lokalerne. Dette opnås lettest ved at anvende såvel udsugnings- som indblæsningsventilator, hvorved det er muligt at beherske trykforholdene i rummet. Når der holdes undertryk, vil kold, tør yderluft trænge ind gennem alle utætheder og på sin vej indad opvarmes og optage den vanddamp, der diffunderer udad. Ønsker man af særlige grunde at holde overtryk, må rummets indvendige begrænsningsflader udføres med meget tæt overflade.

Under *zinktage* må ikke lægges træfiberplader. Træfiberpladerne indeholder aggressive stoffer, der kan ødelægge zinken, hvis der dannes kondensfugt på den kolde zinks underside.

I *køkkener, badeværelser og soveværelser* vil fugtigheden og dermed dugpunktet som regel ligge højere end i boligens øvrige rum, og det er særligt i disse rum, der er fare for kondensation. De bør derfor holdes vel ventilerede og helst være forsynede med aftræk ført over taget. Men aftræksåbningen må anbringes således, at eventuelle nedslag af kold luft ikke virker generende. Køkkener bør ikke være for små, da husmoderen så overalt i køkkenet vil være generet af træk fra åbne vinduer og derfor er tilbøjelig til altid at holde dem lukkede.

I *køkkener* kan den relative fugtighed under madlavning komme op på 90—100 %. Væggene, der er koldere end luften, bør derfor ikke oliemales



Fig. 35. Vinduer i et fabrikslokale med høj luftfugtighed.

Rammer og sprosser er gennemgående stålprofiler, de bliver derfor drivvåde på indersiden. Ruderne er af dobbeltglas men samlingerne er ikke damptætte, luftfugtigheden trænger derfor ind mellem glassene og fortætter, så der står klart vand mellem mange af glassene. Enten må rummet mellem glassene være lukket hermetisk, eller også må det ventileres med udvendig, tør luft og ruderne være til at åbne for rengøring.

eller flisebeklædes helt op til loftet, men pudses og hvidtes eller kalkes foroven ligesom loftet, så pudsen kan optage den vanddamp, der kondenserer og afgive den igen, når der udluftes efter madlavningen.

Spisekamre anbringes som regel op ad en ydervæg. Når et sådant skab ventileres til fri luft, vil luften i skabet holde sig tør og frisk. Men ventilationshullerne må kunne lukkes i frostvejr, ellers vil skab og ydervæg afkøles for stærkt og fugt slå ned på skabet og væggen i nærheden.

Soveværelser er som regel koldere end den øvrige del af lejligheden. Kommer den varme, fugtige luft herfra ind i soveværelset, stiger den relative fugtighed, og fugtighed kan sætte sig på de kolde vægge og møbler. Soveværelser må derfor helst ikke opvarmes om aftenen ved at åbne døren til stuerne, men ved et varmeapparat i soveværelset. Navnlig må et sovevæ-

relse ikke opvarmes ved at åbne til et køkken, hvor luften som oftest er meget fugtig. Der bør aldrig være dør mellem soveværelse og køkken. Om morgenen bør soveværelset udluftes kraftigt i længere tid med sengetøjet slået op; hver person afgiver i nattens løb ca. 200 g vand, der for størstedelen hænger i sengetøjet.

Ved *dobbelte vinduer* skal mellemrummet ventileres med den udvendige tørre luft for ikke at dugge. Den inderste ramme skal derfor slutte mere tæt end den yderste.

Elektrikerrør skal ligge varmt; hvis de ligger over isoleringen i et koldt tagrum, vil fugtighed fra stueluften kondensere i rørene om vinteren.

I *skabe ved ydervægge* vil der altid være koldere end i stuen og den relative fugtighed større. Skabe ved ydervægge bør derfor ikke anvendes til opbevaring af tøj og linned, der vil blive klamt og fugtigt, med mindre ydervæggen i skabet isoleres meget kraftigt (k højst 0,4 svarende til f. eks. 6 cm kork på 35 cm mur), og tøj et anbringes således, at luften inde i skabet kan stryge frit langs ydervæggen.

Ved småhuse uden kælder har det været forsøgt at ventilere *kryberummet under stuegulvet* med luften fra stuerne.

Som oftest er det gået galt, og gulvbrædder og bjælker er blevet ødelagte af råddenskab. Når den varme stueluft kommer ned i kryberummet, afkøles den og afsætter fugtighed, og særlig galt bliver det, hvis luften fra opholdsstuerne kan trænge ind under kolde soveværelser og køkkener. Rummet under gulvene må derfor holdes varmt, hvis det skal ventileres med stueluft, hvorfor rummets ydervægge og gulv må varmeisoleres, og skillevæggen mellem de forskellige værelser føres ubrudt helt ned til rummets gulv. Men dette vil være ligeså bekosteligt som at isolere stuegulvene og ventilere rummet med yderluft på sædvanlig måde. Det må derfor frarådes at ventilere kolde rum under gulve og bag vægbeklædninger med stueluft.

Noget lignende gælder, hvis hulrummene mellem strøerne under et trægulv står i forbindelse med hinanden fra stue til stue, alle skillevægge skal pudses og være tætte helt ned til betongulvet.

Diffusion

Vanddampene kan som nævnt også trænge alene ind i en væg, uden at luften som helhed gør det. Dette vil ske, når vanddampenes partialtryk



Fig. 36. Kældergang mellem to bygninger i en fabrik med luftbefugtningsanlæg.

Fugtigheden fra fabrikslokaler med høj fugtighed trænger ind i alle udenomsrum, hvor der derfor også må tages hensyn til kondensfaren. Gangen her har dør ind til en kælder, hvorigennem luften fra fabrikslokalerne suges ud. Da kældergangens vægge og loft ikke er tilstrækkeligt varme- og fugtisolerede, driver de af fugt, så alle installationer og bygningsdele bliver ødelagt. I dette tilfælde var ikke andet at gøre end at mure døren for enden af kældergangen til og ventilere gangen til fri luft (den anden ende af gangen fører til et tørt lokale).

er forskelligt på væggenes to sider. Denne form for dampvandring kaldes diffusion.

Vanddampenes partialtryk vil være højere, jo højere luftens dugpunkt er. I boliger vil dugpunktet indendørs i varmesæsonen som regel ligge højere end udendørs, og vanddampene vil derfor søge at diffundere gennem væggen ud i det fri, *vanddampene søger mod det koldeste sted*. Diffusionen foregår ikke uhindret, da væggen yder en vis modstand, bestemt af de materialer, væggen er lavet af.

Når vanddampene diffunderer ind i vægmaterialets porer, vil fugtigheden og dermed dugpunktet i porerne stige. Fugtigheden kan stige så

højt, at dugpunktet bliver lig med væggenes temperatur det pågældende sted, hvorefter yderligere indtrængende vanddamp kondenserer og gør væggen våd.

Det er derfor vigtigt, at væggen udføres, så vanddampene kan diffundere ud af væggenes enkelte lag ligeså hurtigt, som de diffunderer ind. For vægge, der er opbygget af forskellige materialer, kan dette opnås ved at udføre lagene nærmest den varme side af de mindst gennemtrængelige materialer, således at *væggen bliver mer og mer porøs udad*.

For homogene vægge er materialets gennemtrængelighed for vanddamp uden betydning, og man kan undgå kondensation i væggen ved at gøre den tilstrækkelig tyk eller ved at anbringe en membran af tæt materiale på den varme side.

Et materiales gennemtrængelighed vil som regel være større, jo mere porøst det er, dog spiller materialets struktur også en rolle. Som hovedregel kan man regne med, at alle isolationsmaterialer er mere gennemtrængelige end bærende materialer. En vægs isolationslag bør følgelig anbringes så nær den kolde side som muligt. Kan dette ikke lade sig gøre, kan det blive nødvendigt at anbringe en membranisolering på den varme side. For at udjævne svingninger i luftens fugtighed eller optage kortvarige nedslag af fugtighed f. eks. i køkkener under madlavning, bør der ovenpå membranisoleringen påføres et pudslag, der kan afgive fugtigheden senere igen til rummet, når fugtighedsgraden synker.

Særlig ved *letbyggede huse* vil det være uheldigt at have ydervæggens indvendige overflade tæt, f. eks. oliemalet, uden fugtabsorberende lag indvendig. Om natten, hvor der ikke opvarmes, falder temperaturen af luften og væggene stærkt, da de har meget lille varmeakkumuleringssevne. Samtidig stiger den relative luftfugtighed, og møbler og indervægge optager fugtighed, så dugpunktet falder. Om formiddagen i opvarmningsperioden, varmes visse dele af rummet og møblerne hurtigere op end andre, fordi de rammes af strålevarme og står gunstigere for berøring med de varme luftstrømme fra kakkelovnen eller radiatoren. De varmeste dele afgiver først deres fugtighed til luften, luftens dugpunkt vil derfor stige i opvarmningsperioden og ligge højere end temperaturen på de steder af ydervæggene, der endnu er kolde, fordi luftbevægelsen er mindre livlig her. Resultatet bliver, at der kondenserer vanddamp på ydervæggene, og er de ikke forsynet med et vandabsorberende lag, vil de drive af fugt. Som vandabsorberende lag kan f. eks. anvendes puds af kalkmørtel eller bløde træfiberplader, der limfarves eller tapetseres.

Ved nye huse med *teglstenstage* er det meget almindeligt med dryp fra taget i regnvejr. Dette kan naturligvis skyldes utætheder, men kan også skyldes, at taget er for dampstæt, så fugtigheden indefra ikke kan slippe ud.



Fig. 37. Kuldebro over vindue i et lokale med høj luftfugtighed.

Jernbetonbjælken og -taget over vinduet er kun indrettet med 2 cm klinkerbeton ude ved facaden af hensyn til faldet på taget. Denne varmeisolering er naturligvis ganske utilstrækkelig, så den indvendige overflade kommer under luftens dugpunkt, loftet sveder, og betonen får store sorte platter. Da vinduesbjælken ydermere ikke er isoleret på nogen af siderne, forværres forholdene. Vinduesbjælken er en typisk kuldebro, den skulle have været isoleret udvendig på forsiden og oversiden med 15—20 cm letbeton.

En almindelig træetageadskillelse er lidet dampstæt, og fugtigheden fra lejligheden søger op i tagrummet, hvor den sætter sig i de kolde tagsten. Hvis understrygningen ikke er tilstrækkelig porøs, bliver sten og mørtel efterhånden vandmættede, og i regnvejr slår vandet straks igennem. Faren er størst de første år, hvor huset endnu er byggefugtigt.

Der må derfor helst ikke være cement, eller i hvert fald meget lidt, i understrygningsmørtelen, særlig ved glaserede og blådæmpede tagsten er det farligt med for megen cement i understrygningen.

For megen cement gør også understrygningen hård og stiv, så taget ikke kan arbejde, men revner ved de mindste påvirkninger, enten det nu er for vind eller ved sætninger.

En erfaren murermester har meddelt følgende opskrift på en smidig, porøs mørtel til understrygning, til en balje mørtel anvendes:

- 3 spande kalkmørtel,
- 2 oprørespader hydraulisk faksekalk,
- 1 oprørespade stampet kalk med fæhår og
- 1/2 oprørespade cement, der må blandes godt ud i mørtelen.

Men selvom understrygningen udføres rigtigt, bør tagrummet holdes godt udluftet, at anbringe en enkelt tudtagsten i hver ende af et langt rækkehus er langt fra tilstrækkeligt. Den øverste etageadskillelse bør samtidig være kraftigt varmeisoleret og så damp tæt som muligt. Den sædvanlige isolering med 20—25 mm mineraluldsmåtte er ikke tilstrækkelig, temperaturen i tagrummet bliver for høj, 10—15° C over ydertemperaturen, fugtigheden i luften dermed også for høj og varmetabet for stort ved den kraftige ventilation, der er nødvendig.

Husk, at det damp tætte lag skal ligge *under* måtterne.

Kapillarsugning

Foruden som vanddamp kan fugtigheden også vandre i en væg som vand. Denne form for fugtighedsvandring kaldes kapillarsugning eller hårrørs-sugning og finder sted i alle porøse materialer.

Alle byggematerialer er mere eller mindre porøse og hygroskopiske, hvilket vil sige, at de er i stand til at optage fugtighed i sig fra den omgivende luft. Henlægges et stykke af materialet i luft med en bestemt relativ fugtighed, vil der efter nogen tids forløb indtræde en ligevægtstilstand svarende til et bestemt fugtighedsindhold i materialet. Forøges luftens relative fugtighed, hvilket kan ske ved, at luften afkøles, vil materialet optage mere fugtighed, indtil en ny ligevægtstilstand indtræder. Formindskes luftens relative fugtighed, hvilket kan ske ved, at luften opvarmes, vil materialet afgive fugtighed til luften, indtil en ny ligevægtstilstand indtræder. I museer, hvor der opbevares genstande af organisk oprindelse, bør derfor den relative fugtighed holdes konstant, så museumsgenstandene ikke arbejder. Derimod gør det ikke så meget, at temperaturen svinger.

Kapillarsugningen vil søge at udjævne eventuelle forskelle i fugtighed i materialet. Da forskellig relativ luftfugtighed ved væggen to sider vil bevirke forskelligt fugtindhold i overfladelagene, bevirker dette, at vand ved kapillarsugning vil transporteres fra overfladen med høj fugtighed til overfladen med lav fugtighed.

Ved boliger vil den absolutte fugtighed normalt være størst indvendig, og diffusionen derfor udadrettet, hvorimod den relative fugtighed oftest er størst udvendig og kapillarsugningen derfor indadrettet. Muligheden for, at diffusion og kapillarsugning kan opveje hinanden, er derfor tilstede.

Det er sandsynligvis dette forhold, der bevirker, at visse former for *massive tage* (flade tage) kan anvendes og holde sig tørre. Vanddampene, som ved diffusion trænger ind i taget og fortætter under pap- eller asfaltlaget, vil af kapillarsugningen føres tilbage til undersiden af taget, hvorfra det igen har mulighed for at fordampe. En betingelse er det dog, at fugtigheden i rummet ikke er for stor, og at taget er udført af materialer, hvis kapillarsugende egenskaber står i et passende forhold til deres dampgennemtrængelighed. Et massivt tag af jernbeton isoleret med træuldbetonplader nederst er i den henseende dårligt på grund af træuldbetonen, der ikke byder nogen nævneværdig modstand mod dampdiffusion og heller ikke har nogen kapillarsugende evne af betydning. Derimod har det vist sig, at over rum med ikke for stor luftfugtighed, indtil 20° C og 50 % relativ luftfugtighed, som i kontorer og boliger samt mange fabrikker med »tør« fabrikation kan anvendes tage af armeret letbeton pudsede på undersiden og tækkede med asfalt eller tagpap.

Ved rum med høj fugtighed må man sørge for, at de vanddampe, der diffunderer ind i tagkonstruktionen, kan komme ud igen, enten ved at selve tagdækningen udføres porøs, f. eks. af tagsten eller skifer, eller, hvor man er nødt til at tække med tagpap eller asfalt, ved at ventilere isoleringen i taget. Det er imidlertid meget vanskeligt at ventilere et massivt tag effektivt. Tage over rum med høj fugtighed bør derfor såvidt muligt ikke udføres som massive tage, medmindre taget har så stærkt fald, at tækningen kan udføres som en ikke damp tæet beklædning og selve taget med stigende porøsitet opad med tæt jernbeton nederst.

Der er i Norge udført en del forsøg med ventilering af massive tage, og resultatet af disse er:

1. *Taget uden varmeisolation* bør ikke anvendes over opvarmede rum.
2. *Ikke ventilerede konstruktioner*, hvor varmeisolationen er spærret inde mellem et betondæk og en damp tæet tækning, bør helst undgås. Taget tørrer ikke ud, og byggefugten forringer isolationsevnen betydeligt.
3. *Ikke ventilerede massive letbetontage* holder sig tørre over tørre lokaler men bør ventileres, når de bruges over fugtige, varme rum i papirfabrikker, tekstilfabrikker o. lign. Grænsen for vanddampenes partialtryk foreslås sat til 120 mm VS, svarende til 20° C og 50 % fugtighed, forudsat

varmeisolationen er tilstrækkelig, selv under hensyntagen til den fugt, der er i den.

4. *Træuldbetonplader* må ikke bruges i ikke ventilerede konstruktioner, hvor de er spærret inde mellem et betondæk og en afretning af beton, så man risikerer at alkaliholdigt vand fra betonen passerer pladerne flere gange om året. Pladerne kan derimod bruges i godt ventilerede konstruktioner.

5. *Ventilationskanaler* skal helst placeres over varmeisolationslaget (forudsat der er absorberende afretningslag derover) eller højest muligt oppe i isoleringen. Større kanaler bør frem for alt ikke placeres umiddelbart på oversiden af et betondæk, mellem dækket og varmeisolationen, fordi fugtig rumluft i kuldeperioder kan give kraftig kondensation på dækkets underside i nærheden af kanalerne.

6. *Ventilationssystemets åbninger* bør placeres i ydervægge og i de retninger, hvorfra det blæser mest, og kanalerne inde i taget bør orienteres i samme retning. Åbningerne til fri luft skal såvidt muligt holdes i samme plan som kanalerne inde i taget, så knæk og højdeforskelle undgås.

Forholdet mellem åbningstværsnit og tagflade, A/F, foreslås for letbetonisoleringer, isolerende lag af løse, kornede materialer o. lign. sat til ca. 1/500 og ved særlig tykke letbetonisoleringer til ca. 1/300. For kork- og træuldbetonplader sættes A/F til 1/1000—1/2000.

7. *Kanalerne længde* bør for de mindres vedkommende, 6—20 cm², ikke være over 5—6 m mellem udløbsåbningerne i ydervæggene, hvis de ikke kan få åbninger til fri luft inde på taget, f. eks. gennem små ventilationshætter. Små kanaler bør ikke fyldes med f. eks. letbetongrus, kanalsystemet skal helst være helt åbent. Består hele varmeisoleringen af løst, kornet materiale, bør kornstørrelsen ikke være mindre end 10 mm.

8. *Udluftning gennem primitive ventilationshætter* bør kun bruges,

a) når der tillige er åbninger i ydervæggene, og tagets bredde, der som regel er det samme som primærkanalerne længde, overstiger 11—12 m. I så tilfælde lægges en samlekanal midt på taget i hele tagets længde, og ventilationshætterne føres op fra denne kanal.

b) når det er absolut umuligt at lave åbninger for ventilationssystemet i ydervæggene.

Ved ventilation gennem hætter foregår udtørringen hovedsagelig ved diffusion, hætternes åbningstværsnit må derfor være stort i forhold til tagfladen, A/F, i nogle tilfælde helt op til 1/100. Tilbagedryp af kondensvand fra hætternes underside må forhindres.

9. *Udluftes der udelukkende gennem ventilationshætter*, skal der anvendes tørre materialer i taget. Fugtige udstøbninger af letbeton og afretningslag bør undgås.

10. *Hvis isolationen er våd*, efter at tagdækningen er lagt, bør der kobles mekaniske ventilatorer til tagets kanalsystem, for at fremskynde udtørringen i den første tid. *Ventilatoren bør fremfor alt bruges, når isoleringen kun er udluftet gennem hætter*. Det bør undersøges om det er muligt at tilslutte nogle af kanalerne til husets permanente udsugningsventilatorer.

11. *Tagdækningsarbejdet* foregår ofte for langsomt og unøjagtigt. Afstanden fra asfaltvarmeren og udlægningsstedet for pappen er ofte for lang. Den varme asfalt bør hældes eller sprøjtes ud foran paprullen under udlægningen. En mop er bedre end en kost til at fordele asfalten med. Porøs underlagspap bør undgås, en smidig asfaltpap er bedre. Det underste paplag må gerne vendes med retsiden nedad, hvis det kun har asfaltbelægning og sandbestrøning på den ene side.

Hvis tagdækningsarbejdet *nodvendigvis* må foregå om vinteren, må der anvendes permanent beskyttelse, så længe arbejdet varer, afdækning med presenninger eller lign., og underlaget må være udtørret i overfladen f. eks. med flammekastere. Et provisorisk lag tagpap må fjernes helt, hvis det er skadet i løbet af vinteren, det må være fejlfrit og helt tørt, hvis det skal bruges som underlagspap i den permanente tagdækning.

12. *Tagnedlobene* bør være indvendige, når et flat, massivt tag ligger over opvarmede rum. Udvendige nedløb kan fryse i stykker og bør ikke forekomme. Hvis taget er godt varmeisoleret, bør der lægges elektriske varmekuller i fodrenderne, så disse ikke kan fryse til, når der ligger sne på taget.

Det viser sig iøvrigt, at de fleste fejl ved massive tages paptækning opstår, fordi udførelsen ikke er omhyggelig nok. Hvis pappen fra begyndelsen har god vedhæftning til hele overfladen mod et godt og holdbart underlag, volder den ingen ulemper. Forudsætningen for dette er dog ikke alene en god udførelse af selve tækningen, men den projekterende og entreprenøren må sørge for, at tækningen sker under betryggende forhold.

Hele problemet ved paptækning af massive tage er udmærket beskrevet i en lille anvisning fra det svenske byggeforskningsinstitut¹⁾, hvortil der må henvises.

¹⁾ Rune Hanson, Paptak, klistrade dobbelttäckningar, Stockholm 1954. Statens Nämnd för Byggnadsforskning, broschyr nr. 7.

STØVFIGURER

De mørke og lyse striber eller figurer, som undertiden forekommer på vægge eller lofter, skyldes i mange tilfælde ikke fugt, men støv.

Støv, som altid er tilstede i større eller mindre mængder i luften, vil aflejre sig på flader, der er koldere end luften, jo koldere fladen er, desto hurtigere vil støvet aflejres. Hvis loftet eller væggen ikke har ensartet temperatur, vil der derfor aflejre sig mere støv på de koldere steder end på de varmere, og når aflejringen er blevet tilstrækkelig stor, vil den fremtræde som synlige figurer.

Den uensartede temperatur på lofter og vægge skyldes forskelle i varmeledningsevnen. På et loft, der kun består af forskallingsbrædder lagt med afstand, røret og pudset, og som grænser op til et koldt loftsrum, vil striberne mellem brædderne, være koldere end midt under brædderne, fordi pudsen alene isolerer dårligere end træet, og fugerne vil derfor blive mørke af støv. På en jernbetonvæg, der er isoleret med letbetonplader indvendig, kan fugerne træde frem som mørke striber på den indvendige puds, det skyldes, at fugemørtelen isolerer dårligere end letbetonen. Noget tilsvarende ses undertiden på ydervægge isoleret med korkplader, som ikke er stødt tæt sammen, det smalle luftrum mellem pladerne isolerer dårligere end selve korkpladen. Når isoleringsplader sømmes på væggene, vil de kolde sømhoveder ofte vise sig som mørke pletter på tapetet.

Man kan regne med, at hvis loftets eller væggenes transmissionstal for de forskellige dele varierer mindre end ca. 10 %, vil det tage så lang tid, inden forskellen i støvafsætning bliver synlig, at den er uden praktisk betydning.

Striber på et forskallet og pudset loft kan undgås ved at lægge et isolationslag ovenpå forskallingsbrædderne. Isoleringsplader, der opsættes i mørtel, skal stødes så tæt sammen som muligt, evt. med isolermørtel i fugerne. Et tykt lag puds indvendig virker også udjævnende på temperaturforskellene.

Selv om væggenes eller loftets transmissionstal overalt er det samme, kan man ved periodisk opvarmning alligevel i tidens løb få støvfigurer. Årsagen hertil er, at dele af konstruktionen, som har stor varmeakkumuleringssevne, vil være længere tid om at blive varme end dele med lille varmeakkumuleringssevne. I opvarmningsperioden vil væggene være koldere end luften, og støv derfor aflejre sig fortrinsvis på delene med stor varmeakkumuleringssevne, der er længst om at blive varme. I afkølingsperioden vil luften som regel være koldere end begrænsningsfladerne, således at der ikke vil finde nogen støvaflejring sted i dette tidsrum.

KØLERUM

For kølerums vægge, lofter og gulve gælder de samme love for fugtighedsvandringen, som er omtalt i de foregående afsnit. I dette afsnit skal kort omtales de specielle forhold, der gør sig gældende ved kølerum.

Kølerum kan inddeles i to grupper:

- A. Kølerum, hvor luftens indhold af vanddamp året rundt er mindre end udenfor, eller hvor udetemperaturen som regel er højere end kølerummets temperatur. Her i landet svarer dette stort set til kølerum med temperaturer under frysepunktet (minus-rum), eller kølerum, der har temperaturer over frysepunktet (plus-rum), og er anbragt i opvarmede bygninger, f. eks. husholdningskøleskabe, kølerum hos slagtere, i marketerier o.s.v.
- B. Kølerum, hvor luftens indhold af vanddamp en del af året er større end udenfor, eller hvor udetemperaturen en del af året ligger under kølerummets temperatur. Til denne gruppe hører plus-rum, som ikke falder ind under gruppe A, f. eks. frugtkølelagre og ostelagre.

I vægge, der omgiver kølerum hørende til *gruppe A*, vil fugtigheden året rundt vandre udefra og indefter i væggen mod kølerummet. En del af fugtigheden vil nå igennem væggen og sætte sig som rim på køleelementerne. Den del, der ikke slipper igennem, vil aflejre sig inde i væggen som vand, og er temperaturen under frysepunktet, vil vandet i de inderste lag fryse til is, hvorved det virker spærrende for vanddampene ligesom glitpuds eller fliser, således at dampene får vanskeligere ved at diffundere gennem væggen ind i kølerummet.

Den ideelle kølerumsvæg hørende til gruppe A består af et ensartet isoleringsmateriale, der på den varme side (ydernsiden) er forsynet med et fuldstændigt damp-tæt lag og på den kolde side (indersiden) enten uden beskyttelseslag, eller med et meget porøst beskyttelseslag.

I praksis kan man imidlertid ikke udføre et fuldstændigt damp-tæt lag, men jo mere damp-tæt man udfører laget, desto længere vil isoleringen bevare sin isoleringsevne uforandret. Det kan derfor betale sig at ofre meget på en rigtig og omhyggelig udførelse af dette lag. Man må hellere bekoste en dyr membranisolering, f. eks. asfaltmåtter (asfaltplader med indlagt armering af jutevæv eller endnu bedre af glastråde), der klæbes eller svejses i overlæggene, og så benytte et billigere isoleringsmateriale fremfor at bruge et dyrt isoleringsmateriale og undlade rigtig udførelse af det damp-

tætte lag; dog bør organiske isoleringsmaterialer som træfiber- og tørveplader altid undgås.

Hvor temperaturforskellene ikke er ret store, vil en forsvarlig udførelse af det damptætte lag opnås ved først at stryge væggen med en asfaltopløsning og derefter påføre et lag varm asfalt på væggen eller på isoleringspladerne, inden de sættes op. Væggen skal være jævn og glat, inden asfalten påføres. Er det en muret væg, bør den berappes. Er det en støbt væg, fjernes eventuelle ujævnheder, revner og huller fyldes med cementmørtel, og væggen berappes.

Det vil sædvanligvis være nødvendigt at forsyne isolationen med et beskyttelseslag mod mekanisk overlast indvendig. Dette beskyttelseslag bør være så porøst som muligt og helst mere porøst end isoleringsmaterialet, hvorfor bastardpuds og navnlig glitpuds og flisebeklædning bør undgås på steder, hvor det ikke er absolut påkrævet af hygiejniske grunde.

Da vanddampene, foruden at trænge ind i væggen, også har en tendens til at ville søge op efter, bør under alle omstændigheder den øverste del af væggen og loftet holdes blanke, eller kun påføres et tyndt lag puds af magert kalkmørtel, så isoleringen får et åndehul.

Opsættes isoleringen i flere lag, må kun det første lag opsættes i asfalt, de følgende lag pløkkes fast med imprægnerede træpløkke eller opsættes eventuelt i magert kalkmørtel. De må under ingen omstændigheder opsættes i asfalt.

Selv om isoleringen er korrekt udført, vil isoleringsevnen i årenes løb blive mindre på grund af vand og isaflejringer, hvilket viser sig ved, at kølemaskinernes gennemsnitlige køretid pr. døgn bliver længere og længere, og på et eller andet tidspunkt er det økonomisk rigtigt at fjerne den gamle isolering og erstatte den med ny, medmindre det er muligt at foretage en fuldstændig udtørring af den gamle isolering. Det betaler sig derfor at føre nøje kontrol med kølemaskinernes gennemsnitlige køretid, f. eks. ved hver måned at notere elektricitetsforbruget aflæst på en særskilt måler for kølemaskinerne. Ved at sammenligne forbruget for de samme måneder over en række år kan man se, om forbruget har været stigende, og hvis ikke særlige forhold har gjort sig gældende i form af stærkt varierende belastninger af rummet, betyder en stigning, at væggenes isoleringsevne er blevet tilsvarende mindre.

Ved kølerum hørende til *gruppe B* vil fugtigheden en del af året vandre indad og en del af året udad, og der vil være mindre tilbøjelighed til at samle sig fugtighed i isoleringen.

Væggene bør derfor ikke gøres damptætte på nogen af siderne, undtagen hvor rummet støder op til opvarmede rum, her kan det være hensigtsmæssigt at indlægge et damptæt lag så nær den varme side som muligt.

Ved *kølerørskapper* er forholdene så uheldige som overhovedet muligt, idet kappens kolde side, kølerøret, er fuldstændig damptæt. Da det er praktisk umuligt at gøre den udvendige overflade ligeså damptæt, vil der i tidens løb ske en oplagring af vand og is inde i kølerørets kappe, som bevirker en forringelse af isoleringsevnen. Men ved at forsyne isoleringskappen med en membran af asfaltmætter med rigelige overlæg, der svejses, kan man dog få et så damptæt lag, at kappens isoleringsevne holder sig praktisk taget uforandret i adskillige år.

Lignende forhold som ved kølerørskapper har man ved husholdningskøleskabe og konservatorer. Disse er sædvanligvis forsynet med en indvendig boks af svejset eller presset stålplade, og den ydre beklædning må derfor være af et tilsvarende tæt materiale. Undertiden kan det være hensigtsmæssigt at forsyne den indvendige boks med åndehuller ind til isoleringen, for at eventuel fugtighed, der er trængt ind gennem den ydre beklædning, kan diffundere videre ind i boksen og sætte sig som rim på køleelementet.

Isoleringen skal mindst være så kraftig, at køleskabet eller konservatoren ikke dugger udvendig i et velventileret rum. Da kuldekalorier er dyre, kan det også af driftsøkonomiske grunde betale sig at isolere meget kraftigt.

LITTERATUR

I listen er nævnt en del litteratur, der i let tilgængelig form giver en mere udførlig behandling af enkelte af de emner, der er behandlet i denne anvisning.

Asfalt — enkla fuktisoleringar, Stockholm 1952, 16 sider. Udgivet af Statens Nämnd för Byggnadsforskning, broschyr nr. 3.

Heri beskrives asfalt, sammensætning og egenskaber samt arbejdsudførelsen ved asfaltisoleringer.

Balkone im Wohnungsbau, Erfahrungen und Beobachtungen über Anordnung und Ausbildung. Stuttgart 1955, 62 sider. Udgivet af Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen.

Indeholder en mængde råd og regler om altaners udførelse.

P. Becher, Økonomisk varmeisolering. 2. udgave. København 1950, 63 sider. Udgivet af Statens Byggeforskningsinstitut, rapport nr. 1.

Angiver den mest økonomiske varmeisolering for et stort antal bygningskonstruktioner, viser beregningsgrundlaget.

Bedre varmeisolering er billigere, København 1950, 48 sider. Udgivet af Statens Byggeforskningsinstitut, anvisning nr. 5.

Giver priser på isoleringsmaterialer, de mest økonomiske isoleringstykkelser og isoleringsarbejdets udførelse.

Dampness in basements and ground floors, Washington 1946, 13 sider. Udgivet af National Bureau of Standards.

Omtaler årsagerne til fugtige kældre, og hvorledes de kan afhjælpes.

Dampness in masonry walls, above grade. Washington 1948, 11 sider. Udgivet af National Bureau of Standards.

Omtaler de forskellige årsager, regn, kondensation og grundfugt, som er skyld i fugtige ydervægge af mursten, og hvorledes der træffes forholdsregler herimod.

Étanchéité des toitures-terrasses: procédés multicouches. Paris 1949, 35 sider. Udgivet af L'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics.

Indeholder en mængde detaljer vedrørende tækning af flade tage med tagpap og asfalt.

Aage Fejlberg, Kulturteknisk vandbygning, København 1944. Udgivet på Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskoles foranstaltning af Aage Fejlberg og C. L. Fejlberg (3. rev. udg. v. C. L. Fejlberg).

På siderne 140—146 er angivet beregningen af drænledningers vandføringsevne.

R. Fitzmaurice, Principles of modern building, volume 1, 420 sider. London 1939. Udgivet af Department of Scientific and Industrial Research.

På siderne 159—172 er spørgsmålet hule mure indgående behandlet. Engelsk byggeskik for hule mure afviger væsentligt fra dansk, idet fuld udmuring er bandlyst.

Øivin H. Grimsgaard, Bedre fasader. Oslo 1942, 82 sider. Udgivet af »Selskabet for Oslo Byes Vel«.

En fortræffelig lille bog, hvori der i tekst og fotografier gennemgås alle de fejl, der ofte gøres ved udførelsen af facader.

Rune Hanson, Papptak — klistrade dubbeltäckningar, Stockholm 1954, 24 sider. Udgivet af Statens Nämnd för Byggnadsforskning, broschyr nr. 7.

I denne brochure er gjort et forsøg på at sammenstille de væsentligste papptækningsproblemer med råd og anvisninger til deres løsning.

J. Holmgren og T. Isaksen, Flate, massive tak, Oslo 1957, BYGG nr. 3, side 45—51.

Heri omtales ventilering af varmeisolation i tage efter undersøgelser i forsøgshuse og huse i brug. Når De er igang, så læs også den efterfølgende lille artikel af arkitekt Dag Rognlien, Fugtighed i tak, side 52—54. Arkitekt Rognlien påviser, at kvalerne kan undgås og samme arkitektoniske udseende opnås som ved massive tage med helt andre konstruktioner.

Holmgren, Landmark og Vesterlid, Husbygning. Oslo 1946, i 4 bind.

Her skal navnlig henvises til afsnittet »Klima og byggeskik«, bind I, side 108, hvor der gøres udførlig rede for regnens virkning.

Niels R. Steensen, Fugtige og tørre kældre. Håndbog for bygningsindustrien nr. 13, København 1950, side 616—622.

En god artikel, der behandler fugtproblemerne både ved eksisterende og ny kældre.

Niels R. Steensen, Hvordan udføres en tør kælder? København 1950, 15 sider. Udgivet af Statens Byggeforskningsinstitut, studie nr. 5.

Referat af en teknisk samtale.

E. Suenson, Vanddamps diffusion i vægge og rørkapper. Ingeniørvidenskabelige skrifter nr. 2, København 1946, 55 sider.

Heri findes de fysiske grundligninger og tabeller for vanddamp og luft.

A. Watzinger, Om køleisolering. Stockholm 1949, Tidskrift för Värme- Ventilations-, Sanitet- och Kylteknik nr. 10, side 191—198.

Behandler særlig fugtighedsforholdene ved kølerumsvægge.

SBI anvisninger

er byggeforskningens resultater i praktisk form til brug ved projektering og byggeri. Fortegnelsen omfatter kun anvisninger, der endnu ikke er udsolgt.

- 5: *Bedre varmeisolering er billigere*. 1950. 47 p. A₄. Kr. 3,-.
- 6: *Fugt i nye huse*. Plakat til ophængning. 1949. 8. udg. 1957. A₄. Kr. 5,- pr. 100 expl.
- 8: *Brug og valg af betonblandere*, Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen. 1951. 66 p. A₅. Kr. 3,-.
- 10: *Kunstig belysning på byggepladser*, Jens Thorsen og Mogens Voltelen. 1951. 2. udg. 1953. 20 p. A₅. Kr. 2,-.
- 11: *Omsætningsmål for trædimensioner*. 1951. 1 p. A₄. (Udsolgt). Udsendt 1957 som DS 1002: Normaldimensioner på høvlet fyrretræ.
- 12: *Valg af dæk*, Fleming Nielsen. 1952. 48 p. A₅. Kr. 2,-.
- 13: *Byggeprisens bestanddele beregnet ved et 3-etagers boligbyggeri i provinsen i april 1951*. 1952. 4. udgave 1957. 28 p. A₅. Kr. 2,-.
- 14: *Forbedring af stalde, varmeisolering og ventilering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1952. 2. reviderede udgave 1955. 51 p. A₅. Kr. 2,-.
- 15: *Dækforme i boligbyggeri*. 1955. 62 p. A₅. Kr. 3,-.
- 16: *Mekaniseret håndværktøj på byggepladsen*, Fleming Nielsen. 1955. 48 p. A₅. Kr. 4,-.
- 17: *Betonstøbning om vinteren*, Poul Nerenst, Erik Rastrup og Gunnar M. Idorn. 1953. 108 p. A₅. Kr. 8,-.
- 20: *Undgå fugt*. Folder til ophængning. 1954. 3 p. A₆. 1 stk. : kr. 0,40. 100 stk. : kr. 25,-.
- 21: *Hvilket dæk ?* Folder til ophængning. 1954. 20 p. A₅. Kr. 2,50.
- 22: *Normalvinduer af træ*, Poul Kjergaard. 1955. 128 p. A₄. 10 stk. tillæg A₄. Pris incl. tillæg : kr. 30,-. Excl. tillæg : kr. 22,-. Tillæg pr. stk. kr. 1,50.
- 23: *Vinterbyggeri*. Folder til ophængning. 1953. 16 p. A₅. 1 stk. : kr. 1,-. 100 stk. : kr. 50,-.
- 24: *Udarbejdelse af instruks for varmemestre*, Poul Becher og Frederik Olsen. 1953. 16 p. A₅. 1 stk. : kr. 2,-. 50 stk. : kr. 50,-.
- 25: *Simpelt regnskabsystem for murerestre*, Fleming Nielsen. 1954. 2. udgave 1956. 24 p. A₅. Pris incl. prøvesæt af formularer i samlemappe kr. 5,-. Blokke med regnskabsblade til for- og efterkalkulation kan købes særskilt.
- 26: *Plan over byggepladsen*. 1956. 30 p. A₅. Kr. 4,-.
- 27: *Vejledning i betonkontrol*. 1956. 122 p. A₅. Kr. 12,-.
- 28: *Bygningsfundering*, ved Geoteknisk Institut. 1955. 82 p. A₅. Kr. 4,-.
- 29: *SBI betonberegner*, Poul Nerenst og Johannes Landbo. 1955. Plastic skyder med tilhørende vejledning. A₆ og A₅. Kr. 4,-.
- 30: *Bestagelister til normalvinduer af træ*, Klaus Blach og Johannes Brixen. 1956. 28 p. A₅. Kr. 4,-.
- 31: *Møbleringsplaner*, ved »Bygebogen«. 1956. 24 p. A₅, med indlagte fortegninger i mål 1 : 100, 4 ark A₅. Kr. 4,-.
Fortegninger i mål 1 : 50, 4 ark A₃, kan købes særskilt for kr. 4,- pr. sæt.
- 32: *Tårnkraner ved traditionelt boligbyggeri*, John Brøndum Hillers. 1956. 78 p. A₅. Kr. 4,-.
- 33: *Luftindblandet beton*, Erik V. Meyer. 1955. 32 p. A₅. Kr. 2,50.
- 34: *Byggeriets modul-ABC*, SBI's modulkomité ved Eduard Heiberg. 1957. 24 p. A₅. Kr. 4,-.
- 35: *Teglprodukter*. 1956. 105 p. A₅. Kr. 8,-.
- 36: *Rudestørrelser*. Folder til ophængning. 1956. 14 p. A₅. Kr. 4,-.
- 37: *Udvendig puds på letbeton*. Folder. 1957. 8 p. A₅. Gratis.
- 38: *Oversigtstidsplanen og skitsetidsplanen ved traditionelt etagebyggeri*. 1957. 16 p. A₅. Kr. 4,-.
Blokke med 20 stk. skemablade og datostokke, format A₃, kan købes særskilt for kr. 4,- pr. blok.

Alle instituttets publikationer kan købes gennem boghandlerne eller hos Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V. BY. 9288.

TEGN ABONNEMENT - ring BY 9288 og De får fremtidig alle SBI anvisninger ind ad døren - med 25 pct. rabat og opkrævning een gang om året.

13 GODE RÅD

1. Massive jernbøtontage skal være udluftede.
2. Alle tagrum skal altid ventileres effektivt.
3. Asfaltpapir skal ligge under isoleringen på bræddeløfter.
4. Dampstandsede lag skal ligge på væggens varme side.
5. Over fundamenter og vandrette fulde udmuringer i hule mure skal der fugtisoleres, så regnvand ledes ud igen.
6. Ståltrådsbindere i hule mure skal være forsynet med drypnæse.
7. Der skal lægges et fugtstandsede lag under alle afdækninger på fritstående murværk.
8. Regnafvisende skærme for ydervægge skal enten være fuldstændig tætte over for slagregn eller så utætte, at vindtrykket udlignes momentant over skærmen.
9. Ved dobbelte vinduer skal mellemrummet ventileres med yderluft.
10. I gulve direkte på jord med varmeslanger og damptæt gulvbelægning skal lægges en meget damptæt membran under betonpladen.
11. Kryberum skal ventileres godt hele året, når varmeisoleringen lægges over kryberummet.
12. I lokaler, hvor ventilationsluften befugtes, skal der holdes undertryk.
13. I alle lejligheder bør før indflytning opsættes SBI's anvisning nr. 6: Fugt i nye huse.