



Forblad

Redegørelse vedrørende stormskaden på Emdrup skoles tag

Helge Finsen, P.E Malmstrøm, Georg Strigel Nielsen, Christoffer Nielsen

Tidsskrifter

Arkitekten 1950, Ugehæfte

1950

REDEGØRELSE VEDRØRENDE STORMSKADEN PÅ EMDRUPSKOLENS TAG

I det følgende offentliggøres den efter anmodning fra Københavns Magistrat af et udvalg udarbejdede redegørelse for stormskaden på Emdrupskolens tag

699.83.004.64

I anledning af, at der den 24.10.49 skete en omfattende stormskade på Emdrup skole, har Københavns Magistrat ved skrivelse af 2.12.49 fra 1. afdeling anmodet et udvalg bestående af undertegnede – Helge Finsen, (Akademisk Arkitektforening), P.E. Malmstrøm (Dansk Ingeniørforening), Georg Strigel Nielsen (Københavns Tømrerlaug), Christoffer Nielsen (Dansk Tømrerforbund) – om at „undersøge forholdene og afgive en udtalelse angående årsagen til skaden, herunder om tagkonstruktionen har været forsvarlig med hensyn til konstruktion og udførelse, og om den eventuelt måtte have været i strid med de på tidspunktet for skolens opførelse gældende love, regulativer og bestemmelser“.

Udvalget begyndte sit arbejde 7.12.49. Det har haft samtaler med følgende:

- 7.12.49: Arkitekt Arne Goll, Stadsarkitektens direktorat,
Arkitekt M.A.A. C. N. Christiansen, Stadsarkitektens direktorat.
- 14.12.49: Ovennævnte, samt
arkitekt M.A.A. K. K. Søndergård, Stadsarkitektens direktorat,
tømrermester Aage Bartholdy
tømrermester Svend Bartholdy,
tømrerformand Anton Jensen,
skoleinspektør Stampe Rasmussen, Emdrup skole,
kommunelærer Helge Crusell.
- 20.12.49: Stadsbygmester Svend Møller,
stadsarkitekt F. C. Lund.

Forholdene på stedet besigtigedes 14.12.49. Udvalget har endvidere gjort sig bekendt med flg.:

Tegninger og beskrivelser.

Byggeansøgning og byggetilladelse.

Redegørelse fra stadsarkitekten, af 31.10.49.

Notater fra stadsbygmesterens direktorat, af 28.10.49.

Rapporter fra Københavns politi, 24.10.49 ff, m. bilag.

Udvalget – der ikke har haft lejlighed til at beskæftige sig med sagen, før skaden i det væsentlige var udbedret – har ikke i de indhentede oplysninger fundet nogen uoverensstemmelse vedr. konstruktionerne, skadens art og forløb eller andet.

1. Skolebygningen

Skolen ligger højt og frit, mod syd og vest er der i vid udstrækning åbent land. De to sidefløje, der omslutter legepladsen syd for klassefløjen, er i etage høje. Skolens projektering og opførelse skete 1941–42; klassefløjens tag blev rejst midt i oktober 1942.

Klassefløjen, hvor skaden skete, er en treetagers bygning, der har længderetning øst–vest. Ved et hoved-

skillerum er den delt på langs i to afsnit: Klasseværelserne mod syd, korridorerne mod nord. De to afsnit har hver sit tag, begge med fald (knap 1:12) udefter; det nordlige ligger lavere end det sydlige, adskillelsen mellem dem er det nævnte hovedskillerum, der i en højde af ca. 90 cm over bagkanten af korridorafsnittets tag fremtræder som ydermur. Det sydlige tag (klasseafsnittets) dækker over et bygningsparti, der er 74,57 m langt og 7,16 m dybt; det har på begge langsider ca. 30 cm udhæng. Ved dets nordøsthjørne står skolens høje og svære firesidede skorsten. Façadehøjden mod syd er ca. 12 m.

Tagets konstruktion var inden skaden således:

På øverste etageadskillelse (loftet over klasserne på 2. sal, jernbeton) stod tre stolpevægge: Een langs den sydlige ydermur, 55 cm høj incl. remme; een langs hovedskillerummet, 125 cm høj; een midt imellem. Stolpevæggenes fodremme, 4×5 " tømmer, var fastgjort til jernbetonpladen med $1\frac{1}{2}$ " indstøbte bolte, hvis indbyrdes afstand var ca. 3,3 m, (et enkelt sted 7,5 m). Stolper og topremme var 5×5 ". Stolpernes indbyrdes afstand var ca. 2,7 m, de var tappet i remmene, foroven med afboring med trænagle; forneden uden træksamlinger udover, at der enkelte steder har været anbragt stiksøm. Spærene, 3×6 ", var sadlede over topremmene og fastgjort med spiger i dem. Ved den nordlige stolpevæg var på hvert tredje spær anbragt skråbånd $5\frac{1}{4} \times 5$ ", boltet til spæret og sadlet over samt sømmet til fodremmen, (i tømrerbeskrivelsen forudsat sømmet til stolper; udvalget tillægger ikke denne afvigelse nogen betydning).

Omkring dette tagrum er ydermurene ført op i $1\frac{1}{2}$ stens tykkelse. Omtrent hvert tredje spær havde muranker et par skifter ned i hovedskillerummet; tilsvarende ankre fandtes enkelte steder i sydturen. I disse ydermure var der ventilationsriste.

Tagdækningen var 1" pløjede brædder tækket med tre lag tagpap.

2. Vejret den 24.10.49

Meteorologisk Institut har oplyst – overfor henh. stadsbygmesterens direktorat, politiet og et medlem af udvalget – følgende om vindforholdene:

Værlose kl. 13:

vindstyrke 6, retning SV (9,9–12,4 m/sek),

Værlose kl. 16:½

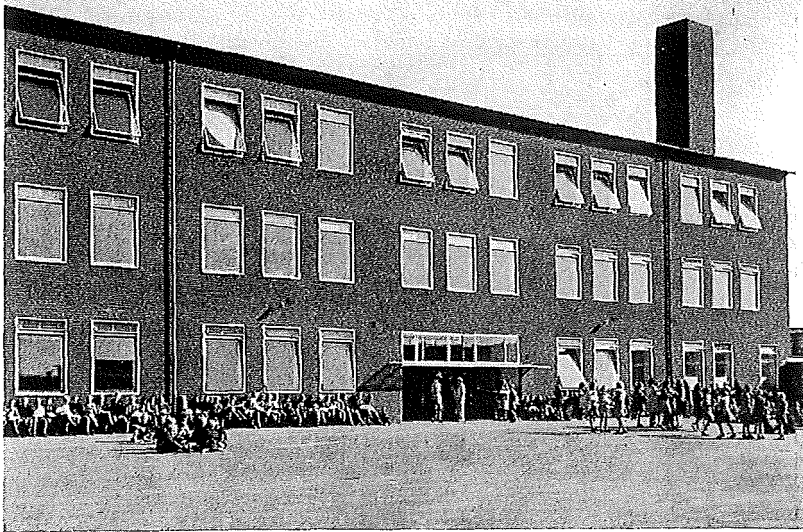
vindstyrke 7, retning V (12,4–15,3 m/sek.),

Kastrup Lufthavn kl. 13:

vindstyrke 8, retning SV m. stærke stød (15,3–18,2 m/sek.).

Trekroner kl. 14:

vindstyrke 10, retning VSV (21,6–25,1 m/sek.).



Nogen exakt konstatering af styrke og retning for selve den vindpåvirkning, der forårsagede skaden, foreligger naturligvis ikke. Fra instituttet udtaltes overfor udvalgsmedlemmet, at vindstyrke 10 må antages at forekomme flere gange årligt på ethvert sted i landet.

3. Beretninger og kendsgerninger vedr. skolen

En lærerinde ved skolen har til politiet skildret begivenheden således: „Skolebygningens tag blev løftet op i luften med det sydøstlige hjørne først, hvorefter taget foretog ligesom et par blafrende bevægelser og derefter igen faldt på plads, men i næste øjeblik blev taget slynget af over mod bygningens modsatte side“. To lærere har iagttaget sidste fase; den ene af dem har overfor udvalget udtalt, at også han bemærkede, at sydøsthjørnet hævdes først.

Skaden skete omtrent kl. 12,50.

Omtrent $\frac{2}{3}$ af taget, regnet østfra – ca. 350 m² – blæste af. Noget af det afblæste havnede på aulaens tag, der blev beskadiget; resten faldt ned nord for skolebygningen. Der skete ingen personskade. Med den afblæste tagflade fulgte størstedelen af tagkonstruktionen: Spær, topremme og stolper. Stolpernes fodtappe blev trukket ud af taphullerne i fodremmene, disse forblev på plads.

4. Den skadevoldende påvirkning

Begivenhedens forløb har formentlig været således: Vinden har blæst mod klassefløjens sydfaçade under en vinkel (i vandret plan) på omkring 45° og er her blevet drevet tilvejs. Noget tilsvarende er foregået ved skorstenen. De opadgående luftstrømme har bevirket et undertryk (en sugning) over tagfladen, stærkest over tagets østlige del, svagere mod vest (nærmest vindhjørnet).

Egenvægten af de afblæste dele var 35–40 kg/m² tagflade. Et undertryk, tilstrækkeligt til at denne vægt løftes, svarer til en lokal vindhastighed på ca. 30 m/sek.,

der meget vel er tænkelig med de oplyste gennemsnitsvindstyrker. Undertrykket har over vestenden været mindre end nævnte vægt, over østenden større. Østenden løftedes da også først; den tilstødende del fulgte straks efter, idet der for dennes vedkommende, da taget havde åbnet sig, som følge af hvirveldannelsen opstod samtidigt undertryk på oversiden og overtryk på undersiden. Egenvægten alene har altså ikke været tilstrækkelig til, at trækforbindelser i tagkonstruktionen og mellem denne og betonetageadskillelsen kunne undværes.

5. Svagheden i konstruktionen

Det svageste led i forhold til opadvirkende kræfter var forbindelsen mellem stolper og fodremme, der var udført ved almindelig tapning uden træksamling. Opmærksomheden må i denne forbindelse henledes på Meteorologisk Instituts udtalelse om hyppigheden af vind som den skadevoldende; det kan herudfra antages, at taget gentagne gange har været udsat for en påvirkning som den, der ødelagde det, og konstruktionen kan derved – uden at det har kunnet iagttages – være blevet rystet løs i samlingerne og svækket; her må også mindes om det uundgåelige svind i træ, som har betydning ved tapsamlinger o. l. Udvalget understreger, at det ikke med sikkerhed kan siges, om andre samlinger i konstruktionen (f. ex. mellem topremme og stolper) i givet fald – hvis samlingen ved fodremmen havde været stærkere – havde været stærke nok. Beregningsmæssigt udviser de med den antagne vindstyrke ikke fornøden sikkerhed, og ved sydøsthjørnet blev et par stolper, som ved stiksøm var fastgjort til fodremmen, stående, mens deres forbindelse med topremmen blev revet itu.

6. Bemærkninger vedrørende tagets istandsættelse

Taget var, da udvalget besøgte skolen, genrejst i samme form, men med forstærkede samlinger (jern-

beslag o. l.), idet dog fodremmenes fastboltning til jernbetonen var uændret. Udvalget har ikke haft til opgave at beskæftige sig med disse forhold og har derfor ikke foretaget nogen undersøgelse af den beregningsmæssige sikkerhed.

7. Flade tage

Tidligere har man som bekendt i bymæssigt byggeri hertillands hovedsagelig brugt ret stejle tage, tækket med tungt materiale (tegl o. a.). Tagtækningens sammenhæng og vedhængen ved konstruktionsdelene beror her fortrinsvis på dens vægt. Sker der vindskade, består denne gerne i at der går hul på taget – et antal tagsten blæser ned, en sikkerhedsventil har åbnet sig, tagkonstruktionen (spær etc.) bliver stående.

Siden o. 1930 har man imidlertid – under indflydelse af den nye arkitekturopfattelse og fordi mange praktiske fordele (vægtbesparelse o. a.) opnåedes derved – langt hyppigere og i meget større formater end hidtil brugt flade tage. Tegl o. a. tagmaterialer er uanvendelige hertil, tagpap (i de kvaliteter man nu har) derimod velegnet.

En paptagflade som den nedblæste er stærkt sammenhængende, ikke mindst i kraft af bræddelagets fastsømning til spærene; sammen med dem fungerer den overfor vindpåvirkning som en enhed, den kan ikke som teglstensfladen splittes. Dens vægt er imidlertid kun godt en trediedel af tegltagets, og bidrager følgelig ikke i samme grad til at holde den på plads. Hele tagkonstruktionens sammenhæng og fastgørelse får således en stærkt ændret betydning, men erkendelsen heraf er sikkert ikke trængt igennem med samme fart som den nye byggemåde.

Udvalget er af den formening – men understreger at detaljeret viden om dette spørgsmål kun ville kunne fås ved gennemgang af byggesagerne fra det pågældende tidsrum – at man i almindelighed i en årrække har kombineret de nye tagformer med gammelkendte konstruktionsformer og udførelsesmåder.

8. Projekteringsgrundlag

Det nedblæste tag har ikke været og blev af myndighederne ikke krævet gjort til genstand for beregning. Konstruktionsberegning har indenfor husbygning hidtil fortrinsvis været anvendt hvor det drejede sig om tilfælde der frembød særlige problemer i henseende til bæreevne, eller f. ex. om konstruktive nydannelser såsom jernbeton. Ellers har man projekteret i henhold til erfaringsregler, indeholdt i byggelove, tabeller o. l. eller overleveret håndværksmæssigt. Sådanne erfaringsregler ændres ifølge sagens natur kun gennem forekomst af nye erfaringer, fortrinsvis af praktisk art og i særdeleshed skader.

Såvidt det er udvalget bekendt er der, forud for den her omhandlede vindskade, kun forekommet eet nogenlunde analogt tilfælde: Et par år efter Emdrupskolens opførelse, vistnok i 1944, blæste en flad paptækket tagflade (incl. spær), som var svagt fastboltet til en jernbetonkonstruktion, samlet af

9. Undersøgelsen af vindpåvirkninger og det deraf udledede beregningsgrundlag

De første forsøg vedrørende vindpåvirkning af bygninger blev udført af dr. techn. J. Irminger i 1893 (*Ingeniøren* 1894, side 101 og 107). Irminger påviste i 90'erne første gang experimentelt forekomsten af sugning. Senere har flere forskere, navnlig i udlandet, arbejdet med problemet. De fleste af de talrige udførte forsøg har enten haft rent fysiske eller flyvetekniske formål (en flyvemaskine bæres oppe af den sugning, der ved planernes passage gennem luften opstår over disse).

Kendskabet til vindtryksfordelingen over bygninger var imidlertid fremdeles meget ufuldstændigt, hvorfor Irminger og professor dr. Nøkkentved i slutningen af 1920'erne udførte en række modelforsøg desangående. Undersøgelsen omfattede også en sammenligning med praksis. Deres resultater er meddelt i en foreløbig rapport, der blev offentliggjort i „Bygningsstatistiske Meddelelser“ november 1929; senere udsendtes en endelig rapport. Sugning blev ved disse undersøgelser påvist over tage og på bygningers læside. Også indflydelsen af vindens svingninger samt af resonans mellem disse og bygningens egensvingninger er her løseligt omtalt.

Ved disse undersøgelser blev imidlertid kun trykfordelingen (d. v. s. optræden af tryk og sugning over en bygning e. l.) fastlagt, medens man stadig diskuterede hvor store kræfter man skulle regne med.

Det officielle beregningsgrundlag, Ingeniørforeningens normer, i den på Emdrupskolens opførelsestid gældende udformning („Normer for Beregning af Husbygningkonstruktioner“, revideret udgave 1930, senest udkommet i 7. oplag 1945) beskæftiger sig i det væsentlige med vindpåvirkninger i form af tryk (§ 6, s. 11–12), medens begrebet sugning (undertryk) kun optræder i forbindelse med „ydervægge i læsiden“ samt i følgende fodnote til afsnittet om vindtryk på tagværker: „For at sikre tagbeklædningen anbefales det ved tætte tage at træffe passende foranstaltninger mod afrivning på grund af sugning“.

Efter oprettelsen af vindlaboratoriet på laboratoriet for bygningsstatik ved Danmarks tekniske Højskole gennemførte Nøkkentved i 1930'erne en forsøgsrække for at klarlægge størrelsen af de påvirkninger, der burde lægges til grund for beregninger.

Resultaterne heraf indførtes i de nugældende normer („Normer for Bygningskonstruktioner. 1. Belastningsforskrifter“, godkendt af Dansk Ingeniørforenings hovedbestyrelse sept. 1944 og udgivet som DS 410 1945), der i sit afsnit om vindpåvirkninger (§ 7, s. 13 ff) behandler såvel tryk som sugning langt mere indgående. Før disse normers offentliggørelse kan den ved undersøgelserne vundne viden næppe anses for at være blevet gjort almentilgængelig.

Konklusion

Det skete understreger meget stærkt betydningen af, at gyldighedsområdet for erfaringsregler o. l. som

grundlag for projektering gøres til genstand for rationel prøvelse, når der sker ændringer i konstruktionsmetoder eller forekommer væsentlig nye bygningsformer – også sådanne der, som den her omhandlede, tilsyneladende er af ganske enkel karakter.

I henhold til det iøvrigt foran fremstillede besvarer udvalget spørgsmålene i magistratens skrivelse af 2.12.49 således:

1. *Årsagen til skaden.*

Tagkonstruktionen har ikke haft den fornødne modstandskraft overfor de vindpåvirkninger i opadgående retning, som den udsattes for.

2 a. *Om tagkonstruktionen har været forsvarlig med hensyn til konstruktion.*

Tagkonstruktionen skønnes projekteret i overensstemmelse med skik og brug samt almindelige erfaringsforudsætninger på opførelsetidspunktet – hvor de projekterende ikke havde den erfaringsmæssige viden som man har nu, og hvor den teoretiske viden om de pågældende problemer ikke var gjort almentilgængelig.

2 b. *Om tagkonstruktionen har været forsvarlig med hensyn til udførelse.*

Udførelsen har været i overensstemmelse med tegninger og beskrivelse.

3. *Om tagkonstruktionen har været i strid med de på tidspunktet for skolens opførelse gældende love, regulativer og bestemmelser.*

Tagkonstruktionen har ikke været i strid med de udvalget bekendte, på nævnte tidspunkt gældende love etc.

København, marts 1950.

Helge Finsen,

arkitekt M.A.A.,

hypotekforeningsdirektør

Georg Strigel Nielsen,

tømremester, oldermand

P. E. Malmstrøm,

civilingeniør, m.Ing.F.

Christoffer Nielsen,

tømrer, næstformand