

v **REGRETE DALAKER**

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1964

TETTELISTER

Av Margrete Dalaker

OSLO 1964

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT

Innhold

	Side
INNLEDNING	5
KLIMAPÅKJENNINGER	5
FORSØKENES OMFANG	8
DEFINISJONER	14
ORIENTERENDE LABORATORIEFORSØK	15
<i>Måling av lufttetthet hos tettelisten avhengig av fugeklaringen</i>	15
Apparatur og prøvingsmetodikk	15
Prøveplatene	15
Forsøksprogram og tetthetskrav	17
Resultatene	19
Konklusjon	25
<i>Måling av tettelistenes stivhet dvs. måling av tettelistenes motstand mot sammentrykking</i>	25
Apparatur og prøvingsmetodikk	25
Belastingskrefter og forsøksprogram	26
Resultatene	26
<i>Orienterende aldringsforsøk med kontroll av listenes lufttetthet</i>	27
Apparatur og prøvingsmetodikk	27
Klimapåkjenninger og forsøksprogram	28
Resultatene	31
Konklusjon	35
<i>Belastingsforsøk med nye tettelisten for å finne eventuell varig deformasjon</i>	35
Apparatur, prøvestykker og prøvingsmetodikk	35
Forsøksprogram og resultater	36
<i>Undersøkelse av tettelistenes frostbestandighet</i>	38
Apparatur, prøvestykker og prøvingsmetodikk	38
Forsøksprogram og resultater	38
<i>Undersøkelse av tettelistenes slitastmotstand</i>	39
Apparatur, prøvestykker og prøvingsmetodikk	39
Forsøksprogram og resultater	40
PRAKTISKE FORSØK MED TETTELISTEN MONTERT I VINDUER	41
Prøvevinduer og forsøksprogram	41
Klimapåkjenninger	43
<i>Aldringsforsøk med stadige lufttetthetsmålinger</i>	43
Apparatur og forsøksmetodikk	43
Prøvevinduer og tettelisten	44
Forsøksprogram og krav	44
Resultatene	44
<i>Slagregnforsøk med de samme vinduene som under aldringsforsøkene</i>	48
Apparatur og forsøksmetodikk	48
Prøvevinduer	48
Forsøksprogram og krav	48
Resultatene	48
SAMMENDRAG	49
SUMMARY	50
LITTERATURLISTEN	54

Innledning

Høsten 1959 satte Norges byggforskningsinstitutt i gang en større undersøkelse av tettelister. Undersøkelsen omfattet de fleste tettelisttypene som fantes på markedet. Hensikten med forsøkene var å finne eventuell kvalitetsforskjell på de ulike typene, og om mulig fastslå hvilke krav listene stiller til vinduskonstruksjonene.

Forskjellen i lufttetthet for vinduer med og uten tettelister er tidligere undersøkt av Norges byggforskningsinstitutt [1]. Foruten å konstatere at lufttettheten var vesentlig større for vinduer med tettelister enn uten, viste forsøkene at spredningen i resultatene var minst for vinduer med tettelister. Under disse tidlige forsøkene ble det bare brukt én type tetteliste, nemlig en flettet ullsnor.

Såvidt vites, er det tidligere ikke foretatt noen undersøkelse av ulike typer tettelister i Norge. Det finnes heller ikke mange utenlandske arbeider på dette feltet. I tidsskriftet Byggmästaren [2] er det redegjort for en svensk undersøkelse som omfatter 10 ulike tettelister. Ved en engelsk undersøkelse [3] ble det påvist at effektiviteten av tettelistene er sterkt avhengig av nøyaktig montering. Denne undersøkelsen omfatter lister av fosfor-bronse og filt. Ut over dette finnes det en rekke utenlandske arbeider om luftgjennomgang i vindusfuger uten tettelister. Norges byggforskningsinstitutt har redegjort for disse i en artikkel i tidsskriftet Bygg [4]. Felles for de fleste av disse arbeidene er at vindpåkjenningene, trykkdifferansene over vinduene, er betydelig mindre enn dem en må regne med i vårt klima.

Klimapåkjenninger

Klimaet i Norge varierer innen vide grenser — fra typisk kystklima med mye storm og regn til tørt og stabilt innlandsklima med lite vind. Vind og regn stiller særlig harde krav til alle fuger i en konstruksjon. Norges byggforskningsinstitutt har derfor funnet det riktig å legge kystklimaet til grunn for prøvingen av vinduskonstruksjoner. Som det vil fremgå av de tidligere utgitte publikasjoner om vinduer [5] og yttervegger [6], prøves konstruksjonenes lufttetthet med vekslende statisk overtrykk, 10-30-50-70-60-40-20 mm VS. Den øvre grensen er normalt et overtrykk på 70 mm VS. Dette tilsvarer det midlere oppstuingstrykket mot vertikale flater normalt på vindretningen ved vind av storm/orkan styrke, mens momentanverdiene i virkeligheten varierer meget sterkt, se fig. 1. I våre kyststrøk har vi ofte vind sam-

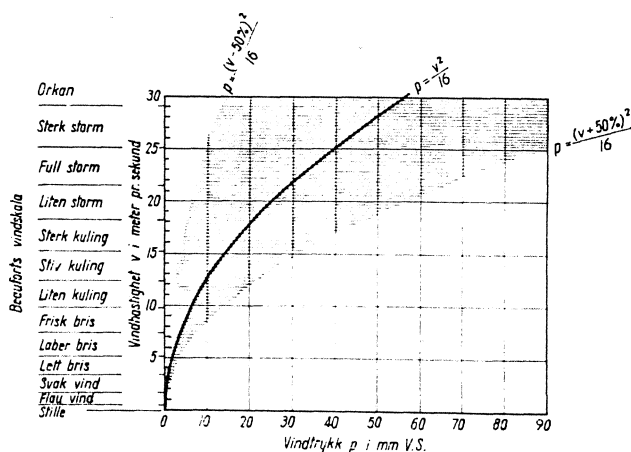


Fig. 1. Sammenheng mellom vindhastighet og vindtrykk mot en flate loddrett på vindens retning. (Beaufort-skalaen refererer seg til vindhastigheter målt 6 m over bakken)

tidig med nedbør som da piskes og presses inn i fuger og åpninger. Denne påkjenning simulerer vi i vår slagregnapparat hvor vi normalt opererer med en slagregnmengde på 8-10 l/h pr. m² veggflate og et varierende statistisk overtrykk på opp til 70 mm VS.

En meget stor del av bebyggelsen i landet ligger på steder som har et mildt klima regnet i forhold til våre standard prøvingsbetingelser. På bebodde steder selv i værharde strøk er det bare et begrenset antall dager med så hardt uvær som det vårt hardeste normale prøvingsklima representerer [5]. Og selv i meget værharde strøk vil le-veggene bli moderat påkjent. Påkjenningene kan også variere så mye fra hus til hus i samme strøk p. g. a. deres innbyrdes beliggenhet, terrengforholdene, byggehøyden o.l. at det er umulig å foreta noen soneinndeling.

Forholdene på stedet og også våre prøvingsresultater må derfor vurderes i hvert enkelt tilfelle. For en undersøkelse hvor det gjelder å sammenlikne ulike produkter, innvirker de harde prøvingsbetingelsene imidlertid neppe vesentlig på denne innbyrdes rekkefølge.

I tillegg til disse laboratorieundersøkelsene ble en del av tettelistforsøkene utført som aldringsprøver i fri luft. Ved disse forsøkene ble listene utsatt for det klimaet vi til enhver tid hadde i Trondheim. Dette klimaet fremgår av figurene 2 og 3 samt av tabell 1, som er utarbeidet på grunnlag av observasjoner fra Trondheim (Voll) meteorologiske stasjon. Værstasjonen ligger ca. 70 m høyere enn og i en avstand av ca. 2,1 km fra Norges byggforskningsinstituttets laboratorium. Kurvene i fig. 2 viser middeltemperaturen og midlere maks- og mini-

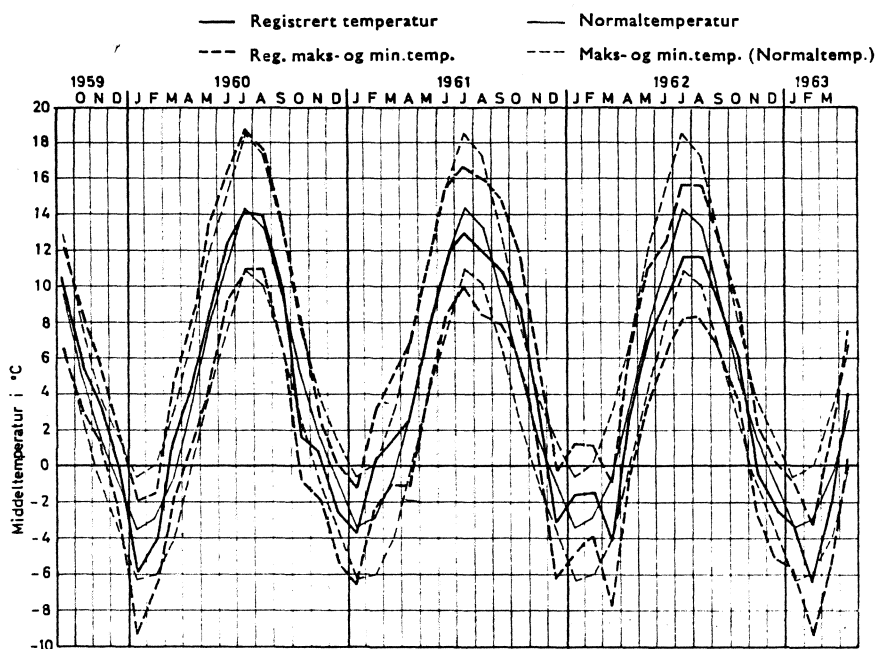


Fig. 2. Variasjon i middeltemperaturen for hele forsøksperioden sammenliknet med normaltemperaturene. (Observasjoner fra Trondheim (Voll) meteorologiske stasjon).

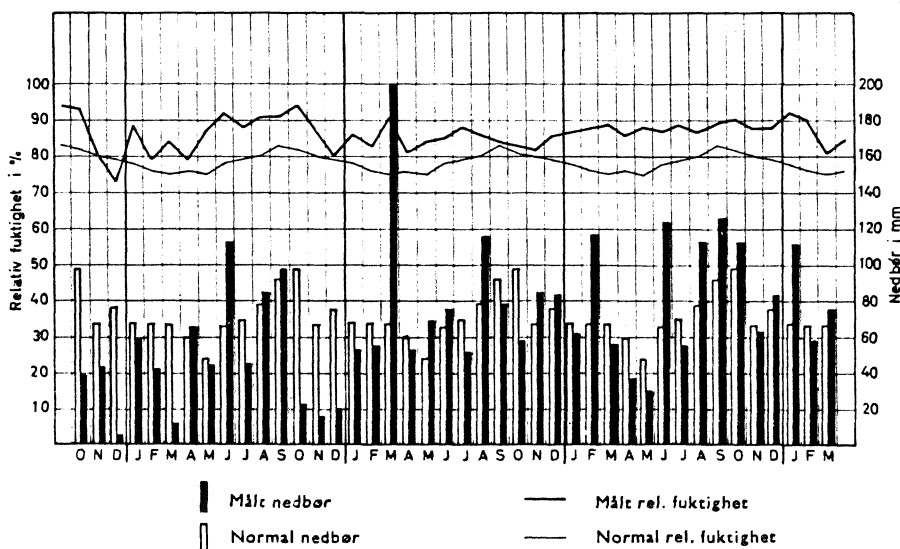


Fig. 3. Relativ luftfuktighet og nedbør i forsøksperioden sammenliknet med de tilsvarende normalverdiene. (Observasjoner fra Trondheim (Voll) meteorologiske stasjon).

Tabell 1. Klimatabell for forsøksperioden samt tabell over normalverdiene for de tilsvarende meteorologiske observasjonene. Verdiene gjelder Trondheim (Voll) met. stasjon.

		Midlere lufttemperatur °C	Midlere maks.temp. °C	Midlere min.temp. °C	Absolutt maks.temp. °C	Absolutt min.temp. °C	Relativ luftfuktighet %	Nedbør mm
Normalverdiene	januar	-3,4	-0,6	-6,3			78	68
	februar	-2,9	0,0	-6,0			76	67
	mars	-0,7	2,8	-4,1			75	67
	april	3,2	6,9	0,0			76	60
	mai	7,9	11,8	4,2			75	48
	juni	11,3	15,4	7,8			78	66
	juli	14,4	18,5	11,0			79	70
	august	13,3	17,3	10,1			80	78
	september	9,5	13,0	6,6			83	92
	oktober	5,1	7,8	2,6			82	98
november	1,5	3,9	-1,0			80	67	
desember	-1,0	1,4	-3,6			79	76	
år								857
1959	oktober	5,7	8,6	3,0	14,4	-1,6	93	38
	november	3,4	5,5	1,3	9,0	-6,1	80	43
	desember	-0,2	2,0	-2,4	6,9	-11,2	73	5
	år							682
1960	januar	-5,9	-1,9	-9,4	9,4	-23,4	89	59
	februar	-4,1	-1,5	-6,8	7,0	-14,9	79	42
	mars	1,3	4,7	-2,0	8,4	-6,2	84	12
	april	4,3	7,9	1,0	14,2	-3,4	79	65
	mai	8,7	13,4	4,8	22,5	-1,1	87	44
	juni	12,4	16,5	9,1	25,7	3,8	92	113
	juli	14,2	18,7	10,8	26,0	6,0	88	45
	august	13,9	17,6	10,9	27,0	6,0	91	85
	september	10,0	13,7	6,8	20,8	-1,8	91	97
	oktober	1,7	4,5	-0,8	12,3	-6,8	94	22
november	0,6	2,6	-1,9	7,7	-8,0	87	16	
desember	-2,6	0,1	-5,5	8,3	-15,6	80	20	
år							620	
1961	januar	-3,9	-1,2	-6,6	5,8	-15,5	86	53
	februar	0,4	2,9	-2,2	8,8	-12,2	83	55
	mars	1,6	5,1	-0,9	11,5	-10,2	91	200
	april	2,6	7,0	-1,1	17,3	-11,0	81	53
	mai	7,7	11,4	4,4	24,3	-0,1	84	69
	juni	11,6	15,6	8,6	26,7	4,8	85	76
	juli	13,0	16,6	10,0	24,0	6,6	88	51
	august	12,0	15,9	8,3	26,2	4,4	86	116
	september	10,9	14,8	7,9	20,2	4,8	84	78
	oktober	8,9	11,8	6,0	17,7	-1,5	83	58
november	3,5	5,8	1,1	10,7	-5,0	82	85	
desember	-3,1	-0,3	-6,1	6,6	-16,8	86	83	
år							977	
1962	januar	-1,5	1,3	-4,7	6,2	-17,1	87	62
	februar	-1,4	1,2	-3,9	6,5	-9,2	88	117
	mars	-4,1	-0,9	-7,7	4,5	-18,5	89	56
	april	2,7	6,4	-0,4	12,5	-9,9	86	37
	mai	6,9	10,9	3,4	15,7	-1,1	88	30
	juni	9,0	12,5	6,2	21,1	0,1	87	124
	juli	11,7	15,7	8,2	21,8	4,5	88	55
	august	11,7	15,6	8,3	21,6	4,0	87	113
	september	8,9	12,1	6,5	16,8	0,4	88	126
	oktober	6,1	8,8	3,7	17,2	-1,6	90	113
november	-0,4	2,1	-2,8	9,3	-13,6	88	63	
desember	-2,4	0,3	-5,1	9,6	-18,8	88	83	
år							979	
1963	januar	-3,2	-0,9	-5,6	4,8	-19,5	92	112
	februar	-6,5	-3,2	-9,5	2,7	-19,9	90	58
	mars	-1,9	1,6	-5,6	6,1	-16,0	81	76

mumstemperaturer for hver måned i tiden oktober 1959 — mars 1963. For sammenlikningens skyld er også de tilsvarende normaltemperaturer inntegnet. Videre viser fig. 3 målt nedbør og midlere rel. luftfuktighet for hver måned i forsøksperioden. Også for disse data er de til-

svarende normalverdier angitt. Som supplement til fig. 2 og 3 er de samme data angitt i tall i tabell 1. Her finnes dessuten en oppgave over de absolutte maksimums- og minimumstemperaturer som er målt for hver måned i forsøksperioden.

Forsøkene omfang

Forsøkene omfatter måling av luftgjennomgang i nye og aldrete tettelister i fuger med ulike fugeklaringer (avstand mellom fugeflatene), måling av nødvendig kraft for å trykke tettelistene sammen, frostforsøk, deformasjonsforsøk, slitasjeforsøk og aldringsforsøk med tettelisten montert i vinduer. Forsøkene faller i to hoveddeler.

- I. Orienterende laboratorieforsøk.
- II. Praktiske forsøk med lister montert i vinduer.

Hoveddel I, de orienterende laboratorieforsøkene, er inndelt i følgende 6 forsøksserier:

- A. Måling av lufttetthet hos tettelisten avhengig av fugeklaringen.
- B. Måling av tettelistenes stivhet, dvs. måling av tettelistenes motstand mot sammentrykking.
- C. Orienterende aldringsforsøk med stadig kontroll av listenes lufttetthet.
- D. Belastningsforsøk med nye tettelisten for å finne evt. varig deformasjon.
- E. Frostforsøk.
- F. Slitasjeforsøk.

Hoveddel II, de praktiske forsøkene med lister montert i vinduer, er inndelt i to forsøks-serier:

- A. Aldringsforsøk med stadige lufttetthetsmålinger for tettelisten montert i vinduer.
- B. Slagregnsforsøk med de samme prøvevinduer som undersøkt under II A.

Vi har i alt undersøkt 50 ulike lister fordelt på følgende fabrikata:

Compriband, Correcta, Easy to fit, Elite, Eska, Gorvak, Gre-jo, Grorud, Jutland, Nopi, Oslo Baand & Lidsefabrik, PCI, Perfekt, Perfekt Extra, Perspektiv, Refsum, Rubazote, Saab, Sande, Slottslist, Special, Suco, Teddylist, Tettex, Tetu, Thermic og Titan. Dessuten har vi undersøkt to belgiske og en kanadisk listetype uten at vi kjenner navnene på dem.

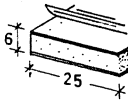
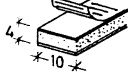
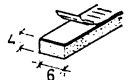
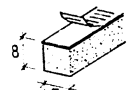
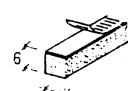
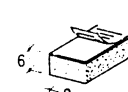
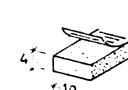
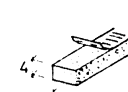
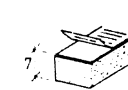
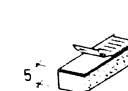
For oversiktens skyld ble listene inndelt i følgende 8 grupper:

1. Skumplastlister med åpen cellestruktur. Listene var laget på polyuretanbasis eller liknende forbindelser. De fleste listene var selvklebende.
2. Impregnerte skumplastlister. Listene var laget på polyuretanbasis og impregnert med asfalt. Denne listetype var beregnet på fuger mellom elementer. De ble likevel tatt med i denne undersøkelsen, da kravene stort sett var de samme.
3. Skumgummilister på butadienbasis e.l. Noen av listene var selvklebende.
4. Kunststofflister med lukket cellestruktur. Listene var laget på basis av f. eks. neopren, kloropren, PVC e.l. Ingen av de undersøkte listene var selvklebende.
5. Rørformete lister med tette «vegger». Disse listene var laget på basis av butadien, neopren og PVC. Ingen var selvklebende.
6. Tettelisten av ull eller bomull. En av de undersøkte listene var vevd; de øvrige var flettete snorer. I en del av de flettete listene var det innlagt tråder. Den vevde listen var selvklebende, de øvrige måtte limes.
7. Slepelister med en sleper. De undersøkte listene var laget av henholdsvis PVC, neopren og bronse. Listene monteres vanligvis i spor eller stiftes til fals.
8. Slepelister med to slepere. De undersøkte listene var laget på butadienbasis og var beregnet på montering i spor.

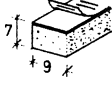
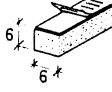
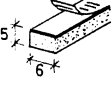
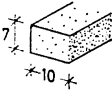
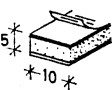
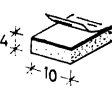

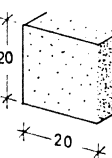
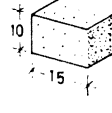
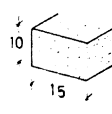
I tabell 2 er listene innen hver av de åtte gruppene nærmere beskrevet uten at vi har gjort rede for navnene på de ulike listtypene. Hensikten var å hindre muligheten for eventuelle feiltolkninger av resultatene for de listene som bare har gjennomgått en eller et fåtall av forsøksseriene. Fordelingen innen de ulike gruppene samt alle nødvendige data vedr. listene fremgår av tabellen. I tabellen er det angitt hvilket råstoff de ulike listene er laget av. Disse

Tabell 2. Fortegnelse over undersøkte tettelister.

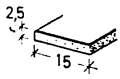
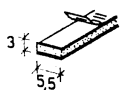
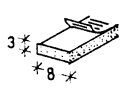

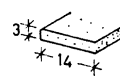
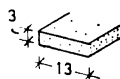
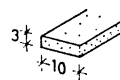
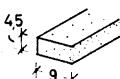
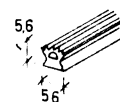
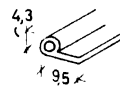
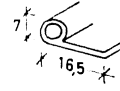
De ulike forsøk nr. betyr at vedkommende list er undersøkt for:
 IA lufttetthet avhengig av fugeklaringen (laboratorieforsøk)
 IB motstand mot sammenklemming, dvs. stivhet (laboratorieforsøk)
 IC aldringsegenskaper (laboratorieforsøk)
 ID deformasjon som følge av sammenklemming (laboratorieforsøk)
 IE bestandighet mot frost (laboratorieforsøk)
 IF bestandighet mot slitasje (laboratorieforsøk)
 IIA lufttetthet og aldring i vinduer (praktiske forsøk)
 IIB slagregntetthet i vinduer (praktiske forsøk)

List nr.	Type	Prøveplate nr.	Forsøk nr.
1	Skumplastlister av polyuretan.		
1.01	 Selvklebende list med fiber limbånd og lerret dekkbånd	65 og 66	IA, IB, IC
1.02	 Som 1.01	67 og 68	IA, IB, IC
1.03	 Selvklebende list med lerret og limbånd og uten dekkbånd	22A og 26A	IA, IB, IC
1.04	 Som 1.03	3 og 4	IA, IB, IC, ID, IE
1.05	 Som 1.03	1 og 2	IA, IB, IC
1.06	 Som 1.03	02A og 04A	IA, IB, IC
1.07	 Selvklebende list uten limbånd og dekkbånd	11A, 50 og 51	IA, IB, IC
1.08	 Som 1.07	54, 55 og 10A	IA, IB, IC
1.09	 Selvklebende list med fiber limbånd og uten dekkbånd	7, 8 og 8A	IA, IB, IC, ID
1.10	 Som 1.09	5, 5A, 6 og 6A	IA, IB, IC, ID

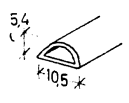
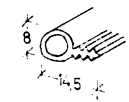


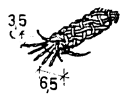



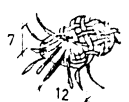

Tabell 2 (fortsett).

List nr.		Type	Prøveplate nr.	Forsøk nr.
1.11		Selvklebende list med fiber limbånd og uten dekkbånd	01, 03, 15 og 16	IA, IB, IC, ID, IE, IIA, IIB
1.12		Som 1.11	13 og 14	IA, IB, IC, ID, IIA, IIB
1.13		Selvklebende list med plast limbånd og uten dekkbånd	9, 9A og 10	IA, IB, IC
1.14		Ikke selvklebende, uten limbånd og dekkbånd	23 og 24	IA, IB, IC, ID
1.15		Selvklebende list med fiber limbånd og filt-belegg	19 og 20	IA, IB, IC, ID, IIA, IIB
1.16		Som 1.09	11 og 12	IA, IB, IC, ID
1.17		Som 1.09	21 og 22	IA, IB, IC, ID
2	Asfaltimpregnerte skumplastlister av polyuretan.			
2.01		List for fuger mellom elementer Ikke dekkbånd eller limbånd	59	IA, IC
2.02		Som 2.01	56 og 57	IA, IC
2.03		Samme list som 2.02, men den er rensset for asfalt	58	IA, IC

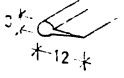
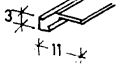
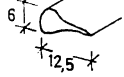
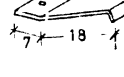
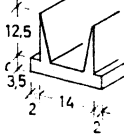
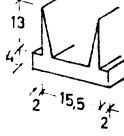
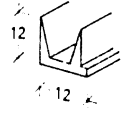
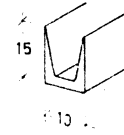
Tabell 2 (fortsatt).

List nr.	Type	Prøveplate nr.	Forsøk nr.
3	Skumgummilister.		
3.01	 <p>List på butadienbasis med lerret dekkbånd, ikke selvklebende</p>	02 og 04	IA, IB, IC, ID
3.02	 <p>Selvklebende list på butadienbasis med dekkbånd og limbånd av lerret</p>	25 og 26	IA, IB, IC, ID
3.03	 <p>Som 3.02</p>	27 og 28	IA, IB, IC, ID
3.04	 <p>Selvklebende list på butadienbasis med fiber limbånd og uten dekkbånd</p>	29 og 30	IA, IB, IC, ID
4	Kunststofflister på basis av ekspandert neopren, kloropren eller PVC.		
4.01	 <p>List av PVC med meget fine porer</p>	17 og 18	IA, IB, IC, IIA, IIB
4.02	 <p>List av PVC med større porer</p>	11B	IA, IB, IC, ID, IIA, IIB
4.03	 <p>Neoprenlist, finporet</p>	20A og 44A	IA, IB, IC, IIA, IIB
4.04	 <p>Neoprenlist med større porer</p>	10C, 41B og 60A	IA, IB, IC, ID, IIA, IIB
5	Rørformete lister av kunstgummi og plast.		
5.01	 <p>List av PVC</p>	46 og 47	IA, IB, IC, ID
5.02	 <p>List på butadienbasis</p>	48 og 49	IA, IB, IC, IIA, IIB
5.03	 <p>Som 5.02</p>	12A og 45	IA, IB, IC, IIA, IIB

Tabell 2. (fortsatt).

List nr.		Type	Prøveplate nr.	Forsøk nr.
5.04		Neopren	69, 70 og 71	IA, IB, IC, ID
5.05		List av PVC	21A og 40A	IA, IB, IC, IIA, IIB
6	Tekstillister.			
6.01		Flettet ull-list, to tråder i strømpe med 26 tråder innlegg	39 og 41	IA, IB, IC
6.02		Flettet bomullstrømpe, tre tråder i strømpe, ingen tråder innlagt	33 og 34	IA, IB, IC
6.03		Flettet bomullstrømpe, to tråder i strømpe, ingen tråder innlagt	35, 36, 43A og 37A	IA, IB, IC, ID, IIA, IIB
6.04		Flettet bomullstrømpe, to tråder i strømpe, fire tråder innlagt	37 og 38	IA, IB, IC, IIA, IIB
6.05		Flettet bomullstrømpe, to tråder i strømpe, seks tråder innlagt	43 og 44	IA, IB, IC
6.06		Flettet bomullstrømpe, to tråder i strømpe, ti tråder innlagt	31 og 32	IA, IB, IC
6.07		Flettet bomullstrømpe, to tråder i strømpe, 16 tråder innlagt	40 og 42	IA, IB, IC
6.08		Selvklebende vevd ull-list, fiber limbånd	62 og 31A	IA, IB, IC

Tabell 2 (fortsatt).

List nr.	Type	Prøveplate nr.	Forsøk nr.
7	Enkle slepelister.		
7.01	 <p>List av PVC</p>	63	IA, IB, IC
7.02	 <p>List av PVC</p>	60	IA, IC, IIA, IIB
7.03	 <p>List av neopren</p>		IIA, IIB
7.04	 <p>Fosforbronse 0,18 mm tykk</p>		IA
8	Doble slepelister.		
8.01	 <p>Gummi på butadienbasis</p>	62A	IA, IC, IF, IIA, IIB
8.02	 <p>Som 8.01</p>	41A og 64	IA, IC, IF
8.03	 <p>Som 8.01. Monteres med kunststofflist i bunnen</p>		IIA, IIB
8.04	 <p>Som 8.01. Monteres med list av tre i bunnen</p>	61	IA, IC

opplysningene er imidlertid gitt med forbehold, da vi ikke har utført inngående kjemiske analyser av listene.

Alle disse 50 listene har imidlertid ikke gjennomgått samtlige forsøksrader, dels av økonomiske grunner og dels fordi vårt forsøkshus ikke var stort nok til det. En del listtyper er

dessuten kommet til etterhvert, og tidsnød har ført til at disse bare har gjennomgått de orienterende laboratorieforsøk. Ved valg av lister til de praktiske forsøk i hoveddel II har vi tatt hensyn til at listene skulle representere sin gruppe. Hvilke forsøk som er gjennomført for hver enkelt list, fremgår av tabell 2.

Definisjoner

Norges Standardiserings-Forbund har i NS 755: «Vinduer og dører av tre» standardisert en hel rekke betegnelser på de ulike vindusdelene. Videre er det i Håndbok 15 fra Norges byggforskningsinstitutt [7] gjort rede for en del begreper som karakteriserer vinduet etter type, funksjon og materialer. I denne rapport gjør vi uten videre bruk av betegnelsene fra disse to kildene. I tillegg har vi imidlertid bruk for enda noen begreper. Det er spesielt slike som betegner rammens posisjon i forhold til karmen, dvs. klaringer etc.

De fleste begrepene fremgår av fig. 4, men en del begreper trenger en nærmere forklaring:

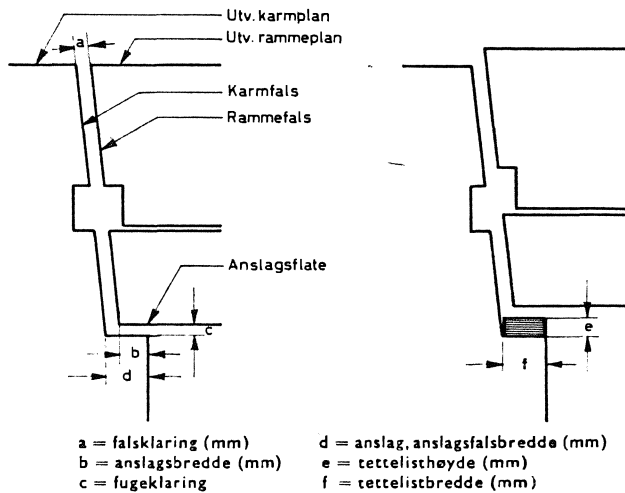


Fig. 4. Spesielle begreper vedrørende bruk av tettelister i vinduer.

Fugeklaring er avstanden mellom anslagsflate og anslag. Den måles i mm. Tettelistene festes normalt til anslaget, og de vil når vinduet er lukket, være klemt til en høyde lik fugeklaringen. Listenes lufttetthet avhenger av hvor mye de er klemt sammen. For å kunne sammenlikne lister av ulik høyde, oppgis fugeklaringen i % av full tettelishøyde.

Falsklaring er avstanden mellom ramme- og karmfals målt i mm. Analogt med fugeklaringen kan falsklaringen betegne hvor mye en tetteliste festet til en av falsene er klemt sammen. Falsklaringen oppgis da i % av full tettelishøyde evt. fri sleperlengde.

Klemlister er tettelister som normalt festes til anslaget og tetter ved at de klemmes sammen. På hengselsiden festes listene vanligvis til falsen og klemmes av rammefals.

Slepelister festes normalt til en av falsene. Disse listene har en eller flere tunger (sleper) som rager ut fra falsen. Listene tetter ved at sleperne når vinduet lukkes, blir bøyd over til siden slik at de spenner mot motstående fals.

Sleperlengde, fri sleperlengde, er lengden av den delen av sleperne som rager ut fra falsen som listen er festet til. Sleperlengden måles vertikalt på falsen og angis i mm.

Orienterende laboratorieforsøk

Et sammendrag av disse forsøk er tidligere offentliggjort i Byggmesteren [8]. Det vil her bli gjort nærmere rede for disse forsøk.

Måling av lufttetthet hos tettelister avhengig av fugeklaringen

Apparatur og prøvingsmetodikk

Forsøkene er utført i instituttets lille lufttethetsapparat som tidligere er beskrevet i rapportene 15 [7] og 28 [1]. For tettelistforsøkene måtte apparaturen forandres noe. *Figurene 5 og 6* viser den ombygde apparaturen.

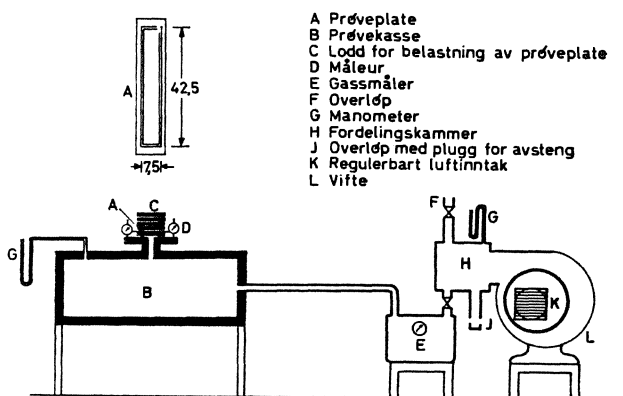


Fig. 5. Prøvingsapparat for måling av luftgjennomgang avhengig av sammenpressingen.



Fig. 6. Måling av luftgjennomgang i tettelist.

Den opprinnelige prøvekasen med lufttette vegger og bunn ble ved ombyggingen forsynt med et lufttett lokk. En myk gummipakning mellom lokk og lokk sikrer lufttett fuge. Fra lokkets midtre del fører en kanal opp til en spalt i en planslipt stålplate, anleggsplaten. Som lokk over denne spalten legges prøveplatene av speilglass. Tettelistene var limt til de

ulike speilglassplatene, og listene dannet eneste tetting mellom prøveplate og anleggsplate. Luften som ved hjelp av en vifte ble presset inn i prøvekasen, måtte unnvike gjennom tettelisten. Luftmengden måles ved hjelp av gassmåler og stoppeklokke, og overtrykket i kassen blir målt ved hjelp av skråttliggende differensialmanometre med spritfylling.

Prøveplatene ble presset ned mot anleggsplaten ved hjelp av plateformete lodd, hvert på 5 kg. Belastningen ga listene den nødvendige sammentrykking. Under de første innledende forsøk ble fugeklaringen, dvs. avstanden mellom prøveplate og anleggsplate, målt ved hjelp av fire måleurer (ett ved hvert av hjørnene på prøveplaten). Denne fremgangsmåten var imidlertid beheftet med en del ulemper, f. eks. ujevn fugeklaring rundt prøveplaten ved skjev belastning, vanskelig reproducerbare forsøk, fugeklaringen kunne forandre seg med belastningstiden og med overtrykket. I senere forsøk (samtlige forsøk i hoveddel I) ble fugeklaringene derfor sikret ved at metallbiter med kjente tykkelser ble lagt mellom anleggs- og glassplatene ved glassplatenes korte sidekanter. Glassplatene ble så belastet til de fikk godt anlegg mot metallbitene.

Luftgjennomgangen ble målt ved overtrykk på 10-70 mm VS, variert i intervaller på 20 mm VS. Fugeklaringene ble variert trinnvis fra bort imot tettlistehøyden til en sammenklemming som ga tilstrekkelig, evt. maksimal tetthet. (Se mer om dette under avsnittet: forsøksprogram og tetthetskrav).

Egenlekkasjen i apparaturen ble kontrollert. En stålplate ble lagt over spalten i anleggsplaten, og fugen mellom platene ble tettet med plastilin. Ved et overtrykk på 70 mm VS var luftgjennomgangen 0,019 m³/h. Denne egenlekkasjen er så liten at man kan se bort fra den ved beregningene av listenes luftgjennomgang.

Prøveplatene

Etter en del forundersøkelser hvor flere materialer ble prøvd (tre, balata, vindusglass og speilglass) ble en stående ved at prøveplatene burde lages av speilglass. På hver prøveplate ble det limt 1 m tettelist. Selvklebende lister ble limt på med sitt eget lim. Ikke selvklebende lister (hovedsakelig skumgummilister, kunststofflister, rørformete lister og tekstillister) ble limt til glassplatene med kontaktlim. Lister som i praksis monteres i spor (f. eks. slepelister og en del rørformete lister), ble montert i profilerte trelekter som igjen ble limt til glassplatene.

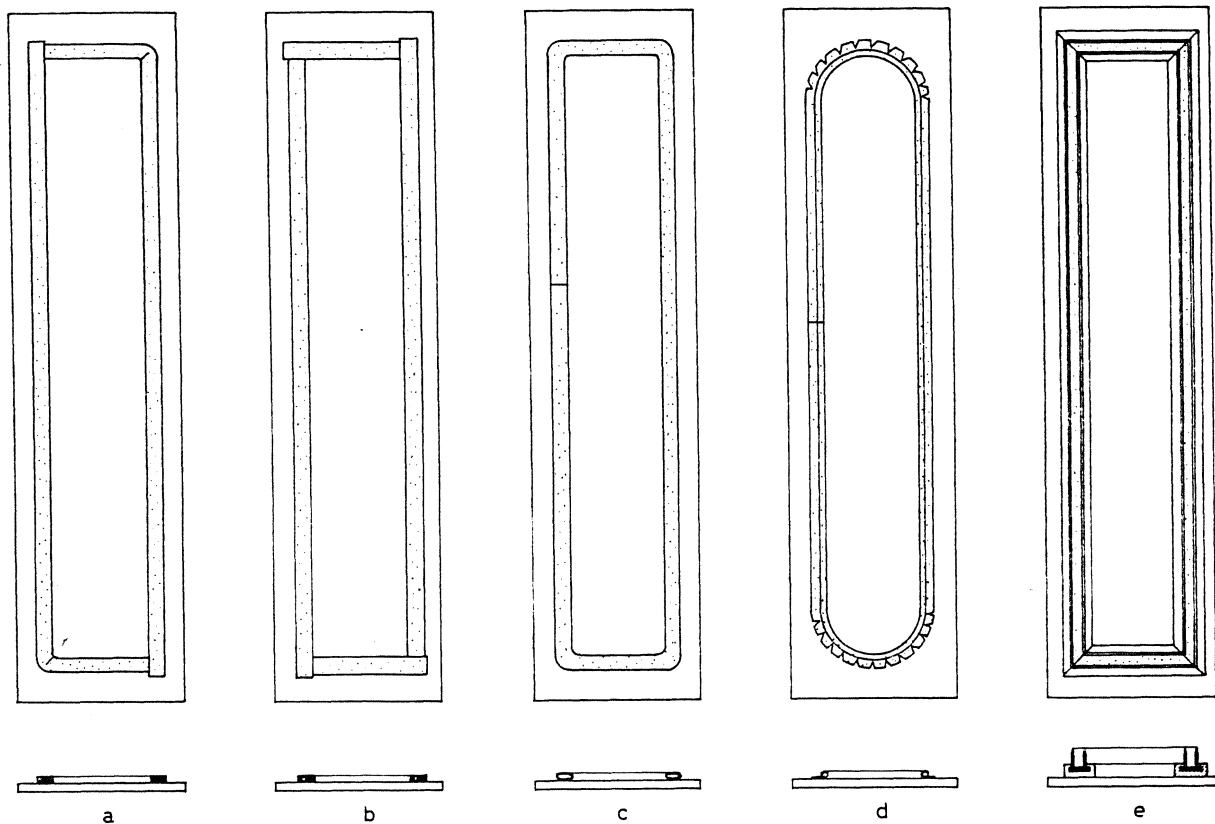


Fig. 7. Tettelestene ble montert til speilglassplatene på forskjellig måte alt etter hvordan de normalt blir festet i vinduene.

Normal-utførelse av prøveplatene fremgår av fig. 7a. For at ikke hjørneskjøtene skulle komme alt for sterkt inn i bildet, ble listene «gjæret» i to av hjørnene. I disse hjørnene ble listene ikke skåret helt over, men forsøkt bøyd til etter at et trekantet hakk var skåret eller klippet ut av listen. De øvrige to hjørnene ble buttskjøtt. Denne fremgangsmåten ble brukt ved de fleste lister som normalt kappes ved karmhjørnene.

En del lister var for brede eller for stive til at en fikk bøyd dem i «gjæringshjørnene». Disse listene ble derfor buttskjøtt i alle fire hjørner. Denne metoden fremgår av fig. 7b.

I praksis vil noen lister bli ført forbi karmhjørnene uten skjot. Dette gjelder bl. a. ullsnorene. Slike lister ble montert som vist på fig. 7c. Listene ble limt til platene i én lengde.

Det var nærliggende å tro at virkningen av hjørnene influerte mindre på tettheten hos lister med åpen cellestruktur enn på lister med tette vegger, som f. eks. slangelister. For å undersøke dette forholdet, ble noen slangelister montert som vist på fig. 7d, til tross for at disse listene vanligvis kuttes ved hjørnene. For å kunne bøye listene som vist, måtte en klippe små hakk i ytterkanten av dem. Hakkene gikk ikke helt inn til listenes høyeste del. For å kunne sammenlikne resultatene, ble det også laget

noen prøveplater med listene montert som vist på fig. 7b.

Slepelister og andre lister som i praksis monteres i spor, ble montert i profilerte trelekter som igjen ble limt til speilglassplatene. En slik prøveplate er vist på fig. 7e. Trelektene ble gjæret, limt og tettet med plastilin i alle hjørner.

De undersøkte tettelestene var under forsøkene montert som vist i tabell 3.

List nr. 7.04 ble ikke montert til prøveplate av glass. Listen er en fjærliknende fosfor-bronselist, og virkemåten for slike lister er helt ulik de andre listenes. Prøvestykket for denne listen måtte utformes spesielt og vises på fig. 8.

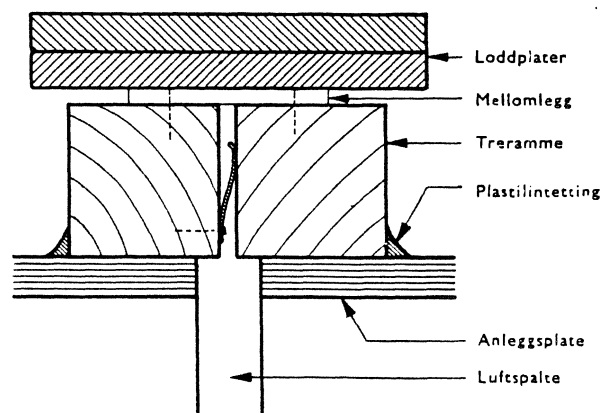


Fig. 8. Tettelest av metall montert (spikret) mellom prøvestykker av tre.

Tabell 3. Liste over monteringsmetodene for de ulike tettelistene. Selve monteringsmetodene er illustrert i fig. 7, nummerne på tettelistene refererer seg til nummereringen i tabell 2.

Skumplastlister	nr. 1.01-1.02:	metode b
Skumplastlister	„ 1.03-1.17:	„ a
Asfaltimpr. skumplastlister	„ 2.01-2.03	„ b
Skumgummilister	„ 3.01-3.04	„ a
Kunststofflister med lukket cellestruktur	„ 4.01-4.04	„ a
Rørformede lister	„ 5.01	„ c
Rørformede lister	„ 5.02-5.04	„ b og d
Rørformede lister	„ 5.05	„ c
Tekstillister	„ 6.01-6.07	„ c
Tekstillister	„ 6.08	„ b
Enkle slepelister	„ 7.01-7.03	„ c
Enkle slepelister	„ 7.04	se fig. 8
Doble slepelister	„ 8.01-8.04	metode e

Listen ble festet som i praksis med stifting til en høvlet trelist, og en annen høvlet trelist dannet anslag. Ved sammenkoplingen av de to trelistene til et prøvestykke kunne bredden av den mellomliggende fugen velges etter ønske. Prøvestykket ble presset mot anleggsplaten, og fugen mellom prøvestykket og anleggsplaten samt fugene i prøvestykkets ender ble tettet med plastilin. Prøvestykket har en enkelt listlengde, og virkningen av skjøter eller ulike hjørneløsninger ble ikke undersøkt. En kan imidlertid gå ut fra at virkningen er temmelig stor.

Forsøksprogram og tetthetskrav

Før forsøkene ble påbegynt, ble det antatt at tettelistene måtte ha et par mm «å gå på» i en fuge, dvs. en antok at de skjevhetene som normalt oppstår i en fuge i vinduer av vanlig størrelse, fører til at fugene kan bli ca. 1 mm smalere eller 1 mm bredere enn opprinnelig. Det ble videre antatt at tettelistene alltid burde være sikret minst 1 mm sammenklemming for å oppnå en viss klemvirkning mot anslagsflaten.

Ut fra disse forutsetninger ble første forsøk for hver tettelist utført med en fugeklaring på 2 mm mindre enn tettelisthøyden. Hovedregelen var videre at fugeklaringen ved de påfølgende forsøk ble gjort 0,5 mm mindre for hver gang inntil tettelisten hadde fått en tilfredsstillende lufttetthet eller var maksimalt sammenklemt. Med maksimal sammenklemming menes den sammenklemming en får ved en belastning på ca. 20 kg pr. m list. Denne belastning er valgt ut fra tidligere utførte teoretiske beregninger av strammekreftene ved ulike vinduslukkere [1].

Før lister som var meget tette ved første forsøk, ble fugeklaringen økt ved de neste forsøk-

ene. Dette ble gjort for å finne den største brukbare fugeklaringen for listen.

Hensikten med forsøkene var foruten å finne ved hvilken klaring listene ga tilfredsstillende tetthet, også å finne hvor ømfintlig tettelistenes lufttetthet var for endringer i fugeklaringen. Med henblikk på dette ble samtlige listtyper undersøkt for minst tre fugeklaringer.

I Norge finnes ingen standard for lufttettheten i vinduer, og tetthetskravene har stort sett vært en skjønnsak. Norges byggforskningsinstitutt har imidlertid laget en klassifiseringsnorm, se fig. 9. Den er utarbeidet på basis av resultater og erfaringer fra undersøkelser av en lang rekke vinduer av ulike typer fra et stort antall produsenter. Normen er ba-

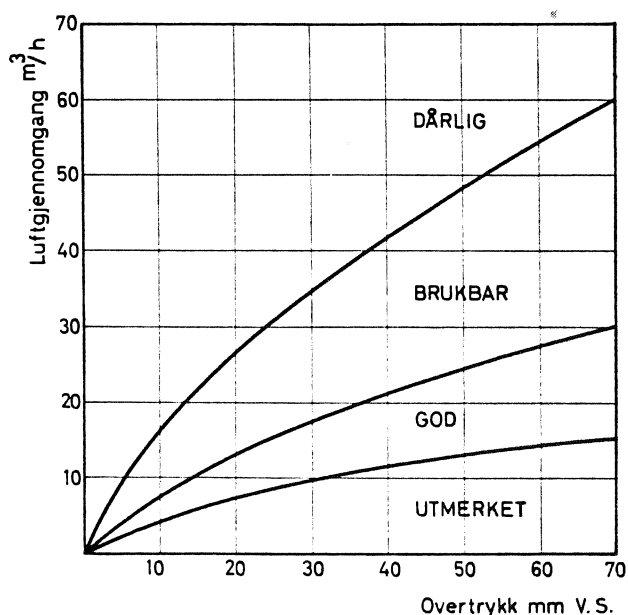


Fig. 9. Klassifiseringskurve for vinduer av størrelse 120 × 120 cm.

sert på en vindusstørrelse 120×120 cm og gjelder for alle typer vinduer uansett inndeling i rammer. Nytt er denne normen på de resultatene som ble oppnådd ved den første større undersøkelse av lufttetthet i fugen mellom karm og ramme [1], finner en følgende resultat, se fig. 10. Lufttettheten i de undersøkte vinduer uten tettelist ligger i området «dårlig», mens vinduene med tettelist stort sett har en lufttetthet som må betegnes «brukbar» eller «god».

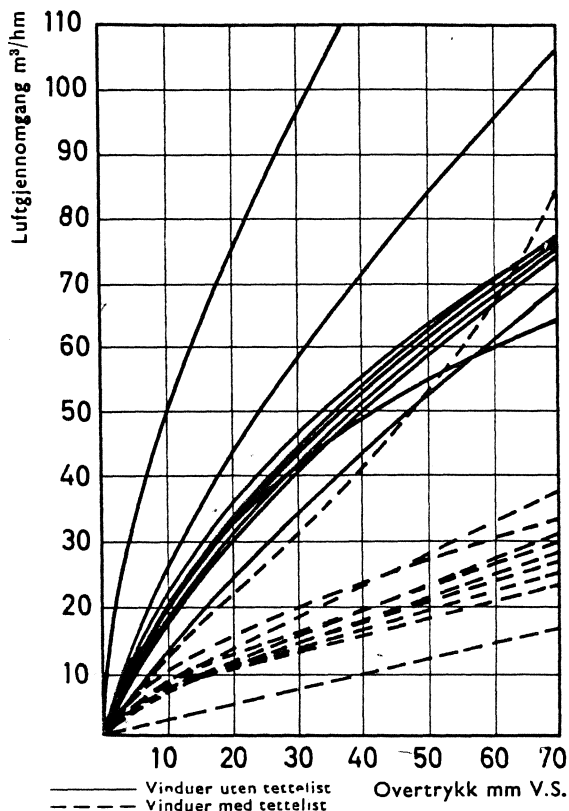


Fig. 10. Utdrag av NBI's Rapport 28 som viser lufttetthet i vinduer med og uten tettelist. (Hel kurve: vinduer uten lister, stiplet kurve: vinduer med lister).

I de omtalte forsøk ble det brukt vinduer med tettelister av tekstil (ullsnorer) som sammenlikningsgrunnlag for vinduer uten lister. Våre tettelistundersøkelser viser at tekstillister tetter dårlig sammenliknet med mange andre listtyper. Ved bruk av andre lister burde en altså kunne vente en vesentlig større forbedring, dvs. lavere luftgjennomgang. Som norm for tettelisters lufttettende evne må en derfor kunne forlange at en «utmerket» list må kunne bringe luftlekkasjen mellom karm og ramme i et vindu ned i området «utmerket». Tilsvarende må en «god» list kunne gi et vindu en «god» lufttetthet osv.

Men disse kravene er fremdeles temmelig ubestemte idet NBI's klassifiseringsnorm ikke tar hensyn til vinduenes ramme-antall. Luft-

gjennomgangen i forhold til vinduenes fugelengde er m. a. o. ikke definert. Et enrams vindu av størrelse 120×120 cm har en fugelengde på ca. 4,7 m mens et to-rams vindu av samme størrelse har ca. 7 m fugelengde. Normene stiller altså strengere krav til tettelister i to-rams vinduer enn til de i en-rams vinduer av samme størrelse. Et slikt skille er sannsynligvis riktig også i praksis, idet det vel som oftest er den totale luftlekkasjen som er av interesse.

I figurene 11 og 12 er det forsøkt satt opp en norm for luftgjennomgang i tettelister for henholdsvis en- og to-rams vinduer. Disse normene er utregnet direkte etter klassifiseringsnormen for lufttetthet for vinduer, fig. 9. Det er utelukkende tatt hensyn til fugelengdene i de to vindustypene. Denne fremgangsmåten er ikke helt riktig, bl. a. vil virkningen av hjørnene kunne gjøre seg gjeldende.

Idag er to-rams vinduer mest brukt. I denne rapporten har vi valgt å bruke fig. 12 som norm for kravene til tettelisters lufttetthet.

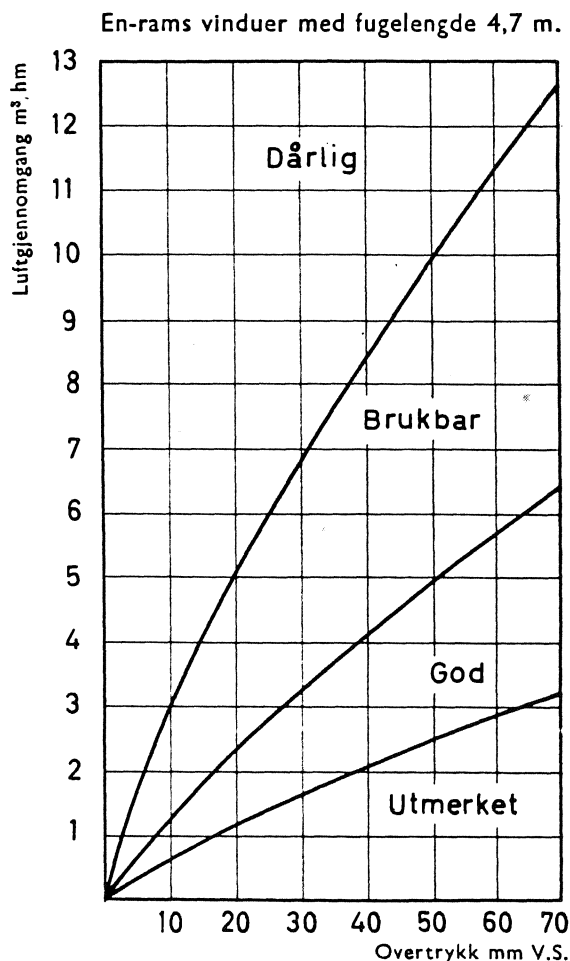


Fig. 11. Klassifiseringskurve for en-rams vinduer (fugelengde 4,7 m) basert på NBI's klassifiseringskurve for vinduer av størrelse 120 × 120 cm.

To-rams vinduer med fugelengde 7,0 m.

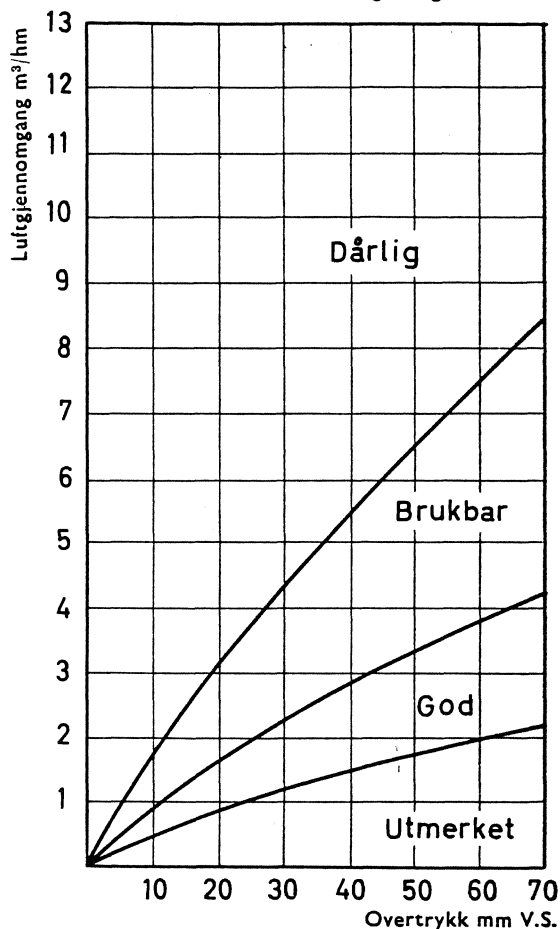


Fig. 12. Klassifiseringskurve for to-rams vinduer (fugelengde 7,0 m) basert på NBI's klassifiseringskurve for vinduer av størrelse 120 x 120 cm.

Resultatene

Det vil føre for langt å bli for uoversiktlig å referere forsøkene for hver enkelt list. Det vil derfor her bare bli gjort rede for noen typiske enkeltresultater fra hver gruppe. Samtidig vil resultatene bli behandlet gruppevis. Det vil særlig bli gjort rede for hovedresultatene og forhold som kan ha stor praktisk betydning.

For de fleste listene viser resultatene liten spredning fra prøveplate til prøveplate. Dog forekommer det en del unntak, f. eks. listene nr. 1.04, 1.09, 1.10 og 5.05. De tre første listene er skumplastlister som tydelig hadde en noe ujevn struktur. Den siste listen er en slangelist, og prøveplatens oppbygging og listens fire butt-skjøter kan ha influert på forholdet.

Når resultatene skal vurderes, må en ta hensyn til at tettelistene har hatt vesentlig flere skjøter i forhold til målelengden enn de har i praksis. Men fugeklaringene har nok også vært jevnere og anleggsflatene atskillig planere enn vanlig. Resultatene er altså ikke egnet som grunnlag for beregning av luftgjennomgang i

vinduer, men de er sikre nok for sammenlikning av de ulike tettelisttypene.

Det er en betydelig variasjon i enkeltresultatene. Det finnes lister som må klemmes meget kraftig sammen for å gi god tetting, og som er svært ømfintlig for enhver forandring i fugeklaringen. List nr. 1.13 er et typisk eksempel på dette. Fig. 13 viser luftgjennomgangen i listen i avhengighet av sammenpressingen. Luftgjennomgangen er målt ved et overtrykk på 70 mm

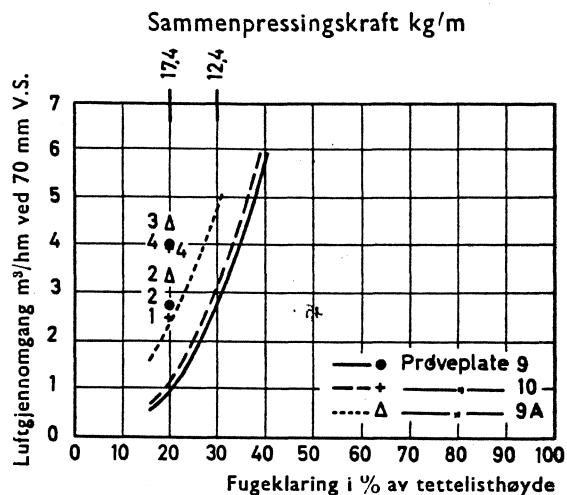


Fig. 13. List nr. 1.13. (skumplastlist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list. Under aldringen krympet listen noe, og hull oppsto i plastmassen.

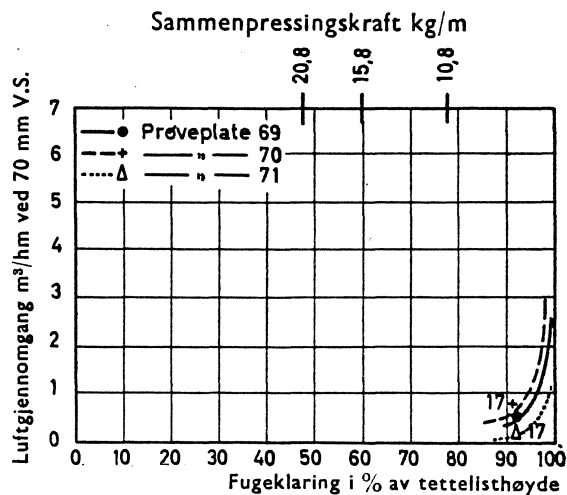


Fig. 14. List nr. 5.04 (rørformet list). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list. List på prøveplate 69 og 70 er butt-skjøtt, mens list på plate 71 bare har en skjøtt. Forsøkene er ikke avsluttet. (Ingen synlig aldring).

VS. Det er også angitt hvilke krefter som kreves for å klemme listen tilstrekkelig sammen (Punktene og tallene inne i diagrammet angir aldringstiden. Dette blir behandlet i senere avsnitt).

Fig. 13 viser at listen må presses sammen til ca. 25 % av opprinnelig høyde for å gi en «utmerket» tetthet ifølge vår norm. Dersom fugebredden øker fra 25 % til 35 %, dvs fra 1,25 mm til 1,75 mm, vil luftgjennomgangen øke med vel 100 % fra 2,4 m³/h m til 5,0 m³/h. (Tallene refererer seg til gjennomsnittsverdien for tre undersøkte plater). Men på den annen side finnes det også lister, f. eks. nr. 5.04, som bare behøver en meget beskjeden sammenklemming (ca. 97 %) for å gi en utmerket tetting, se fig. 14. Slike lister gir også som regel liten variasjon i lufttettheten om fugeklaringen forandrer seg noe, forutsatt at fugeklaringen holder seg under en øvre grense (her ca. 95 %).

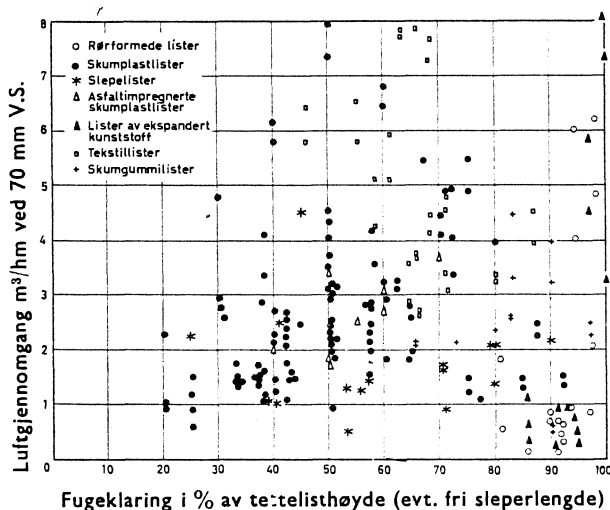


Fig. 15. Luftgjennomgang ved 70 mm VS avhengig av fugeklaringen for de undersøkte tettelistene.

En sammenstilling av resultatene for samtlige prøveplater fremgår av fig. 15. Figuren viser luftgjennomgangen ved et overtrykk på 70 mm VS i avhengighet av sammentrykkingen, og de ulike typer av tettelister er skilt fra hverandre ved hvert sitt tegn. I denne oversikten er det bare enkeltresultatene som er oppgitt, og punktene for samme prøveplate er ikke trukket sammen til kurver.

Skumplastlistene. Fig. 15 viser at de fleste skumplastlistene må presses kraftig sammen for å tette godt. Et typisk eksempel var den tidligere omtalte list nr. 1.13, se fig. 13. Men det finnes også skumplastlister som, mens de er nye, tetter godt selv ved en beskjeden sammenklemming. En slik list er f. eks. nr. 1.01. Resultatene for denne fremgår av fig. 16. Listen tilfredsstiller våre krav til «utmerket» tetthet

selv ved en fugeklaring på ca. 92 %. Den er dessuten lite ømfintlig for endringer i klaringen bare fugen er mindre enn ca. 92 %. Denne listen er imidlertid så bred at den ikke egner seg til vanlige vinduskonstruksjoner.

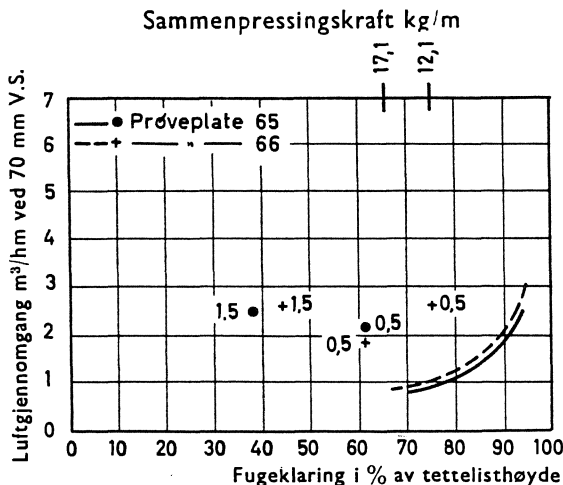


Fig. 16. List nr. 1.01 (skumplastlist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list. Dekkbandet av lerret krympet sterkt og rev listen løs.

I dører og vinduer brukes det vanligvis 9-10 mm brede lister. Fig. 17 viser resultater fra en slik middels bred list, nemlig nr. 1.09. Den gir «utmerket» tetthet når fugeklaringen er ca 62 % eller mindre. Listen er imidlertid meget ømfintlig for endringer i fugeklaringen spesielt for større klaringer enn ca. 50 %.

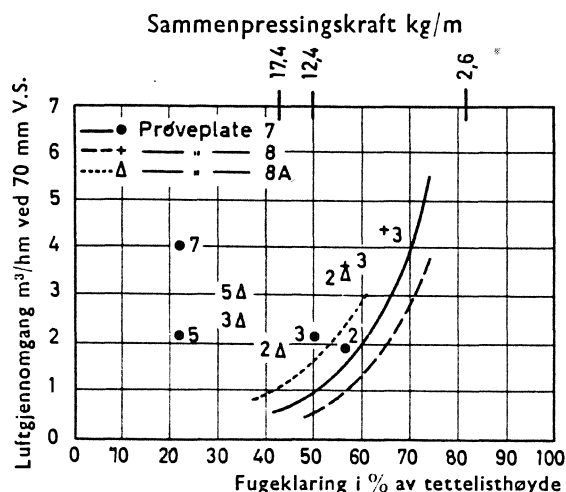


Fig. 17. List nr. 1.09 (skumplastlist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list. Listene krympet og ble brune, biter falt av.

Det finnes ingen klar sammenheng mellom tettlistbredde og listenes lufttetthet. Fig. 18 gir et nyansert bilde av resultatene for skumplastlistene.

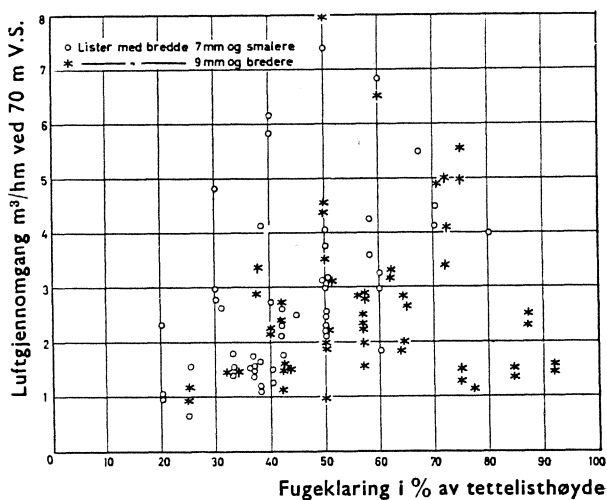


Fig. 18. Skumplastlister. Listbreddens betydning for luftgjennomgangen.

Det er her skilt mellom brede og smale lister. Som ventet er de bredere listene stort sett tettere enn de smale. Det er imidlertid intet skarpt skille mellom de to gruppene. Det ble forsøkt å finne eventuell sammenheng mellom listenes romvekt og lufttetthet, men det lyktes ikke. Vi har heller ikke funnet noen sammenheng mellom luftlekkasjene og de absolutte fugeklaringer. Det er nærliggende å tro at tett cellestruktur gir de laveste luftlekkasjer. Dette er imidlertid ikke bevist, da det ikke er foretatt noen form for strukturmålinger av listene.

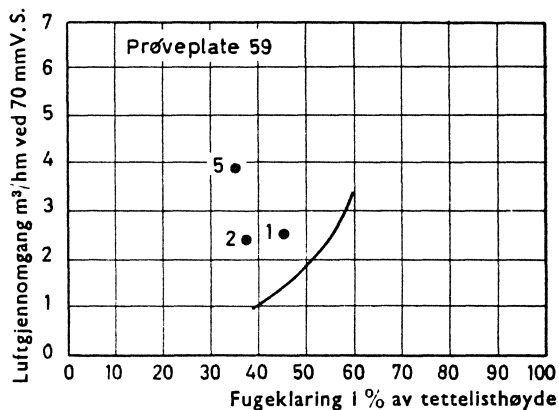


Fig. 19. List nr. 2.01 (asfaltimpregnert skumplastlist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder.

Nye asfaltimpregnerte skumplastlister trenger en sammenklemming på ca. 50 % for å gi en utmerket lufttetthet etter de krav som stilles til vinduer. Disse kravene er sannsynligvis for

svake for fuger mellom elementer i vegger. Kravene henger her forøvrig sammen med elementstørrelsene og dermed med fuge lengden pr. m² veggflate. Forsøksresultatene viser at listene er temmelig ømfintlige for endringer i fugeklaringen, se fig. 19. Asfaltimpregneringen synes å gjøre listene noe tettere, se fig. 20.

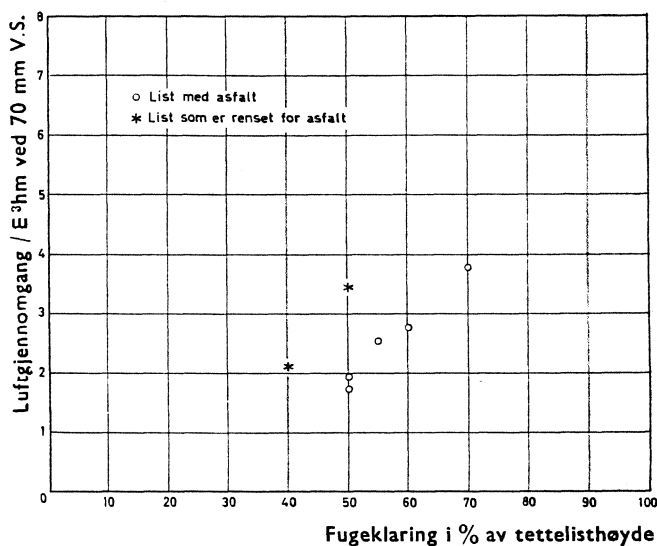


Fig. 20. Asfaltimpregnerte skumplastlister for elementer. Impregneringens betydning for luftgjennomgangen.

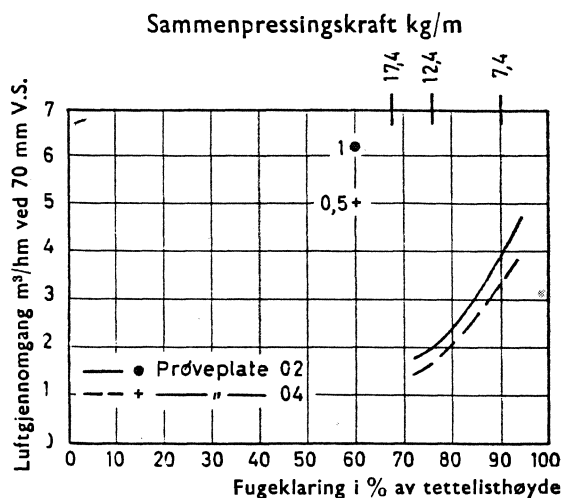


Fig. 21. List nr. 3.01 (skumgummilist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list.

Skumgummilistene har en tettere cellestruktur enn skumplastlistene. De trenger liten sammenklemming for å tette godt mens de er nye. Et typisk resultat for disse listene er vist på fig. 21. Luftgjennomgangen forandrer seg ikke særlig om fugeklaringen øker eller avtar, bare den er under 70-80 %. (De senere forsøk viser

imidlertid at det kreves stor kraft for å klemme disse listene mer sammen enn dette).

Fig. 22 viser alle enkeltresultatene fra luftgjennomgangsmålingene for skumgummilistene. Det er her skilt mellom brede og smale lister. En bredde på 8 mm er valgt som grense mellom disse to gruppene. Det ser ut til at de brede listene er betydelig tettere enn de smale, men antallet observasjoner er litt få til å trekke sikre konklusjoner.

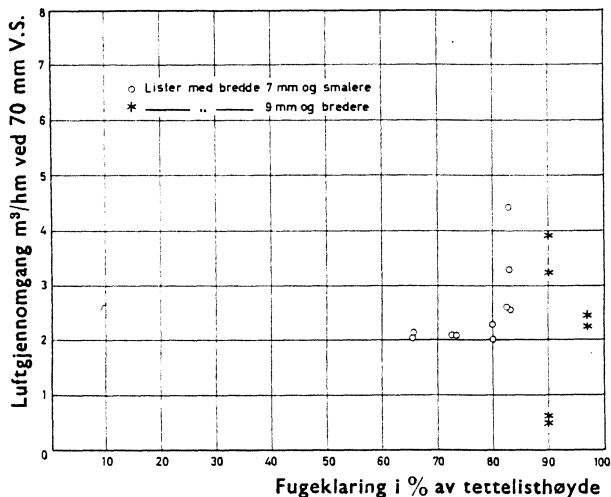


Fig. 22. Skumgummilister. Listbreddens betydning for luftgjennomgangen.

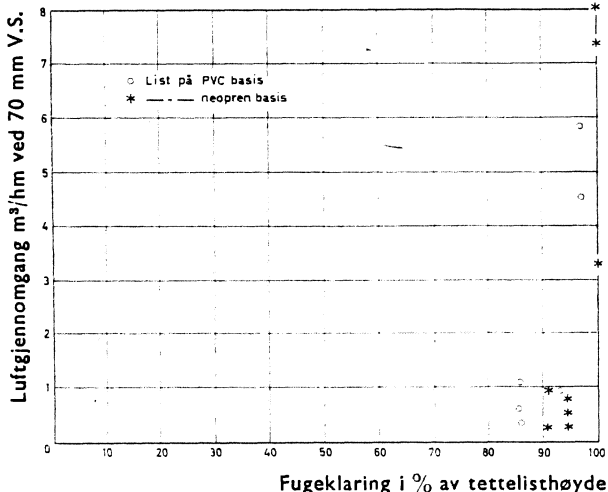


Fig. 23. Lister av ekspandert kunststoff med lukket cellestruktur. Luftgjennomgang for lister av ulike materialer.

Listene av ekspandert kunststoff har en lukket cellestruktur. Som det fremgår av fig. 15 og 23 er de blant de tetteste listene i undersøkelsen. De krevde ikke større sammenklemming. Det var nok at listene fikk godt anlegg mot anslaget. List nr. 4.04 er en typisk representant for disse listene, og resultatet for denne er vist i fig. 24. Listens lufttethet kan karakteri-

seres som «utmerket» selv ved en fugeklaring på 97-98 %. Enhver endring i fugeklaringen vil naturlig nok ved så store fuger gi store endringer i luftgjennomgangen. Ved fugeklaringer under ca. 90 % vil en evt. endring i klaringen imidlertid praktisk talt ikke influere på lufttetheten.

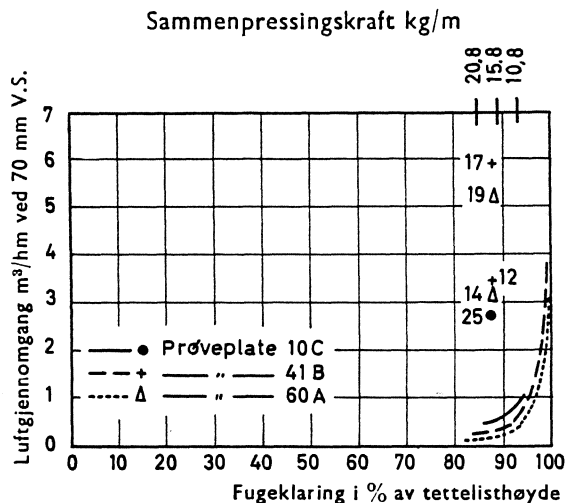


Fig. 24. List nr. 4.04 (neoprenlist med lukkede celler). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm V.S. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list. List på prøveplate 41 B og 60 A er limt med neoprenhuden mot underlaget. List på plate 10 C har neoprenhuden mot fri luft.

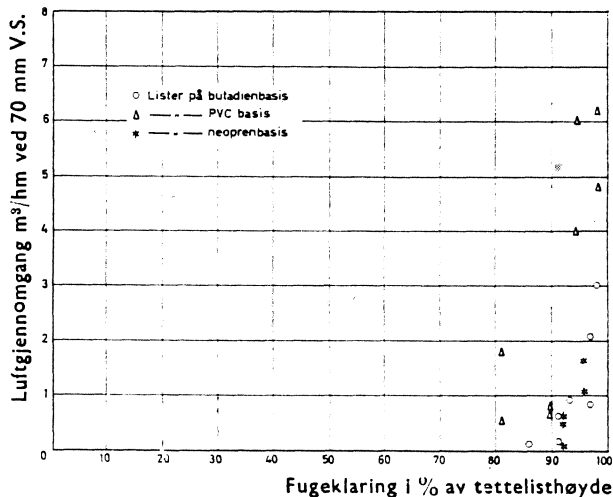


Fig. 25. Rørformete lister. Luftgjennomgang for lister av ulike materialer.

De rørformete listene som har tette «vegger», er svært lik listene av ekspandert kunststoff når det gjelder tetthet og krav til sammenklemming (se fig. 14, 15 og 25). F. eks. er luftgjennomgangskurvene for list nr. 5.04, fig. 14, svært lik fig. 24. Av fig. 25 synes å fremgå at PVC-lister er noe mer utette enn

butadien- og neoprenlistene. PVC-listene var imidlertid slik formet at de måtte monteres i spor i trelister. Det ble ikke brukt lim i sporet. Neopren- og butadienlistene ble alle limt til selve prøveplatene. Skilnaden i resultatene skriver seg sannsynligvis fra dette forholdet, om en da i det hele skal trekke slutninger fra et så begrenset antall forsøk som i denne gruppen.

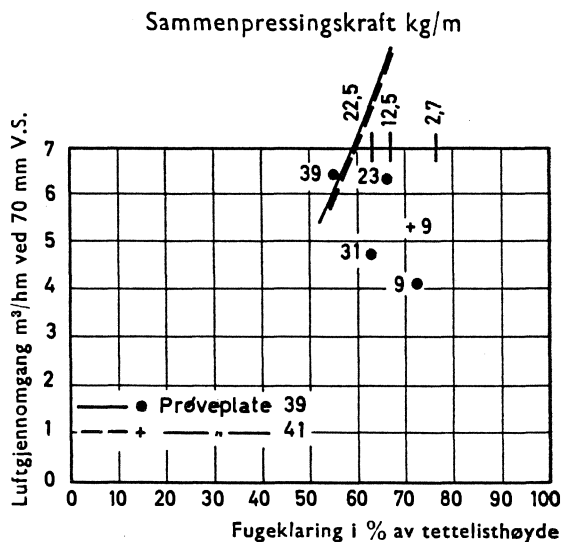


Fig. 26. List nr. 6.01 (tekstillist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list. Listene har brynet en skjot. Listen på prøveplate 39 ble slitt og frynset. Listen på prøveplate 41 krympet og rev seg løs. Siste måling for denne (etter 12 mnd.) var 8.8 m³/h ved 70 mm VS.

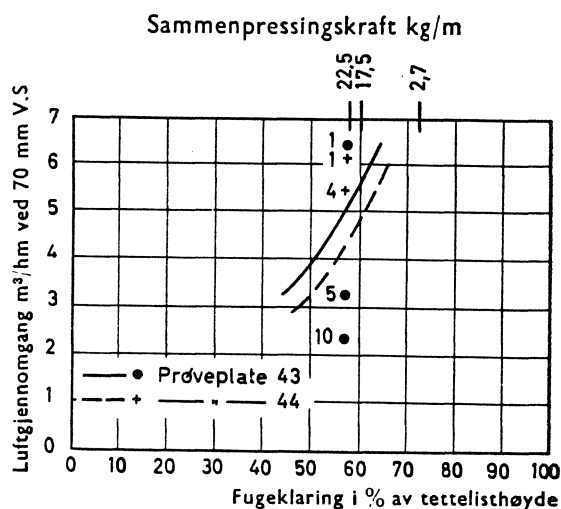


Fig. 27. List nr. 6.05 (tekstillist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list. Listene krympet sterkt, rev seg løs og ble borte.

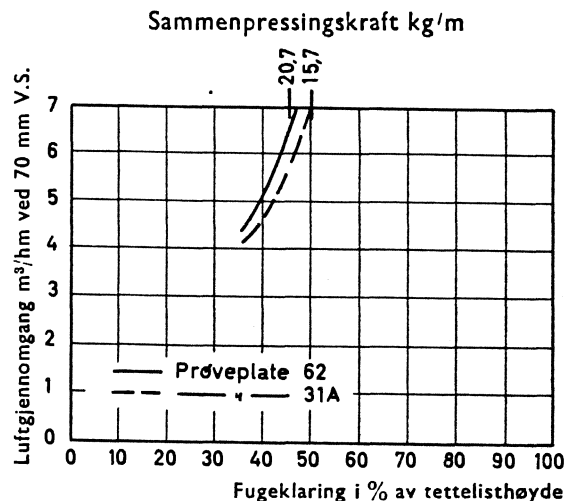


Fig. 28. List nr. 6.08 (tekstillist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskreftene er angitt i kg pr. m list. Listene var gjøret i hjørnene. De krympet sterkt og rullet seg sammen parallelt lengderetningen.

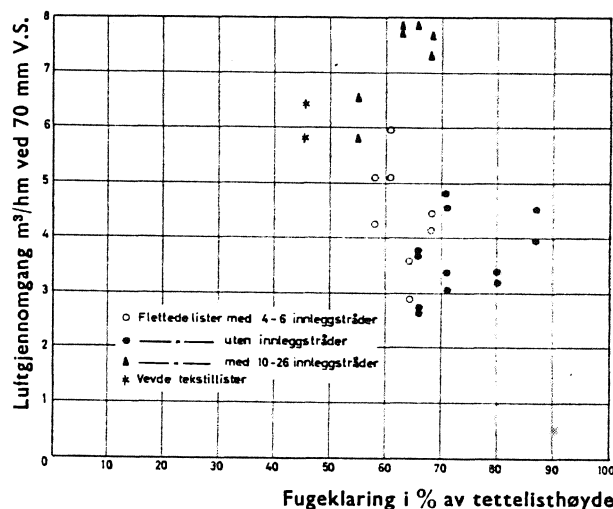


Fig. 29. Tekstillister. Luftgjennomgang for ulike typer lister.

Tekstillistene har en svært åpen struktur, og oversikten i fig. 15 understreker dette. Listene trenger stor sammentrykking, 50-70 %, og de er meget ømfintlige for endringer i fugeklaringen, se de typiske eksemplene i fig. 26, 27 og 28. Det lyktes ikke å få lufttetheten ned i området «utmerket» for noen av listene med de krefter vi brukte. Fig. 29 viser en mer detaljert oversikt over de ulike tekstillistene. Den vevde tekstillisten er montert med fire buttskjøter og er ikke helt sammenlignbar med de øvrige listene som bare har en skjot pr. prøveplate. Antallet observasjoner er lite til å gi sikre konklusjoner. Resultatene tyder imidlertid på at lister uten innleggstråder er tettere enn

de med, forutsatt at sammenklemmingen er den samme. Videre vil lister med få innleggstråder være tettere enn de med mange. For en stor del henger dette imidlertid sammen med at lister med mange innleggstråder er forholdsvis tykke lister. Disse listene tetter m. a. o. større fuger selv om fugeklaringen prosentvis er som for de andre. Et unntak er list nr. 6.01, se fig. 26, som er en middels tykk list, men som likevel gir den dårligste tetting. Listen har hele 26 innleggstråder, og disse er meget hårdtvunnet i forhold til innleggstrådene i de øvrige listene.

Slepelistene egner seg ikke særlig godt for prøving etter den metode som nyttes ved denne undersøkelsen. Ved sammenklemmingen vil sleperne bøye enten ut- eller innover. Bøyes de utover, vil hjørnene åpne seg. Ved forsøkene er derfor sleperne tvunget innover. Dette fører imidlertid til at en kan få en stuking som for enkelte lister kan føre til at sleperne buler seg noe.

Slepelisten monteres normalt i spor i karmfalsen eller rammefalsen. Fugeklaringen, avstanden mellom det som vanligvis kalles anslagsflatene, har derfor ingen betydning for listen. Av stor betydning er derimot falsklaringen, dvs. avstanden mellom karm og ramme (evt. dørblad) målt parallelt karmplanet. Analogt med betegnelsen i praksis er fugen mellom prøveplate og prøvingsapparaturens anleggsflate for disse listene kalt falsklaring. Den oppgis dels absolutt, dels i prosent av listenes fri sleperlengde.

Som det fremgår av fig. 15, har en del av slepelistene ganske lav luftgjennomgang ved forholdsvis liten sammenklemming. Andre lister tetter mindre godt selv ved stor sammenklemming. I fig. 30 er lufttettetheten for de ulike slepelisttypene avmerket med hvert sitt tegn.

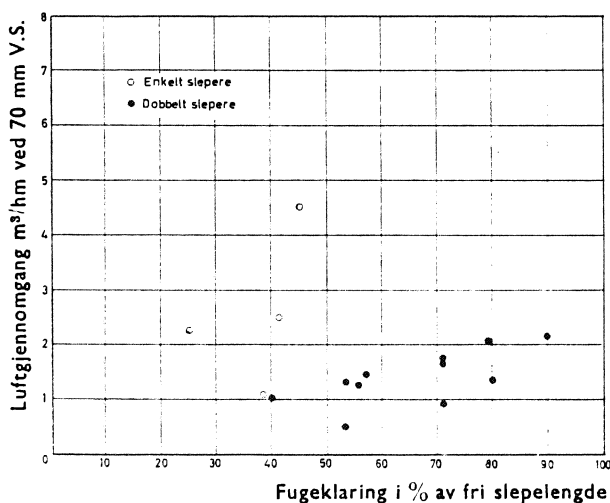


Fig. 30. Slepelister. Luftgjennomgang i fuger tett med enkle og doble slepelister.

(Slepelist nr. 7.04, den fjærliknende fosforbronselisten, er ikke tatt med hverken i fig. 15 eller 30). Figuren viser at det er stor forskjell i tettheten hos enkle og doble slepelister. Ved doble slepelister må luften passere to slepere på sin veg. For disse listene er det sannsynlig at trykkfallet over hver av sleperne blir omtrent halvparten av det totale. Ved de enkle listene vil en få hele trykkfallet over den enkle sleperen; det oppstår dessuten ofte ganske store luftlekkasjer i listens monteringsspor, idet listen her som regel hverken limes eller festes på annen måte. Luftens veglengde rundt listen i monteringssporet er også betydelig kortere enn ved doble slepelister.

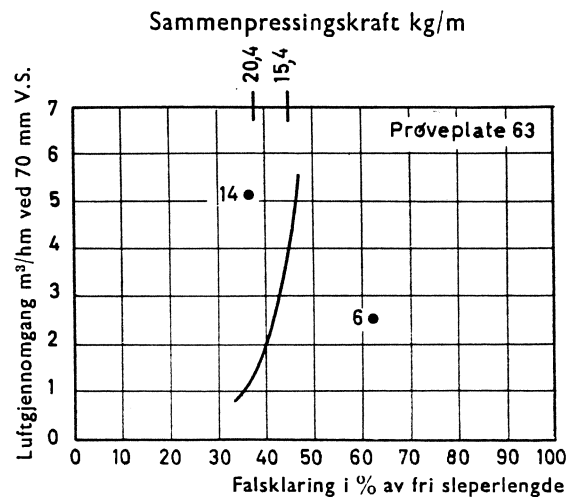


Fig. 31. List nr. 7.01 (enkel slepelist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm V.S. Tallene ved punktene i diagrammet angir eksponeringstiden på taket i måneder. Gjennomsnittsverdiene for sammenpressingskraftene er angitt i kg pr. m list.

Resultatene for et par av de enkle slepelistene krever en nærmere redegjørelse. Av fig. 31 ser en at list nr. 7.01 er meget omfintlig for endringer i fugeklaringen, når fugeklaringen er større enn ca. 35 %. Listen er stiv, den har liten spenst, og ovennevnte fugeklaring er omtrent den minste en kan oppnå når listen monteres i spor. Ved denne klaring er listen presset helt over til siden, og den vil nærmest opptre som en meget stiv klemlist. Ved større fugeklaringer var listen for stiv til å spenne mot anslaget. Den ble ført over mot siden og ble liggende slik. En undersøkelse av listens lufttettende evne avhengig av overtrykket viste at når listen først var presset over til siden av forholdsvis høye overtrykk, hadde den vanskelig for å rette seg opp igjen og spenne mot anslaget ved lavere overtrykk. Luftlekkasjen holdt seg høy.

List nr. 7.04 er en fosforbronselist som i praksis monteres langs karmfalsen. Listen spen-

ner som en fjær mot rammefalsen. Da fjærvirkningen ikke har noen direkte sammenheng med sleperlengden (fjærbredden), kan en ikke regne falsklaringen i prosent av sleperlengden. Resultatene er derfor oppgitt i forhold til absolutt falssmål. Som det fremgår av fig. 8, er denne listen montert på en helt spesiell måte og prøvd i en hel lengde. Skjot- eller hjørnevirkningene er ikke undersøkt. Som det fremgår av fig. 32, tetter listen svært dårlig, og den er ømfintlig for endringer i falsklaringen. Luftgjennomgangen ved bruk av denne listen er imidlertid temmelig variabel, idet den er avhengig av fjærspennet. Ved forsøkene ble listen spent mellom hver prøve. Av figuren synes å fremgå at luftgjennomgangen ved et overtrykk på 70 mm VS blir forholdsvis mindre etterhvert som fugen øker. Årsakene til dette kan være ujevn spenning av listen.

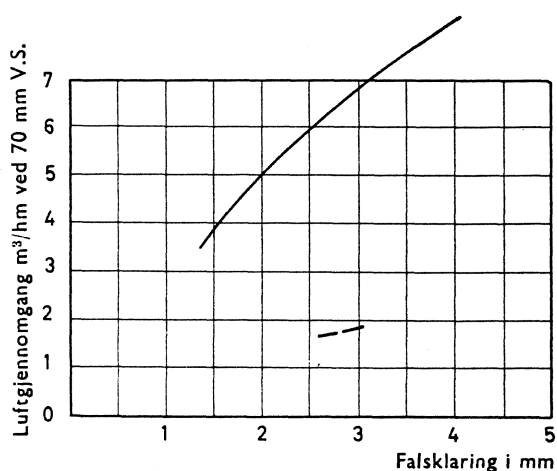


Fig. 32. List nr. 7.04 («enkelsleper» av metall). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. (Hel kurve: Listen montert som foreskrevet. Stiplet kurve: Listen montert så lufttrykket presser listen mot anslag).

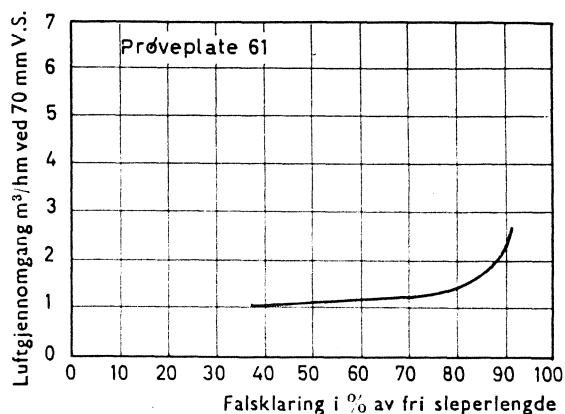


Fig. 33. List nr. 8.04 (dobbel slepelist). Luftgjennomgang avhengig av fugeklaringen målt ved et overtrykk på 70 mm VS. Listen fikk raskt tverrsprekker som umuliggjorde kontrollmålinger.

De doble slepelistene oppnådde ved forsøkene en utmerket lufttetthet når falsklaringen var under ca. 80 % av fri sleperlengde. Tettheten influeres lite av eventuelle endringer i falsklaringen, bare klaringen er mindre enn ca. 80 %. Luftgjennomgangen for disse listene holder seg imidlertid noe høyere enn hva tilfelle er for gode klemlister, se fig. 33. Sannsynligvis er det hjørnelekkasjene som influerer så sterkt på resultatet. Ved våre forsøk kommer de sterkt inn i bildet. Under luftgjennomgangsmålinger i virkelige vinduer er denne forskjellen ikke så iøynefallende.

Konklusjon

Måling av luftgjennomgang avhengig av fugeklaringens størrelse viser at lister med lukket cellestruktur er vesentlig tettere enn lister med åpen cellestruktur, se fig. 15.

Lister med lukket cellestruktur som f. eks. rørformete lister, slepelister (unntatt enkle slepelister), lister av ekspandert kunststoff og også skumgummilister, tetter godt ved beskjeden sammentrykking (fugeklaringer på 80-90 % av lishøyden).

Lister med åpen cellestruktur som f. eks. tekstil- og skumplastlister må derimot klemmes kraftig sammen for å tette bra, og tettheten er meget avhengig av event. variasjon i fugeklaringen.

Enkle slepelister av metall tetter dårlig. Tettheten er bl. a. svært avhengig av at «fjæren» spennes. Enkle slepelister av kunststoff er vanskelig å montere så en unngår luftlekkasje i monteringssporet. Alle enkle slepelister er svært ømfintlige for ujevnheter i anslagsflatene (falsene).

Måling av tettelisters stivhet, dvs. måling av tettelisters motstand mot sammentrykking

Apparatur og prøvingsmetodikk

Måling av tettelisters stivhet ble gjennomført parallelt med luftgjennomgangsmålingene og ble utført i samme apparatur, se fig. 5 og 6. Listene presses sammen av vekten av speilglassplatene og av de plateformete loddene. Sammentrykkingen ble målt ved hjelp av fire måleure (et ved hvert av prøveplattens hjørner) ca. 1 min. etter belastning. For hver fugeklaring ble måleurene avlest før lufttrykket ble satt på. Under luftgjennomgangsmålingene vil lufttrykket forsøke å motvirke belastningen. Ved små belastninger kan lufttrykket heve platen noe fra anleggsplaten, trykkforholdene blir m. a. o. omtrent som over et innadslående vindu i værveg-

gen på et hus. Under luftgjennomgangsmålingene ble derfor fugeklaringene fiksert ved hjelp av mellomlegg av metall som ble lagt mellom prøveplate og anleggsplate. Prøveplatene ble deretter så sterkt belastet at lufttrykket under målingene ikke influerte på fugeklaringen. Luftgjennomgangsmålingene er derfor ikke alltid utført ved nøyaktig de samme fugeklaringer som de ulike belastingsstrinn tilsvarende. Det er tatt hensyn til dette forhold ved beregningen av resultatene, idet sammentrykningen avhengig av belastningen kun referer seg til de målte fugeklaringene. Luftgjennomgangen ved disse fugeklaringene er så senere tatt ut fra de kurvene som er tegnet på grunnlag av målt luftgjennomgang ved de fikserte fugeklaringene.

Belastingskrefter og forsøksprogram

En tidligere teoretisk beregning av vinduslukkernes strammekraft [1] viser at det er stor variasjon fra lukker til lukker. De svakeste lukkerne kunne maksimalt yte en strammekraft på ca. 6 kg. Denne kraft var bestemt av det svakeste leddet i lukkeren. Ved de sterkeste lukkerne var det derimot flatetrykket mot treverket som satte grensen til ca. 30 kg pr. lukker.

En vindusramme med normal størrelse har en omkrets på 3,5-5 m. Forutsatt at hver av hengslene overfører samme kraft som vriderne, vil den maksimale strammekraften en kan oppnå være lik fire ganger vridernes strammekraft. For et normalt vindu vil altså sammenpressingskraften pr. m tettelist bli tilnærmet vridernes maksimale strammekraft.

Vinduene bør ikke være så tunge å lukke at bare en del av lukkerne blir brukt. Det er derfor sannsynlig at den praktiske strammekraften er nådd lenge før den sterkeste vrideren når sin maksimale kraft. Den maksimale strammekraft er i våre forsøk derfor begrenset til 20-25 kg pr. m tettelist.

Av forsøksstekniske grunner ble sammenpressingen målt for belastingsintervaller på 5 kg, dog med en grunnlast på 2,5-2,8 kg (varierende med prøveplatenes tyngde). For de fleste listene ble sammenpressingen i forhold til kraften bare målt innen det fugeområdet hvor luftgjennomgangen er målt. Dette har ført til at sammenpressingen for enkelte lister bare er målt for en eller to belastninger.

Slepelister og slepelistliknende klemlister spenner mot anslaget på en annen måte enn klemlistene. Sammenpressingskraften kan vanskelig sammenliknes for de to typene. For slepelistene er den kraften som trengs for å vende sleperne når vinduet åpnes, ofte den avgjørende. Ved denne undersøkelsen er det derfor bare

tatt med rene klemlister. Av disse er samtlige grupper unntatt gruppe 2, asfaltimpregnerte skumplastlister, undersøkt. Forøvrig henvises til tabell 2. I denne tabellen er de undersøkte listene merket IB.

Resultatene

Det vil her føre for langt å gå nærmere inn på resultatene for hver enkelt list. Det som særlig interesserer, er forholdet mellom de ulike tettelistgruppene. På fig. 34 er resultatet for samtlige lister tegnet inn slik at de ulike tettelistgruppene skiller seg ut fra hverandre. Sammenpressingskreftene for de ulike tettelistene

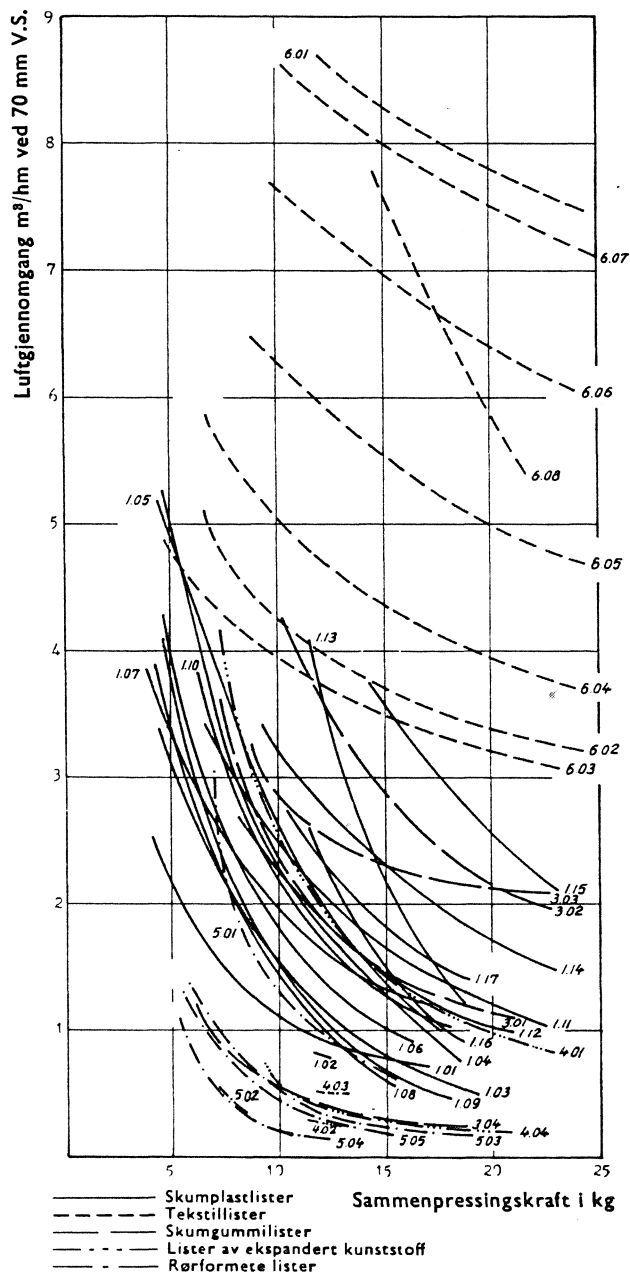


Fig. 34. Luftgjennomgang avhengig av sammenpressingskraften for de ulike gruppene av klemlister.

er gjennomsnittsverdier for de undersøkte prøveplatene. Disse verdiene er angitt på luftgjennomgangskurven for hver enkelt listtype, se figurene 13, 14, 16, 17, 21, 24, 26, 27, 28 og 31. Sammenpressingskreftene er så sammenholdt med gjennomsnittskurven for luftgjennomgangen målt ved 70 mmVS for de enkelte listtypene. Resultatene fremgår av fig. 34. For de lister hvor vi bare har få målinger av sammenpressingskraften, er resultatet angitt som punkter (korte kurver).

Av figuren fremgår at de *rørformete listene* trenger minst kraft for å tette godt. Samtlige undersøkte lister innen denne gruppen oppnådde karakteristikken «utmerket» ved en sammenpressingskraft på under ca. 7,8 kg.

Skumplastlistene trengte noe større kraft for å oppnå samme resultat. For de fleste listene innen denne gruppen varierte kraften fra ca. 5 kg til ca. 13 kg. Den dårligste skumplastlisten krevde imidlertid en kraft på ca. 23 kg. for å oppnå karakteristikken «utmerket».

Tekstillistene måtte, som figuren viser, presses sammen med forholdsvis store krefter for å tette ganske bra; men ingen av dem fikk karakteren «utmerket» selv ved en belastning på ca. 25 kg. De beste tekstillistene oppnådde imidlertid karakteristikken «god» etter en belastning på 7-15 kg. De øvrige tekstillistene var for stive.

Listene av skumgummi og ekspandert kunststoff varierte ganske mye i stivhet. Antallet undersøkte listtyper er dessuten så lite at det er vanskelig å angi et gjennomsnitt. De tetteste av dem ligger imidlertid på linje med de rørformete listene, mens de dårligste best kan sammenliknes med de mer utette skumplastlistene.

Orienterende aldriingsforsøk med kontroll av listenes lufttetthet

Apparatur og prøvingsmetodikk

Tettelistenes motstand mot klimapåkjenninger ble undersøkt ved at prøveplatene (de samme som ble benyttet ved forsøkene under de to foregående undersøkelsene) ble montert til et stativ som står på taket av laboratoriebygningen, se *figurene 35 og 36*. Listene står under tak og er følgelig beskyttet mot vertikal nedbør, men blir forøvrig utsatt for alle normale klimatiske påkjenninger fra uteklimaet. Prøveplatene kan monteres både på syd- og nordsiden av stativet. Tettelistene er ikke belastet under forsøkene, så eventuelle forandringer vedrørende listene skyldes utelukkende aldring p. g. a. klimapåkjenninger.

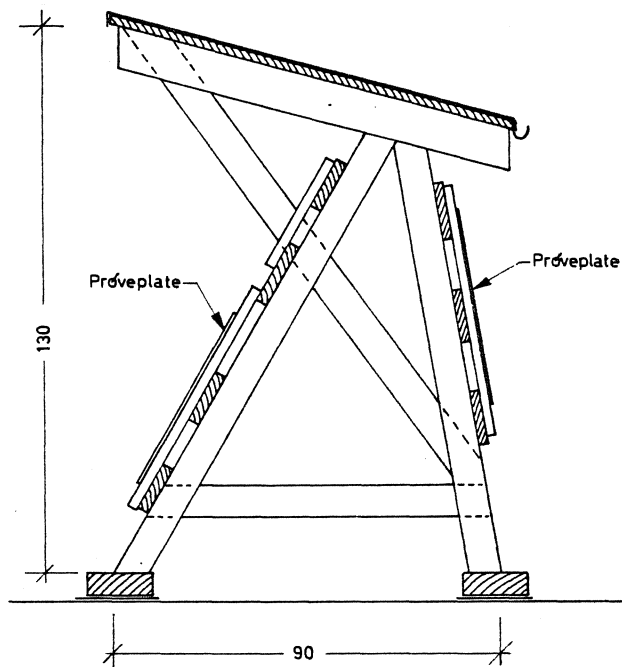


Fig. 35. Systemskisse av stativ for eksponering av tettelister mot fri luft.

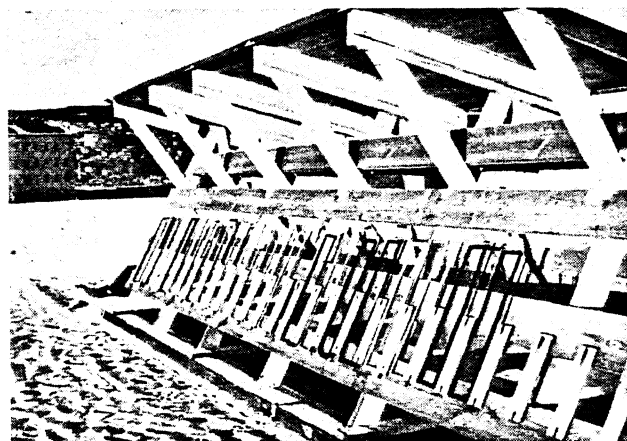


Fig. 36. Tettelister utstilt mot syd på taket av laboratoriebygningen.

Listene ble stadig inspisert og gjentagne ganger tatt ned for kontroll av lufttetthet avhengig av sammentrykkingen. Denne kontrollen ble foretatt i instituttets lufttetthetsapparat for tettelister (se fig. 5 og 6). Ved disse kontrollmålingene ble luftgjennomgangen målt ved den fugeklaring som hadde gitt «utmerket» tetthet (for tekstillistene: størst mulig lufttetthet) ved de innledende forsøk. Dersom listenes lufttetthet hadde endret seg vesentlig i løpet av eksponeringstiden, ble fugeklaringen minsket inntil en igjen hadde oppnådd «utmerket» lufttetthet. Når listenes lufttetthet tross maksimal sammenklemming ikke lenger kunne karakteriseres som «god», anså en forsøket for avsluttet. Aldringstiden er lik listenes eksponeringstid fra de ble utstilt på taket til siste kontrollmåling.

Tabell 4. Oversiktstabell for orienterende aldringsprøver.

Listgruppe	Antall forsøk	Ikke aldrete lister						Aldrete lister						Anmerkning
		Fugeklaring i % min gj.sn. maks			Sammenpr. kraft kg min gj.sn. maks			Eksp.tid mnd. min gj.sn. maks			Fugeklaring i % min gj.sn. maks			
1. skumplast	42	20	40	93	5	11	23	1	4.5	9	17	29	50	Brunfarging, krymping og hulldannelse
2. asf.impr. skumplast	4	43	48	57	12	12	12	4.5	4.5	4.5	30	32	35	Tørker
3. skumgummi	8	69	85	95	6	13	20	1	2.5	5	67	75	93	Forvitrer, sprekker, lerret krymper
4. eksp. kunststofflister	8	91	96	98	4	8	11	5	14	19 (36)*	73	80	87	Tørker. 5 forsøk ikke avsluttet
5. rørformete lister	11	84	96	98	4	6	8	15	17	24 (30)*	70	87	98	Hardner, krakilering, delvis feil montasje. 6 forsøk ikke avsluttet
6. tekstillister	18	(46	63	80)	(21	22	22)	(2	16	39) (39)*	(48	62	75)	Krymper og river seg løs, 1 forsøk ikke avsluttet
7. enkle slepelister	1	—	42	—	—	20	—	—	14	—	—	(38)*	--	Meget hard
8. doble slepelister	4	79	83	89	12	12	12	4	7	15	47	49	52	Sterk krymping, sprekke dannelse

(*) Gjennomsnittlig eksponeringstid for lister som fremdeles var brukbare ved forsøkets avslutning.

() Disse listene tilfredsstilte ikke tetthetskravene. Tallene refererer seg til maksimal tetthet ved ca. 22 kg belastning.

Trass i at en del av tekstillistene i de innledende forsøk ikke oppnådde karakteristikken «god», ble det gjennomført aldringsforsøk for samtlige. Aldringstiden for disse listene ble regnet fra listene ble utstilt på taket til lufttettheten hadde endret seg vesentlig, eventuelt til alvorlige synlige skader hadde oppstått. Disse skadene besto hovedsakelig i at listene krymper så sterkt at de rev seg løs og blåste bort, de var altså lette å tidfeste. Løse lister ble limt om igjen, kontrollmålt, og forsøket fortsatte.

Klimapåkjenninger og forsøksprogram

Av forsøks tekniske grunner ble prøveplatene satt ut for eksponering umiddelbart etter at de to tidligere beskrevne forsøk var gjennomført. Listene ble derfor satt ut til noe forskjellig tidspunkt, til dels ulike årstider. De ulike tettelistene kan derfor være blitt utsatt for noe forskjellige klimapåkjenninger. En har ikke kunnet konstatere at dette har influert vesentlig på resultatene. Av figurene 2 og 3 samt tabell 1 fremgår det hvilket klima listene til enhver tid har vært utsatt for. Fig. 2 viser en grafisk fremstilling av månedlig middel- samt maks- og minimumstemperatur, og fig. 3 viser gjennomsnittlig relativ luftfuktighet. Månedlig nedbørshøyde fremgår også av figuren. Til sammenlikning for disse verdier er det inntegnet normalverdier for de tilsvarende klimatiske data. Av tabell 1 fremgår de eksakte verdiene av ovennevnte observasjoner. Her finnes også oppgave

over de registrerte ekstremverdiene ved temperaturmålingene.

Aldringsforsøkene ble gjennomført på praktisk talt samtlige listetyper. De listene som har vært med i undersøkelsen fremgår av tabell 2. De er merket IC. En tilsvarende fortegnelse finnes også i fig. 37. Av denne figuren fremgår videre når listene er utsatt på taket, og hvor lang eksponeringstiden har vært for den enkelte list. En kan derfor lett finne tilbake til hvilke klimapåkjenninger de ulike listene har vært utsatt for.

Det var nærliggende å tro at tettelisten som sto eksponert mot syd, har vært utsatt for så sterk solbestråling evt. oppheting at de har fått en unormalt rask aldring. Som kontroll på dette ble en del lister satt ut på stativets nordside. Det fremgår av fig. 37 hvilke prøveplater dette gjelder.

Hensikten med de orienterende aldringsforsøkene var å finne frem til en sikker, men holdsvis hurtig metode til prøving av tettelistenes aldringsegenskaper. Ved bedømmelse av resultatene må en ta i betraktning at påkjenningene til dels har vært andre enn de listene vil få i vanlig bruk i vinduer. I eksponeringstiden har de utelukkende vært utsatt for uteklimaets påvirkning, men denne påvirkning har til gjengjeld vært sterkere enn den vil være i praksis. Listene har i løpet av forsøksperioden ikke vært utsatt for påvirkning fra inneklimate eller påkjent av den temperatur- og fuktighetsforskjellen som oppstår mellom ute- og inneklimate. Den

Fig. 37. Eksponeringstiden på taket for samtlige lister ved de orienterende prøver.

Listnr.	Prøve-plate	59		60		61		62		63		Anmerkning							
		A	S	O	N	D	J	F	M	A	M		J	J	A	S	O	N	D
1.01	65												Sterk krymping av lerret						
	66												Sterk krymping av lerret						
1.02	67												Sterk krymping av lerret						
	68												Sterk krymping av lerret						
1.03	22A												List løsner fra limbånd						
	26A												List løsner fra limbånd						
1.04	3												Krymping, brunfarget						
	4												Krymping, åpne hjørner						
1.05	1												Krymping						
	2												Krymping						
1.06	02A																		
	04A																		
1.07	11A												Prøveplaten har stått på nordsiden						
	50																		
	51																		
1.08	10A												Prøveplaten har stått på nordsiden						
	54																		
	55																		
1.09	7												Brunfarget						
	8A												Noe krymping						
	8												Sterk krymping, biter faller av						
1.10	5												Sterk krymping, biter faller av						
	5A												Prøveplaten har stått på nordsiden, noe krymping						
	6																		
	6A																		
1.11	01																		
	03																		
	15																		
	16																		
1.12	13																		
	14																		
1.13	9												Krymping og hulldannelse i plastmassen						
	10												Store hull dannes i plastmassen						
	9A												Store hull dannes i plastmassen						
1.14	23																		
	24																		
1.15	19												Krymper og åpner seg i hjørnene						
	20												Stor krymping						
1.16	11												Stor krymping, hull oppstår og biter faller av						
	12												Krymping						
1.17	21												Løstnet og blåst bort						
	22												Løstnet og blåst bort						

Fig. 37 forts.

Listnr.	Prøve- plate	60							61							62							63							Anmerkning							
		A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N		D	J	F	M			
2.01	59																																				
2.02	56																																				
2.03	58																																				
3.01	02																																				
	04																																				
3.02	25																																				
3.03	26																																				
	27																																				
	28																																				
3.04	29																																				
	30																																				
4.01	17																																				
	18																																				
4.02	11B																																				
4.03	20A																																				
	44A																																				
4.04	10C																																				
	41B																																				
	60A																																				
5.01	46																																				
	47																																				
5.02	48																																				
	49																																				
5.03	12A																																				
	45																																				
5.04	69																																				
	70																																				
	71																																				
5.05	21A																																				
	40A																																				
6.01	39																																				
	41																																				
6.02	33																																				
	34																																				
6.03	35																																				
	36																																				
	37A																																				

Listen renses for asfalt

Sterk krymping av lerret, gummimassen forvitrer
 Sterk krymping av lerret dekkband, listen rives i stykker
 Lerret krymper og river listen i stykker

Som prøveplate 25
 Som prøveplate 25
 Som prøveplate 25

Store tverrsprekker, gummimasser forvitrer
 Store tverrsprekker og forvitring

Listen virker tørr
 Virker tørr
 Løstnet og blåst bort

Små tverrsprekker (krakilering)
 Små tverrsprekker (krakilering)

Hard,
 Hard,

Feil montasje

Apne hjørner
 Apne hjørner

Slitt
 Løstnet og blåst bort
 Løstnet og blåst bort

River seg stadig løs fra plate, krymping
 Sterkt slitt
 Sterk krymping

pingen førte i en del tilfeller til at listene rev seg løs fra underlaget, se *fig. 38*. I andre tilfeller, se *fig. 39*, førte krympingen til at listene delte seg, og disse listene ble meget raskt brutt ned. Innen en og samme gruppe, f. eks. skumplastlistene, viser det seg at de listene som har slike dekkbånd, i gjennomsnitt har de dårligste aldringsegenskapene. Det er tidligere redegjort for dette forhold i en artikkel i Byggmesteren som omhandlet en del foreløpige resultater fra denne tettelistundersøkelsen [8].

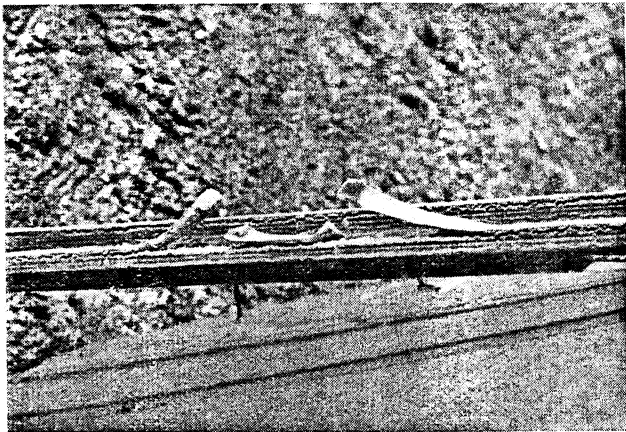


Fig. 39. Dekkbånd av lerret som krymper, forårsaker raskere forvitring av gummimassen, da det river listen i stykker.

Skumplastlistene har, som vist i tabell 4, dårlige aldringsegenskaper. Spredningen i resultatene var imidlertid stor. Plastmassen viste seg for de fleste listene å krympe mye. Krympingen var til dels så stor at enkelte lister ved siste prøve overhodet ikke fylte ut den opprinnelige fugeklaringen til tross for at de ved 1. gangs luftprøving hadde hatt ganske betydelig sammenpressing. Samtidig med denne krympingen fikk plastmassen gjerne en brunere farge. Det virket som om hele plastmassen tørket ut. Spesielt var heftsonen mellom limbånd og plast-

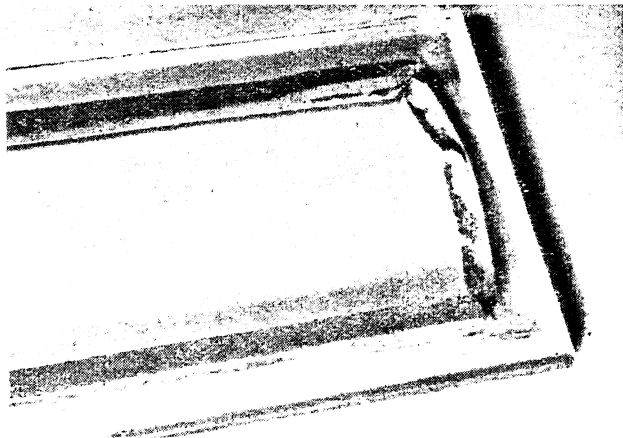


Fig. 40. Skumplastmassen løsner fra limbånd og forsvinner. Plasten var opprinnelig hvit, men er etter hvert blitt brun.

masse utsatt for «uttørking». Et typisk tilfelle er vist i *fig. 40*. I noen lister oppsto det etter hvert også en del huller, og disse hadde en tendens til å øke i størrelse ettersom tiden gikk, se *fig. 41*. Andre lister ble som tidligere nevnt ødelagt p. g. a. sterkt krymping av dekkbåndet, se *fig. 38*.

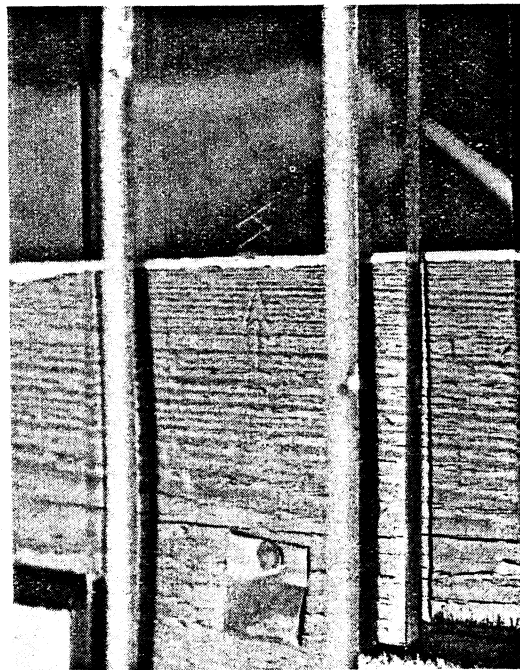


Fig. 41. Huldannelser i listene. Hullet oppsto etter ca. 14 dager og vokste etter hvert. Foto tatt etter 6 uker.

Asfaltimpregneringen av skumplastmassen i listene i gruppe 2 ser ikke ut til å ha innvirket nevneverdig på aldringsegenskapene. Listene ble lett tørre og smuldret opp. Det ble ikke funnet vesentlig forskjell på de opprinnelige listene og på listene som var rensset for asfalt.

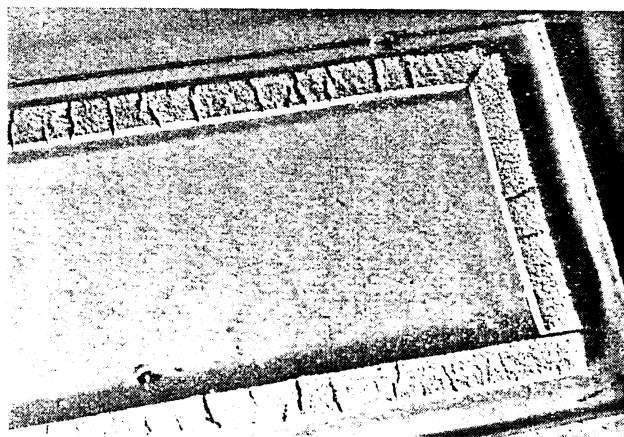


Fig. 42. Typiske sprekker i skumgummilist.

Skumgummilistene hadde som gruppe de absolutte dårligste aldringsegenskapene. Gummimassen ble raskt brutt ned, den ble tørr, sprakk

Listnr.	Prøveplate	59							60							61							62							63							Anmerkning																	
		A	S	O	N	D	J	F	A	S	O	N	D	J	F	A	S	O	N	D	J	F	A	S	O	N	D	J	F	A	S	O	N	D	J	F		A	S	O	N	D	J	F										
6.03	43A																																																					Sterkt slitt
6.04	37																																														Løstnet og blåst bort							
6.05	38																																							Løstnet og blåst bort														
6.05	43																																							Løstnet og blåst bort														
6.05	44																																							Løstnet og blåst bort														
6.06	31																																							Løstnet og blåst bort														
6.06	32																																							Løstnet og blåst bort														
6.07	40																																							Løstnet og blåst bort														
6.07	42																																							Slitt														
6.08	62A																																							Sterk krymping														
6.08	31A																																							Sterk krymping														
7.01	63																																							Hard, krympet														
7.02	60																																							Sterk krymping, klebrig overflate														
8.01	62																																							Sterk krymping														
8.02	41A																																							Sterk krymping														
8.02	64																																							Litt krymping														
8.04	61																																							Sterk krymping, tversprekker														

vesentlige mangelen ved de orienterende forsøkene er imidlertid at listene i eksponeringstiden ikke står klemt i en fuge. Av erfaring fra vinduer i praksis har vi sett at lister som ellers har gode aldringsegenskaper, kan raskt bli brutt ned om de står klemt mellom ramme og karm.

Resultatene

Aldringstiden for hver enkelt listtype går frem av fig. 37. Foruten oppgave over eksponeringstidens begynnelse og avslutning er det, så langt det har vært mulig, gjort rede for årsaken til den sterkt økede luftgjennomgangen. For de tettelisttypene som vi har gjengitt luftgjennomgangskurven for, har vi også så langt det har vært mulig, tegnet inn luftgjennomgangen som ble målt ved en del av kontrollforsøkene. Luftgjennomgangen er for disse målingene tegnet inn som punkter i diagrammet, se fig. 13, 14, 16, 17, 19, 21, 24, 26, 27, 28, 31, 32 og 33. Luftgjennomgangen er her angitt særskilt for hver enkelt prøveplate. Tallene ved disse punktene angir aldringstiden i måneder ved vedkomende kontrollmåling.

En innbyrdes sammenlikning mellom de ulike tettelistgruppene er satt opp i tabell 4. Tabellen viser antall forsøk samt gjennomsnittsverdiene og de absolutte maksimums- og minimumsverdiene for følgende data innen hver enkelt tettelistgruppe: fugeklaring og sammenpressingskraft for de nye listene, eksponeringstiden på taket og fugeklaringen ved siste måling for de allerede listene. Videre er det i tabellens anmerkingsrubrikk redegjort for de vanligste årsakene til at de enkelte listene er trukket ut av forsøkene. (Se tabellen side 28).

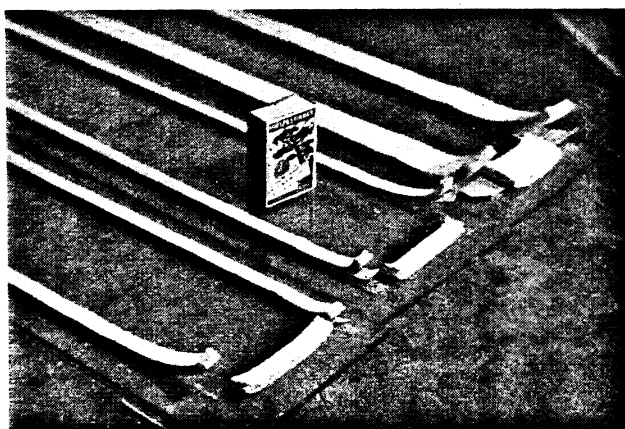


Fig. 38. Dekkbånd av lerret krymper og skumplasten rives løs fra limbånd og plate.

Et meget iøynefallende resultat fra aldriingsforsøkene var at tettelister og lister med dekkbånd av tekstil (lerret, filt e. l.) som regel fikk en sterkere krymping enn andre lister. Krymp-

og forvitret. *Fig. 42* viser et typisk eksempel. Til å begynne med var svinnsprekkene (tverrsprekkene) små og ble klemt sammen av belastningen under luftgjennomgangsmålingene; men etter ca. 5 mnd. var skadene blitt så store at listen måtte trekkes ut av forsøkene. Enda dårligere var de skumplastlistene som var dekket med lerretsbånd. Lerretsbåndene krympet og rev listene i stykker slik at luften kom i berøring med den indre gummimassen, og forvitringen skjedde uhyre raskt. Av de undersøkte skumgummilistene med lerretsbånd var den som er avbildet på *fig. 39* den beste. Den hadde en aldringstid på ca. 2 mnd.

Listene av ekspandert kunststoff hadde en betydelig bedre aldringsbestandighet. Et par av de undersøkte listene er laget av PVC og de andre av neopren. Den finporete PVC-listen har i løpet av forsøkene krympet noe og er blitt meget hard og virker tørr. Den har etter hvert blitt brunere. Likevel besto den prøvene enda ved avslutningen av forsøksserien. Den andre PVC-listen som hadde vesentlig grovere porer, ble raskt temmelig brun, og det så ut som celleveggene brast, og listen tørket. Denne listen har dårlig aldringsbestandighet.

Av listene av ekspandert neopren fantes det også to typer: en finporet og en noe mer grovporet. Ingen av de finporete listene var ødelagt ved forsøkens avslutning, men de var nok blitt noe tørrere i overflaten og hadde fått en tendens til å sverte litt av. De forholdsvis grovporete neoprenlistene så ikke ut til å ha fullt så gode aldringsegenskaper som de finporete. Listene tørket og støvet etter hvert ganske mye. Disse listene har på den ene siden en glatt neoprenhud (støpehud). De listene hvor denne huden vendte ut mot luften, oppnådde noe bedre aldringstid enn de andre av samme type som var limt med neoprenhuden mot underlaget. Det ser altså ut til at neoprenhuden beskytter listene mot nedbryting.

Av listene av ekspandert kunststoff var over halvparten fremdeles intakte da forsøkene ble avsluttet. Den gjennomsnittlige aldringstiden for disse listene var da som det fremgår av *tabell 4* ca. 36 måneder. Aldringstiden for de utrangerte listene var ca. 14 måneder.

De rørformete listene er også fremstilt av ulike råmaterialer. Noen er laget på PVC-basis, andre på basis av butadien, og atter andre av neoprenblandinger. Antallet tettelister innen denne hovedgruppen er for lite til at en kan vurdere og sammenlikne kvaliteten av de ulike listene. Resultatene synes imidlertid å vise at butadienlistene hadde de minst overbevisende aldringsegenskapene. Disse listene ble etter hvert

temmelig harde, de ble hvitere i fargen, og overflatene fikk en svak krakilering. Et par av listene var montert etter metode *d* (se *fig. 7*) og tålte ikke påkjenningene i de krappe bøyningene. Monteringshakkene forplantet seg etter hvert innover i listen. Ved en mer normal montasje ville resultatene sannsynligvis blitt noe gunstigere. En av butadienlistene var fremdeles intakt — om enn temmelig hard — ved avslutningen av forsøkene. Den hadde da vært eksponert i 38 mnd.

De to listtypene av PVC kan også synes å være av forskjellig kvalitet. Skilnaden kan imidlertid til en viss grad bero på de ulike monteringsmetodene som er brukt. List nr. 5.01 er limt til prøveplatene etter metode *d* (se *fig. 7*). Listen var så smal at den kunne føres rundt i «svingene» uten at det var nødvendig å skjære hakk i den. List nr. 5.05 er imidlertid montert i spor i en profilert trelist i prinsippet etter metode *e*. Selve listen er ikke limt i sporet, og eventuell krymping vil lett føre til at den får store punktlekkasjer i hjørnesammenføyningene. Som det fremgår av *fig. 37*, er list 5.05 utrangert p. g. a. åpne hjørner og derav følgende stor luftgjennomgang. Listen ble etter hvert noe gulere i fargen og virket litt tørrere i overflaten. List nr. 5.01 blir p. g. a. limingen holdt bedre fast til underlaget, en eventuell krymping gjør seg der ved ikke så sterkt gjeldende. Den er dessuten montert med bare en skjøl, og store hjørnelekkasjer kan derfor ikke oppstå. Etter å ha stått på taket i 40 måneder, var listen fremdeles tett nok, selv om det var en del småsprekker (krakilering) i overflaten på den.

De rørformete neoprenlistene kom sent med i forsøkene og har bare vært eksponert i ca. 20 måneder. De var da like tette som ved starten til tross for at en av dem var montert med en rekke snitt i listens ytterside (metode *d*, *fig. 7*). Det var heller ingen endringer å merke i listenes overflate.

Som *tabell 4* viser, ble den gjennomsnittlige aldringstiden for de rørformete listene som etter hvert ble tatt ut av forsøkene, ca. 17 måneder. (Aldringstiden for de listene som ble skadet p. g. a. uheldig montasje, er også medregnet i dette tallet). Vel halvparten av listene var imidlertid intakte ved forsøkets avslutning, og den gjennomsnittlige aldringstiden for disse listene var da ca. 30 måneder.

De flettete tekstillistene har etter hvert blitt tettere. De krymper, opptar støv fra luften og er vesentlig tettere i fuktig enn i tørt vær. Fuktighetsvariasjonene har vi imidlertid forsøkt å eliminere ved å legge listene i laboratoriet noen dager før kontrollmålingen.

Den sterke og vedvarende krympingen har ført til at listene til stadighet har slitt seg løs fra prøveplatene. Trass i stadig kontroll og om-
liming av løse lister, har omtrent halvparten av dem revet seg helt løs og blåst bort. Av de gjen-
værende er fem prøver tatt ut av forsøkene etter at de har krympet så sterkt at de ikke
lenger omslutter prøvingsapparaturens luftspalte. Listene på de gjenværende prøveplatene
(unntatt en) har etter hvert blitt temmelig sprø, strøpene frynses opp, og innleggstrådene
ligger bare, se fig. 43. Aldringstiden for disse listene ble i gjennomsnitt ca. 35 måneder. Ved
avslutningen av forsøkene var det en prøveplate igjen. Den hadde da vært eksponert i ca. 39
måneder.

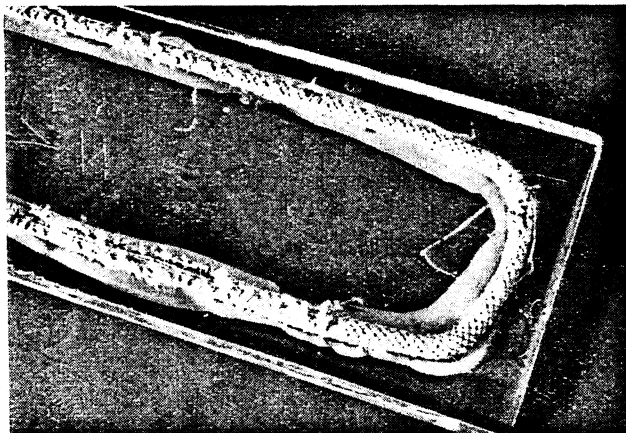


Fig. 43. Forvitring av ull-list.

I tillegg til de flettede tekstillistene har vi også undersøkt en vevd list. Den krympet imid-
lertid så sterkt at den måtte tas ut av forsøkene etter bare 2½ måned.

To av de enkle slepelistene har vært med i al-
dringsforsøkene. De er begge laget på PVC-
basis, men er likevel ganske forskjellige. List
nr. 7.01 er meget hard, mens list 7.02 er myk.
Resultatene for list nr. 7.02 er ikke tatt med
i tabell 4, da dens spesielle virkemåte gjør den
temmelig ulik andre lister. Den krympet gan-
ske mye under aldringsforsøkene, og overflaten

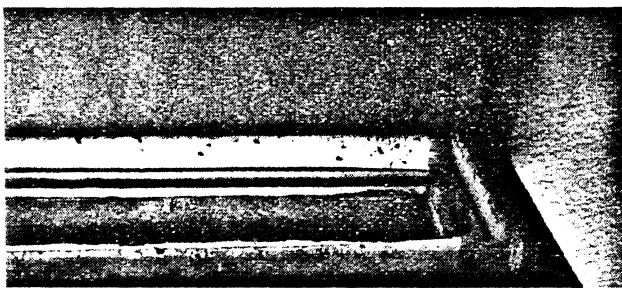


Fig. 44. Aldring hos PVC slepelist. Mykningsmidlet har trengt ut i overflaten og har gitt den et klebrig, sirupliknende belegg.

ble temmelig fort dekket av et sirupslignende
belegg som gjorde kontrollmålingene vanskelige
(se fig. 44). Dette belegget skyldes sannsynlig-
vis plastens mykningsmiddel som etter hvert
trekker ut i overflaten. (Ved de senere forsøk
med listen brukt i vanlige vinduer fikk den ikke
dette belegget).

List nr. 7.01 ble under aldringen gulere i
fargen. Den ble dessuten hardere etter hvert.
Det var vanskelig å fastslå om listen krympet
noe, men en hadde inntrykk av at den satt
løser i monteringsporet etter en tid. Dette kan
imidlertid skyldes svinn i treverket. Ved kon-
trollmålingene viste det seg at en stor del (over
50 %) av den økede luftlekkasjen skyldtes luft
som passerte «bak» listen i monteringsporet.
Ved de senere målinger tettet vi sporet med
plastilin for å unngå feilkilden.

Lekkasje i monteringsporene er imidlertid
en av de store ulemper som kan oppstå i prak-
sis. De forekommer nemlig også under *doble
slepelister* hvor sålen er bred. Typiske eksem-
pler gir listene 8.01 og 8.02 som begge ble mon-
tert «løst» i spor som vist på løsning a i fig. 45.

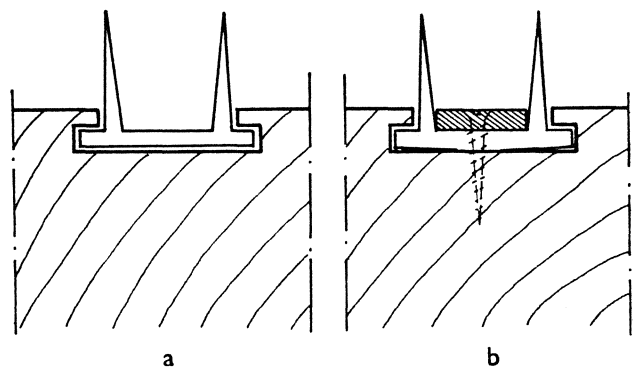


Fig. 45. Montering av slepelister. Luftlekkasjene minsker vesentlig om slepelistene klemmes mot bunnen i montasjesporet.

Vi har ved disse forsøkene og ved vanlige vin-
dusforsøk stadig sett at listene tetter godt
anlegget, mens lekkasjeluften strømmer bak lis-
ten i monteringsporet og gjennom hjørnene.
I nye vinduer tetter slepeprofilen godt mot spor-
veggene; men etter hvert som vinduene blir
eldre, og listene slites, blir klaringene mellom
treverk og tettelist større, og luften får mer
eller mindre fri passasje bak listene. Lekkasjene
i monteringsporet kan reduseres vesentlig om
en som ved de tidligste typene slepelister mon-
terer klemlister i bunnen på slepelistene, se løs-
ning b på fig. 45. Ved denne fremgangsmåten
har vi ved enkelte vinduer redusert luftlekkas-
sjene til bort imot det halve av opprinnelig lek-
kasje. Det kan sikkert også finnes andre måter
å hindre luften i å gå bakvegen, uten at en skal
komme nærmere inn på det her.

Alle de *doble slepelistene* var laget på butadienbasis og hadde en grå farge. Noen av listene var imidlertid tilsatt noe neopren. Felles for samtlige var at de krymper sterkt og raskt. *Fig. 46* viser et typisk eksempel: krympingen kunne for enkelte prøveplater gå opp i ca. 4 %. Tettelistene ble etter hvert også temmelig brune og virket tørrere i overflaten. Årsaken — eller en medvirkende årsak — til krympingen kan for en del prøveplater være at listene, som ikke var festet eller holdt fast i monteringsporet, var strukket under montasjen på fabrikken. Vi har også sett samme tendens til krymping i vinduer vi har hatt til prøving. Det er vesentlig lettere å montere lister dersom en strekker dem litt, men denne fremgangsmåten må absolutt frarådes.

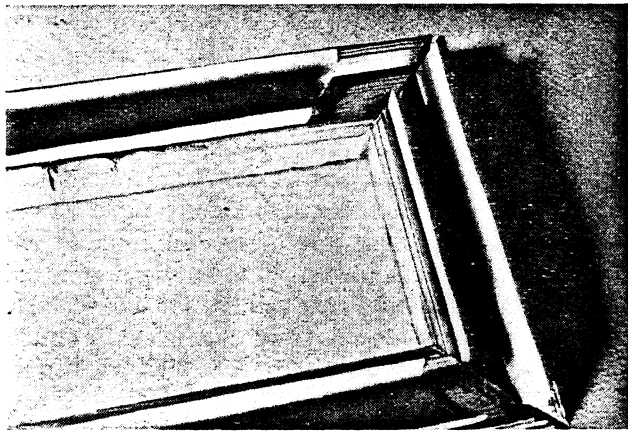


Fig. 46. Aldring hos slepelist av neoprenblandet butadiengummi. Listen er ikke holdt fast i sporet. Krympingen er ca. 4 %.

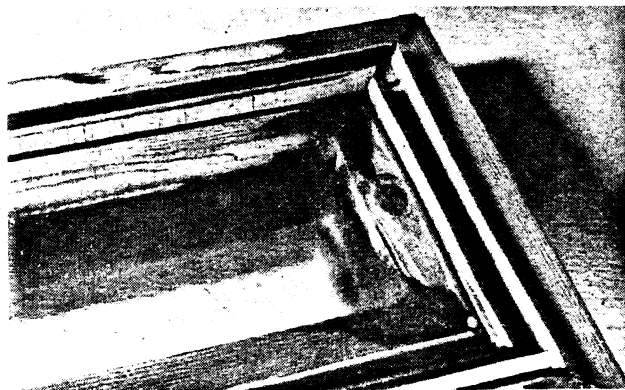


Fig. 47. Aldring hos slepelist av butadiengummi. Listen er holdt fast i sporet av en fastskrudd trelist. Krympingen har forårsaket dype tverrsprekker i sleperne.

En av de *doble slepelistene* i prøveserien var holdt fast i monteringsporet av en trelist. Også denne listen er nok laget av en uheldig gummiblanding. Listen krymper sterkt, og da den er holdt fast i sporet, forårsaker krympingen en

mengde små sprekker i kanten av sleperne. Etter hvert økte sprekkenes og ødela hele listen, se *fig. 47*. Listen virket sprø og tørr. (Det er ikke undersøkt hvordan krympingen ville artet seg om listen ikke hadde vært festet til monteringsporet).

Den raske aldringen av de *doble slepelistene* viser tydelig at det nok har vært brukt et uheldig råmateriale i listene. Omtrent samtidig med at denne aldringsundersøkelsen ble avsluttet, hadde nok også fabrikantene kommet til det samme resultatet. Listene gikk i hvert fall like etter ut av produksjonen og ble erstattet av nyere typer som var laget av langt bedre gummi. De nye listene var de nå så kjente sorte neoprenlistene. De er ikke representert i denne tettelistsundersøkelsen.

Konklusjon

De innledende aldringsforsøkene har vist at det var stor forskjell på listenes motstandsevne mot vær og vind. Ved vurderingen av forsøksresultatene må en imidlertid være klar over at listene sannsynligvis har vært utsatt for til dels andre klimapåkjenninger enn de vil få i praksis. Det er heller ikke sikkert at listene vil være så innbyrdes ulike når de blir brukt i vinduer. I vinduer vil listene stå sammenklemt i en fuge, og en del av dem vil muligens brytes raskt ned av presset, mens andre vil tåle det godt.

De innledende aldringsforsøkene viser at skumgummilistene er meget dårlige. Lister på butadienbasis krymper og blir hardere etter hvert. Skumplastlistene brytes raskt ned av vær og vind, de tørker etter hvert. Dekkbånd av lerret samt tekstillister krymper sterkt og river seg løs. Neoprenlister og en del lister av PVC ser ikke ut til å bli vesentlig påvirket av vær og vind.

Belastingsforsøk med nye tettelister for å finne eventuell varig deformasjon

Apparatur, prøvestykker og prøvingsmetodikk

I praksis ser vi av og til lister som med tiden er blitt så flate at de ikke fyller ut den fugen de er plassert i. (Det har hendt at vi har fått prøvevinduer hvor listene ved ankomsten har vært så dårlige). Andre lister er blitt tydelig mindre enn de opprinnelig var; de fyller nok ut fugen, men de yter neppe særlig press på anslagsflaten. Slike deformasjoner vil utvilsomt influere på listenes lufttettende evne. En av årsakene kan være langtidsbelastning, altså en utmatting av listene. Vi har ved enkle forsøk prøvd å finne ut om slike påkjenninger kan være skjeb-

nesvangre for listene. Resultatene er imidlertid magre.

For hver listtype som ble undersøkt, ble det laget en prøveplate av speilglass. På denne glassplaten ble det så limt to 15 cm lange tettelistbiter. Over tettelistene ble det lagt et plant «lokk» som ble belastet og dermed klemte listene sammen. For å få en bestemt fuge, ble det mellom glassplatene og «lokkene» lagt små avstandsstykker av metall. Belastingen var stor nok til å klemme lokkene til anlegg mot avstandsstykkene.

Tettelistene sto sammenklemmt slik i ca. en uke, ble så avlastet og målt etter at listene hadde reist seg (dette tok ofte en 6-7 timer). Deretter ble listene belastet på ny og fikk stå sammenklemmt i ca. en uke igjen. Tettelistene gjennomgikk en rekke slike cykler. Ved de aller første forsøk ble listene klemt i en 2,0 mm fuge, mens fugene for de senere listene varierte fra 1,5-4,0 mm, dog slik at en og samme tetteliste (prøvestykke) alltid ble klemt til samme fugebredde.

Alle målinger av tettelishøyder ble utført i en apparatur som er beregnet for måling av konsistens i fersk mørtel. Virkemåten fremgår i prinsippet av *fig. 48*. Prøveplaten legges på en basisplate, og en ca. 20 mm bred føler vippes ned på tettelisten. Basisplaten justeres så opp

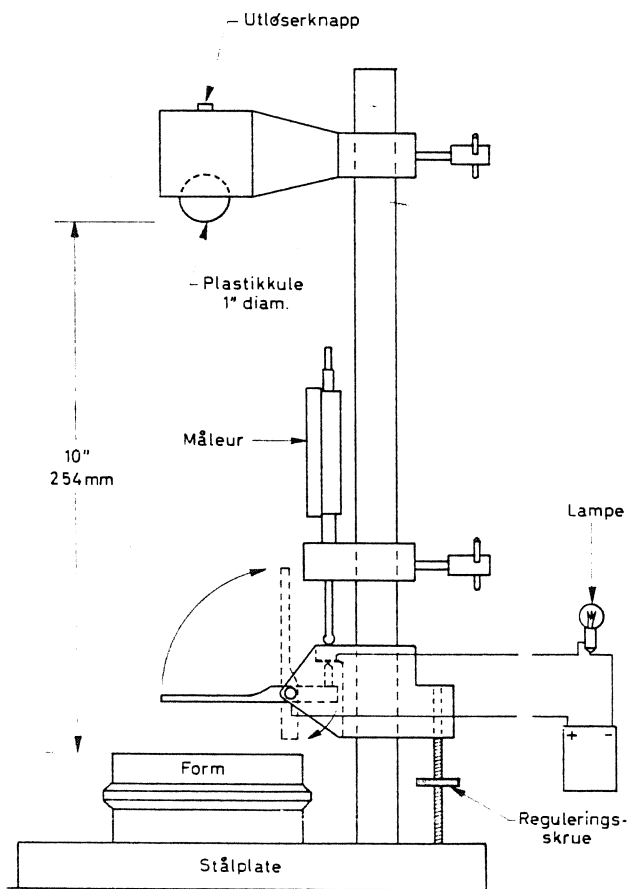


Fig. 48. Dropping Ball Apparatus ble brukt for måling av tettelishøyder ved belastingsforsøkene.

eller ned inntil føleren såvidt har anlegg mot tettelisten. Dette registreres ved at føleren når den er fri, bryter forbindelsen i en strømkrets slik at en liten kontroll-lampe slukker. Avstanden mellom føler og basisplate måles ved hjelp av måleur. Denne apparaturen ble brukt til måling av tykkelse både på glassplater og tettelister. Resultatene er utregnet som gjennomsnittsverdier av 6 observasjoner.

Som det senere vil fremgå, kan en ikke trekke noen konklusjoner ut fra disse forsøk. Årsaken kan være at forsøkene ble kjørt for kort tid (til tross for en prøvetid på nesten 5 måneder) eller at påkjenningene har vært for ensidige, eventuelt for svake. Vi har derfor utført noen enkle forsøk med meget store belastinger. Disse ble utført på prøveplater av samme type som tidligere. Prøveplatene ble lagt på plant underlag med tettelistene opp. Stålplater (de samme som ble brukt som lodd på lufttethetsapparatet) ble så lagt som lodd direkte på tettelistene. Den belastete del av tettelistene på hver prøveplate var 25 cm lang. Stålplatene veide 10 kg, tilsvarende en belastning på 40 kg pr. m list, altså en meget hard sammenklemming. Listene lå sammenklemmt slik i laboratorieklimaet i ca. 3 døgn før de ble avlastet. Etter avlastingen ble listene til å begynne med målt med korte mellomrom, senere med noe større intervaller inntil listene hadde reist seg helt, eventuelt til forsøket måtte avbrytes p. g. a. lang prøvetid (i praksis ble dette ca. 4 døgn). Deretter ble listene belastet igjen, og forsøket ble gjentatt som beskrevet ovenfor. Under disse forsøkene ble listene målt med skyvelær, og resultatet gis som gjennomsnitt av fire målinger. Forsøkene ble avsluttet etter at listene hadde gjennomgått tre slike cykler, idet en er noe usikker på nytten av dem. I praksis vil jo listene stå klemt i en fuge. Hovedsaken er at de stadig spenner godt mot fugeflatene og dermed tetter tilstrekkelig. En god liste må også beholde denne egenskapen om fugen øker i bredde innen rimelighetens grense. Det er av mindre betydning om listene etter avlastning hever seg til sin fulle opprinnelige høyde.

Forsøksprogram og resultater

Deformasjonsforsøk med forholdsvis svak belastning (listene ble presset sammen til bestemte fuger) ble gjennomført for de listene som er oppført i *tabell 5*. Tabellen viser også hvilke fuger de ulike listene er sammenpresset til samt hvor mange forsøkscykler listene har gjennomgått ved de ulike fugeklaringer.

De seks første listene i *tabell 5* ble sammenklemmt til fuger på 2,0 mm i 5 cykler. Deretter ble fugene forskjellige for de ulike listene. Disse 6 listene har gjennomgått i alt 13 forsøkscykler.

Tabell 5. Lister som har gjennomgått deformasjonsforsøk med stadig sammenpressing til samme fugeklaring.

List nr.	Dim. b × h	Klaring	Antall sykler	Klaring	Antall sykler
1,05	7 × 8	2 mm (25 %)	5	2,5 mm (31 %)	8
1,10	9 × 7	2 mm (28 %)	5	4,0 mm (57 %)	8
1,11	9 × 7	2 mm (28 %)	5	4,0 mm (57 %)	8
1,12	6 × 6	2 mm (33 %)	5	4,0 mm (67 %)	8
1,15	10 × 5	2 mm (40 %)	5	1,5 mm (30 %)	8
1,16	10 × 5	2 mm (40 %)	5	2,5 mm (50 %)	8
1,14	10 × 8	2,8 mm (35 %)	8		
1,16	10 × 4	2,0 mm (50 %)	8		
1,17	6 × 4	1,5 mm (38 %)	8		
3,01	15 × 2,5	1,7 mm (68 %)	8		
3,02	5,5 × 4	2,5 mm (62 %)	8		
3,03	8 × 5	2,5 mm (50 %)	8		
3,04	9 × 3	2,8 mm (93 %)	8		
4,01	13 × 3	2,8 mm (93 %)	8		
5,01	h = 5,6	4,5 mm (80 %)	8		
6,03	6,5 × 3,5	2,8 mm (80 %)	8		

Tabell 6. Listhøyder målt etter at listene har vært klemt sammen med en last lik 40 kg/m. Tiden er angitt i timer og minutter (eks.: 0,06 = 6 minutter).

	1. cykel		2. cykel		3. cykel	
List nr. 1.10, høyde 5 mm, bredde 6 mm.						
Sammenklemt til	32 %		16 %		16 %	
etter timer, reist til	0,06	75 %	0,02	77 %	0,02	83 %
	0,18	80 %	0,14	83 %	0,14	87 %
	0,33	82 %	6,08	89 %	14,38	91 %
	23,30	88 %	28,49	89 %	19,20	93 %
	72,32	95 %	47,52	90 %	36,30	93 %
List nr. 1.11, høyde 7 mm, bredde 9 mm.						
Sammenklemt til	17 %		13 %		14 %	
etter timer, reist til	0,05	87 %	0,03	87 %	0,02	81 %
	1,47	90 %	1,30	90 %	0,18	89 %
	2,20	94 %	19,30	90 %	4,18	90 %
	44,10	94 %	47,42	92 %	35,45	92 %
List nr. 4.04, høyde 4,5 mm, bredde 9 mm.						
Sammenklemt til	31 %		42 %		36 %	
etter timer, reist til	0,07	56 %	0,07	55 %	0,06	53 %
	0,55	60 %	1,25	57 %	0,17	60 %
	23,09	78 %	25,30	79 %	19,08	78 %
	72,40	83 %	68,07	89 %	36,20	83 %
	121,09	88 %	91,50	89 %	94,25	84 %
List nr. 5.04, høyde 5,4 mm, bredde 10,5 mm.						
Sammenklemt til	43 %		42 %		43 %	
etter timer, reist til	0,05	93 %	0,03	91 %	0,02	90 %
	1,42	96 %	0,08	94 %	0,11	95 %
	3,55	99 %	3,42	98 %	0,27	96 %
			6,06	100 % *	4,15	99 %

* Høyden er ikke målt, men det var umulig å se hvor loddene hadde presset listen sammen.

Etter som tiden gikk, ble det stadig vanskeligere for list 1.15 å reise seg igjen, og da forsøkene ble avsluttet, reiste den seg bare til ca. 45 % av full høyde. Inntil 5 sykler oppførte listen seg imidlertid normalt, men ble stadig lavere etter at den fra og med 6. sykkel ble meget hardt sammenklemt. Ingen av de andre fem listene i denne gruppen har vist samme tendens til tross for at både 1.05, 1.10, 1.11 og 1.12 har vært klemt sammen like hardt eller hardere enn 1.15. Alle listene i denne første gruppen (unntatt 1.15) har variert en god del i høyde fra sykkel til sykkel. Dette tyder på at forsøksmetodikken, eventuelt måleapparatene ikke egner seg for slike forsøk.

De øvrige 11 listene i tabell 5 er prøvd på samme måte som de 6 første. Listene er under forsøkene presset sammen til så pass små fuger at en kan vente at listene tetter godt for luft. Påkjenningene på listene var altså meget moderate, og resultatene ble temmelig magre. Listene 1.16 og 3.01 ble tynnere etter som tiden gikk, og list nr. 3.03 reiste seg dårlig etter første sykkel og forble temmelig flat resten av forsøksperioden. (List 3.03: 1. sykkel: 66 %, 8. sykkel: 62 %). For de øvrige listene var endringene så små eller resultatene så variable at en ikke kan si noe bestemt om eventuelle deformasjoner.

Erfaringene fra list 3.03 er ganske interessante. Resultatene viser at en sammenklemming på 50 % har vært for hard påkjenning for den. Dette stemmer godt overens med våre erfaringer fra forsøk med vinduer. Kompakte (ikke rørformete) lister med lukket cellestruktur ser ut til å bli lett deformert om de klemmes hardt sammen. Vår teori går ut på at de små lukkede cellene punkteres når listen klemmes hardt. Lufta drives dermed ut. Når sammenpressingen opphører, finnes det ingen ytre kraft som kan drive luften tilbake i cellene igjen, og celleveggene i seg selv er for svake til å utføre dette arbeidet. Dermed er listen varig deformert.

Den siste delen av undersøkelsene (deformasjonsforsøk med stor belastning) ble utført på fire typer lister, nemlig: nr. 1.10 (dimensjon 6x5 mm), nr. 1.11 (dimensjon 9x7 mm), nr. 4.04 (dimensjon 9x4,5 mm) og nr. 5.04 (dimensjon 10,5x5,4 mm). Ved disse forsøk ble det foretatt en serie målinger som til en viss grad gir et visst begrep om den hastigheten listene hevet seg med. Listene har gjennomgått tre sykler hver med en belastning på 40 kg pr. m list. Resultatene er gjennomsnitt av fire målinger og fremgår av *tabell 6*.

Materialet er for lite til å trekke sikre slutninger fra, men alt tyder på at den hule listen 5.04 reiser seg vesentlig fortere og bedre enn de andre tre listene. Det ser ut til at list nr. 4.04 som er en «kompakt» list med lukkede celler ikke reiser seg så godt som de andre listene.

Undersøkelse av tettelistenes frostbestandighet

Apparatur, prøvestykker og prøvingsmetodikk

Til frostprøvene ble det brukt samme apparatur som til måling av lufttetthet avhengig av sammentrykningen (se fig. 5 og 6). Hensikten med forsøkene var å finne eventuell endring i listenes lufttettende evne etter at de hadde vært frosset en rekke ganger. Til forsøkene ble det også brukt prøvestykker av samme type som til luftgjennomgangsforsøkene.

Etter første luftgjennomgangsmåling ble prøveplatene satt inn i fryserom med en temperatur på ca. -18°C . Platene sto der i 2-3 døgn og ble så tatt ut, og luftgjennomgangen i listene ble målt etter at listene hadde nådd romtemperaturen. Deretter ble listene igjen satt inn i fryserommet, og påkjenningene på og prøvingen av listene ble gjentatt som ovenfor beskrevet.

Som det fremgår av neste kapittel, ble resultatene av forsøkene temmelig magre. I siste del av forsøkene fuktet vi tettelistene før de ble frosset ned i fryserommet igjen. De fikk tine og tørke før luftgjennomgangen ble målt på ny. Fuktige lister er nemlig som regel noe tettere enn tørre.

Forsøkene viste at skumplastlistene ikke ble særlig påvirket av frost selv når de er våte. Vi antar imidlertid at en stor del av de frostskaader som forekommer i praksis skjer fordi listene er frosset fast til anslagsflatene og derfor blir revet i stykker når vinduene åpnes. Disse skadene skyldes altså mekanisk påkjenning som vi ikke har etterliknet i våre forsøk.

Forsøksprogram og resultater

Undersøkelser av tettelistenes frostbestandighet var en av de første serier som ble satt i gang. Vi undersøkte bare list nr. 1.04 og list nr. 1.11 for å få et inntrykk av hvordan listene sto. Undersøkelsene pågikk i 3 måneder, og i løpet av denne tiden øket luftlekkasjen gjennom listene med 12-13 %. Listene hadde i denne tiden ikke fått synlige skader.

Det ble derfor ikke utført flere forsøk av denne type. Det var imidlertid hensikten å få til et mer sammensatt forsøk med bruk av hele vinduer innsatt i vegg mellom varmt og kaldt rom; men da prøvevinduene fra forsøkshusene ble ledige, hadde vi dessverre ikke mulighet for å gjennomføre programmet.

I praksis har vi sett at lister kan rives i stykker når de fryser fast. Når det gjelder slepe- lister, har vi sett flere eksempler på at sleperne etter en tid har bøyd seg over til en side. Ifølge opplysninger fra gummikjemikere kan dette be-

ro på bruk av uheldige gummiblandinger. Enhver gummiblanding har nemlig sin kritiske temperatur. Blir listene kjølt ned under denne temperaturen, vil det foregå en krystallisasjon i gummi Massen, og listene blir varig deformert slik de er bøyde. Ved kjøp av lister av kunstgummi bør en derfor forvise seg om at den kritiske temperaturen for gummi ligger lavere enn den temperaturen en kan regne med at listene blir utsatt for i praksis.

Undersøkelse av tettelistenes slitasje- motstand

Apparatur, prøvestykker og prøvingsmetodikk

For disse forsøkene konstruerte vi et slitasjeapparat, som er vist i prinsipp i *fig. 49*. Til et stativ er festet en motor som er koplet til et eksenterhjul. Ved hjelp av en overføring fra eksenterhjulet åpnes og lukkes en «vindusramme». «Karmen» er fast montert til stativet. Åpningshastigheten er 9 ganger pr. min.

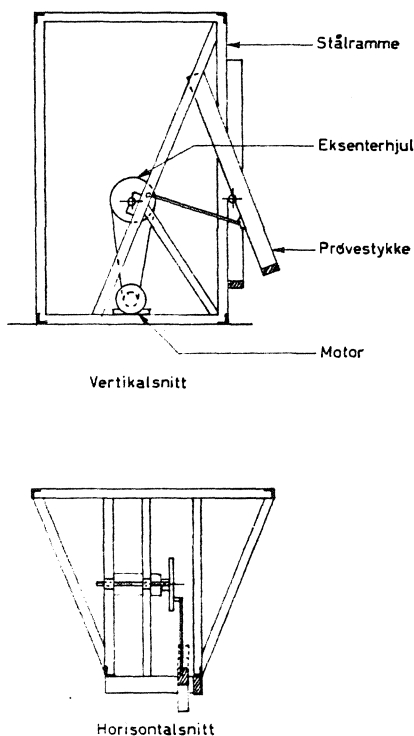


Fig. 49. Systemskisse av slitasjeapparat.

Prøvestykkene, «ramme» og «karm» utformes forskjellig alt etter om det er slepelister eller klemlister som skal undersøkes. For slepelister undersøkes særlig slitasje i vindushjørnene og ved omdreiningssaksen for svingvinduer. Når slitasje ved omdreiningssaksen undersøkes, koples rammestykkene sammen til en enhet som festes til overføringsstaket fra eksenterhjulet.

Et karmstykke monteres fast til apparaturen på hver side av rammestykket. En stålaksling går gjennom både karm- og rammestykke ca. 1 cm til side for listen. Stålakslingen fungerer som omdreiningssakse. Karm- og rammeprofilene kan hver for seg forskyves i sideretningen slik at en kan innstille nøyaktig klaring for tettelistene.



Fig. 50. Slitasjeundersøkelse. Slitasje av list for svingvinduer studeres.

Fig. 50 viser undersøkelse av en slepelist montert i hjørne. Ved disse undersøkelsene bruker vi bare en karmside, men monterer også en del av en bunnkarm i vinkel til sidekarmen. Disse delene blir fast montert til stativet, men slik at de kan justeres i høyde og bredde. Prøverammen blir også utformet som en vinkel med fast hjørneforbindelse. All justering av klaringen for tettelistene utføres ved å forandre karmstillingen.

Ved alle slepelistforsøk har vi brukt rektangulære karm- og rammedeler med plan overflate. Tettelistene har vært montert i egne monteringslister som ble skrudd fast til ramme- eller karmprofil. De innledende forsøkene viste at slitasje ble vesentlig større om listene ble slitt mot ubehandlet (glatthøvlet) treverk enn om anslagsflaten var fullt ferdig malingsbehandlet. Eventuelle ujevnheter eller skarpe kanter på anslagsflaten slet også mer på listene enn glatte, jevne flater med godt avrundete kanter. *Fig. 51* gir et tydelig bilde av hva som skjer når listene stadig slites mot skarpe kanter, listene skaves nærmest opp langs kanten. For å oppnå jevnest mulig forhold under de ulike prøvene,

ble karm- og rammedeler grunnet, sparklet, slipt og malt med to strøk maling.

For klemlister blir det brukt en tilsvarende anordning som for undersøkelse av slitasjen for slepelesthjørner. Karm og rammedelen ble montert i vinkel og danner et vindushjørne. Selve karm- og rammeprofilene var meget enkle. Det ble høvlet en fals som gir et 11 mm bredt anslag i et ellers rektangulært profil. Overflatebehandlingen ble utført som for slepelesthjørner.

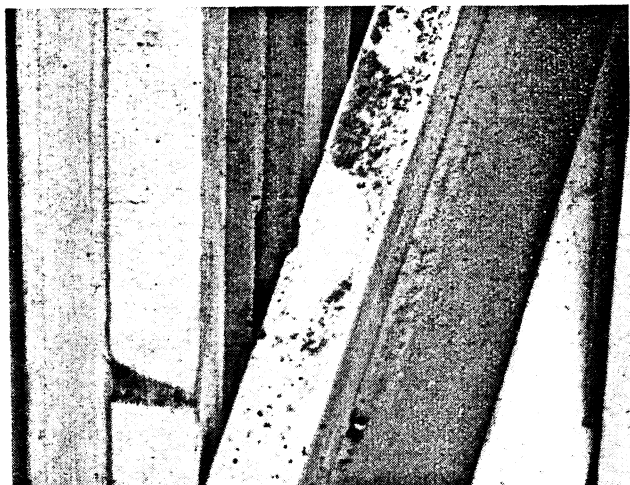


Fig. 51. Slepelesthjørner odelegges lett om de slites mot skarpe kanter eller andre ujevnheter i fugeflaten. Avslitt gummistøv ligger på rammen.

For undersøkelse av sliteasjemotstanden kan det i apparatet også settes inn hele sidehengslete eller svinghengslete vinduer. Det er imidlertid enklere å forandre klaringene for listene når en bruker egne rette eller «vinkelformete» karm- og rammestykker så ingen av slitasjeforsøkene i tettelistundersøkelsen ble utført i vanlige vinduer.

I apparatet er listene utsatt for ren mekanisk påkjenning i en romtemperatur på ca. +20°C. Motoren har en hastighet på 9 omdreining pr. min. En prøvingstid på 1 time gir altså en slitasje som etter 540 åpninger og lukninger i et vindu. Vinduer som i praksis åpnes 1-2 ganger pr. dag, vil få samme slitasje (under ellers like forhold) etter ca. 1 års bruk. Listene i luftvinduer i skoler vil etter 3 måneder få samme slitasje som om de var kjørt 1 time i slitasjeparatet.

Det var et tidkrevende arbeid å stille inn nøyaktige klaringer i slitasjeparatet. Vi ville derfor nødig ta listene ut av apparatet under prøvingen for å måle eventuell endring i lufttetthet på grunn av slitasje. Slitasjen ble derfor målt direkte ved hjelp av skyvelære. Når det oppsto revner, sprekker eller andre synlige skader, ble slitasjen dessuten vurdert rent subjektivt.

Forsøksprogram og resultater

Slitasjeundersøkelsene viste seg å være særlig aktuelle for slepelesthjørner. Det var umulig å se noen tydelig slitasje på klemlistene. Den eneste forandring vi kunne merke, var at de var trege til å reise seg igjen dersom de hadde stått sammenklemt en tid i slitasjeparatet. Listenes evne til å reise seg igjen etter forholdsvis langvarig sammenklemming er tidligere behandlet i avsnittet: «Belastingsforsøk med nye tettelisteter for å finne eventuell varig deformasjon». I dette kapitlet om slitasjemotstand tar vi derfor bare med lister som i praksis vil bli utsatt for friksjons-slitasje, d. v. s. slepelesthjørner.

Vi innskrenket oss til å undersøke list nr. 8.01 og 8.02 fordi de øvrige som var med i undersøkelsen, gikk ut av produksjonen. Også disse to produseres nå av bedre råstoff enn dem vi undersøkte. Det har derfor liten hensikt å gjengi resultatene i detalj. Vi vil her bare referere de erfaringene vi har høstet fra undersøkelsen. (En del av prøvingsresultatene er gjengitt i NBI Særtrykk 55 [8]).

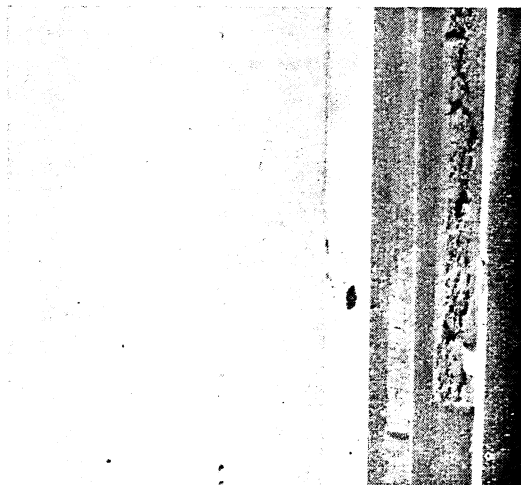


Fig. 52. Sleperne brytes i stykker dersom klaringen mellom karm og ramme er liten. (Den øvre delen av listen har raget ut av fugen og er ikke slitt).

Slepelesthjørner får sin største påkjenning idet vinduene åpnes. Sleperne ligger da mot bevegelsesretningen, de bryttes over og blir liggende doble i fugen. Dersom klaringen er liten, skal det stor kraft til dette arbeidet, og påkjenningene på listene blir meget store. Dette illustreres av fig. 52. Slepelesthjørner er her brukket helt i stykker. Forsøksresultatene viser at slitasjen på sleperne blir særlig store når fugebredden er mindre enn ca. 50 % av fri sleperlengde. (Følgende fugeklaringer er undersøkt: 71 %, 56 %, 43 % og 35 %). Som ventet tyder resultatene på at tynne lister tåler hard sammenklemming bedre enn tykke lister. Men forsøks-

materialet er for magert til å kunne si mer om sammenhengen mellom slitastemotstanden og slepernes slankhet.

Når fugeklaringene er små, går det særlig hardt ut over slepeleste i vindushjørnene. *Fig. 53* viser en liste etter at vinduet er åpnet og lukket 22 ganger. Sleperne er dels revet av og dels så sterkt slitt at listen er ubrukbar. Fugeklaringene ved dette forsøket var ca. 35 %. Forsøkene

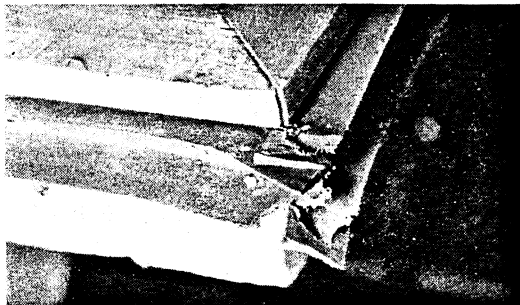


Fig. 53. For liten klaring har ført til at listen er slitt i stykker i hjørnet. Vinduet er åpnet/lukket 22 ganger. Fugeklaringen var ca. 35 % av fri sleperlengde.

viste at for de undersøkte listene burde fugeklaringen minst være 50-60 % av den frie sleperlengden, om en ville oppnå jevn slitastje også i hjørnene.

Ved en del av hjørneforsøkene ble de delene av sleperne som overlappet hverandre, limt sammen. Andre forsøk ble kjørt uten sammenliming. Det så ut til at slitastjen på listene ble størst når vi limte overlappene. Listene ble da stivere og ble etter hvert temmelig tynnslitte. Det var imidlertid undersøkt så få av hver av disse utførelsene at det er vanskelig å trekke sikre slutninger.

Etter at slitastjeprøvene i tettelistundersøkelsen var avsluttet, har vi undersøkt noen av de nye svarte slepeleste av neopren, som kom på markedet etter de grå listene. De svarte listene virker seigere og smidigere. De ser ut til å tåle smalere fuger og har atskillig større slitestyrke enn de gamle typene. Før vi kan gi mer detaljerte opplysninger om disse listene, må vi imidlertid eventuelt utføre en rekke nye forsøk. På det nåværende tidspunkt har vi ingen planer om dette.

Praktiske forsøk med tettelister montert i vinduer

De orienterende laboratorieforsøkene har skaffet oss erfaringer om tettelistenes egenskaper på en rekke ulike områder. Disse forsøksresultatene er imidlertid oppnådd under helt spesielle og ganske bestemte påkjenninger. I praksis vil listene bli utsatt for en hel rekke ulike påkjenninger samtidig. De praktiske forsøk ble derfor satt i gang for å finne hvordan listene ville oppføre seg i vanlig bruk. Listene ble montert i vanlige vinduer som ble satt inn i vestveggen på et av våre forsøks hus, se *fig. 54*. Listene vil her bli utsatt for omtrent de samme påkjenninger som de vil få i vanlige boliger.

De praktiske forsøkene var aldringsforsøk i videste forstand. Som kontroll på tettelistenes kvalitet til enhver tid, ble det utført laboratorie-

målinger med jevne mellomrom. Hele vinduet ble da betraktet som en enhet, og resultatene refererer seg til denne enheten. Kontrollforsøkene omfattet lufttetthetsmålinger og slagregnundersøkelser.

Prøvevinduer og forsøksprogram

I forsøks huset hadde vi i alt plass til 28 vinduer, 14 av størrelse 60x120 cm og 14 av størrelse 60x60 cm. Fem av de store vinduene var spesialvinduer, dvs. profilene var laget spesielt for de tettelistene som skulle brukes. Disse vinduene ble levert med tettelister montert fra fabrikk. De andre vinduene var i hovedsaken utformet etter NS 763, Norsk Standard for utadslående koblede vinduer. Av økonomiske grunner ble vindusrammene laget i en enkel profil. I topp- og bunnstykkene på vindusrammene ble det boret tre hull med en diameter på 5 mm for at en eventuell innvirkning fra luftrommet mellom glassene skulle bli så nær forholdene i praksis som mulig. Profilene for disse prøvevinduene og innsetningsmåten i forsøks huset fremgår av *fig. 55*.

I forsøks husene ble prøvevinduene montert i et bindingverk og holdt fast der av små stål-

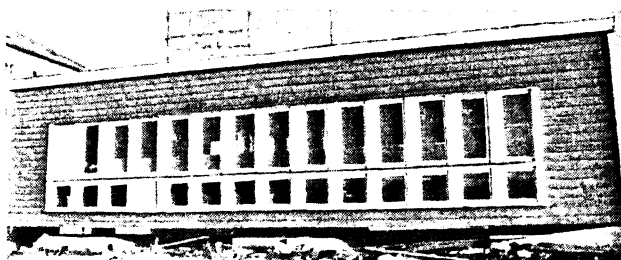


Fig. 54. Vinduer innsatt i forsøks husets vestvegg.

lasker som ble strammet mot sidekarmene ved hjelp av bolter og muttere. En slangelist som var festet til ytre karmplan, ga den nødvendige tetthet mellom prøvevindue og ytre omramming. Fugen mellom bindingsverk og karm ble ikke dyttet, og den ble heller ikke tildekket mot rommet. Før tettelistene ble montert, ble vinduene grunnet og malt ett strøk.

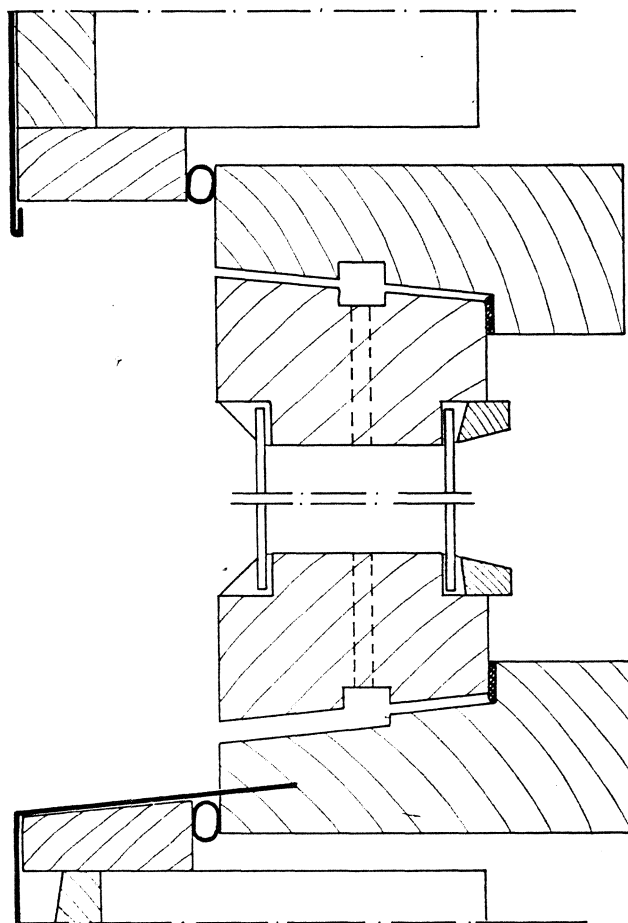


Fig. 55. Vertikalsnitt av et typisk prøvevindu.

Da vi valgte tettelister til vinduene, forsøkte vi såvidt mulig å få plassert samme list på ett stort og ett lite vindu. Da imidlertid fem av de store prøvevindue var spesialvinduer, måtte vi endre planen noe. Ved valget av tettelister ville vi gjerne få med flest mulig typer, samtidig som listene burde være representative for sin gruppe. Valget fremgår av tabell 7. Tabellen viser også hvilke prøvevinduer listene er montert i, samt hvor stor fugeklaringen var i de ulike tilfeller ved forsøkets begynnelse. Betegnelse S og L står for henholdsvis stort og lite prøvevindu.

«Tettelisten» i prøvevindu S 1 er av en helt spesiell type. Det er en tysk tette masse. Den skal sprøytes inn i fugen mellom ramme og karm og under herdingen tilpasse seg alle fugebredder, ujevnheter og vindskjevheter. Den skulle

Tabell 7. Montering av tettelister i de ulike prøvevindue for de praktiske ald-ringsforsøk. Betegnelsene S og L står for henholdsvis stort og lite prøvevindu. Fugeklaringen er oppgitt i % av full tettelisthøyde.

List nr.	Listdimensjon i mm (b × h)	Prøvevindu	Fugeklaring
1,11	9 × 7	S 9	43 %
1,12	6 × 6	L 4	17 %
1,12	6 × 6	L 9	33 %
1,15	10 × 5	S 10	30 %
1,15	10 × 5	L 10	30 %
4,01	14 × 3	S 11	97 %
4,01	14 × 3	L 11	83 %
4,02	13 × 3	S 6	83 %
4,03	10 × 3	L 3	97 %
4,03	10 × 3	L 12	83 %
4,03	10 × 3	S 12	83 %
4,04	9 × 4,5	L 2	67 %
5,02	9,5 × 4,3	S 7	93 %
5,02	9,5 × 4,3	L 7	58 %
5,03	16,5 × 7	L 8	86 %
5,03	16,5 × 7	S 8	72 %
5,05	14,5 × 8	L 5	69 %
5,05	14,5 × 8	L 6	56 %
5,05	14,5 × 8	S 5	ca 46 %
6,03	6,5 × 3,5	S 14	ca 80 %
6,03	6,5 × 3,5	L 14	ca 57 %
6,04	8 × 5	S 13	ca 30 %
6,04	8 × 5	L 13	ca 56 %
7,02		S 4	*
7,03		S 3	
8,01		S 1	
8,03		S 2	
-	«masse»	L 1	100 %

egne seg særlig godt for eldre vinduer. Massen viste seg imidlertid å være meget tungvint i bruk. Innsprøytingen krevde 8 arbeidsoperasjoner og i tillegg: 1 times tørking. Når så resultatet likevel ble som på fig. 56, må produktet betegnes som dårlig. Ideen med en masse som tilpasser seg ujevnheter har imidlertid noe for seg. Prøvevinduet med den innsprøytete tette masse har dog gjennomgått hele den praktiske ald-ringsprøven.

Før vinduene ble satt inn i forsøks-huset, ble deres tetthet mot vind og slagregn undersøkt i laboratoriet. I forsøksperioden har vinduene

flere ganger vært tatt ut av veggen og gjennomgått tilsvarende prøver. Etter endt aldringsprøving (forsøkene måtte avbrytes da forsøkshuset ble revet for å skaffe plass til et nytt auditorium ved NTH) gjennomgikk vinduene en meget nøye prøving. Foruten å måle luft- og slagregngjennomgang, registrerte vi også fugeklaringer, skjvheter i rammer o. l.

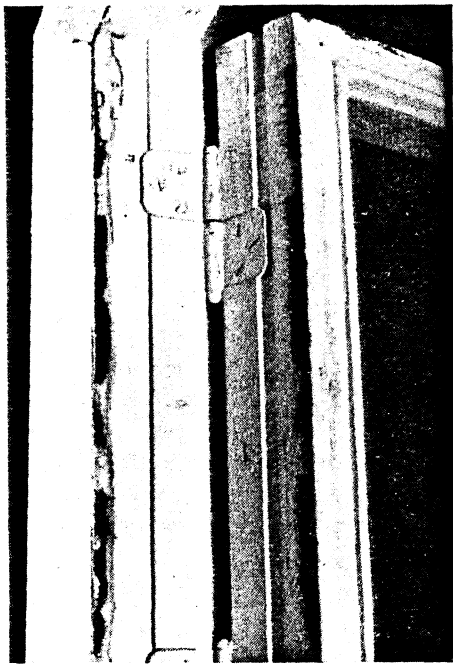


Fig. 56. Tysk tettmasse sprøytet inn i prøvevindu. Fotografert 2 dager etter innsprøytingen.

Ved 1. gangs luftgjennomgangsmålinger justerte vi fugeklaringene i vinduene slik at luftgjennomgangen holdt seg innen visse grenser. Fugeklaringene ble da kontrollert med «følere» av ulike tykkelser som ble stukket inn mellom ramme og karm. Ved siste gangs luftgjennomgangskontroll var det tydelig å se at fugene hadde endret seg noe. I endel vinduer var det oppstått vindskjevheter, i andre hadde rammene bøyd seg. Fugeklaringene ble derfor kontrollmålt meget nøye med skyvelære. Det ble tatt 12 målinger på hvert vindu, 3 på hver av sidene. Vinduets fugeklaring ble deretter regnet ut som gjennomsnitt av disse data. Ved større avvik i fugeklaringen ble «vindskjevheten» angitt ved å notere største og minste fugeklaring.

Luftgjennomgangs- og slagregnundersøkelsene er hver for seg beskrevet i senere kapitler. Resultatene fra forsøkene finnes også der.

Klimapåkjenninger

I forsøksperioden har vi i forsøkshuset holdt vanlig boligklima. Lufttemperaturen har vært ca. 20°C og den relative luftfuktigheten har stort sett vært 40 %. Vinduene har vært åpnet

en gang om dagen for å simulere luftingen. Vi har imidlertid ikke kunnet la vinduene stå åpne i lengere tid ad gangen, her avviker derfor forsøkene fra vanlig praksis.

Aldringsforsøkene har for samtlige vinduer vært utført i tiden oktober 1960 til november 1962. (En nøyaktigere tidsangivelse for de ulike prøvevinduene framgår av fig. 58 og 59). Utenørs-klimaet i denne tiden fremgår av figurene 2 og 3 samt av tabell 1.

Aldringsforsøk med stadige lufttethetsmålinger

Som kontroll på tettelstens aldringsegenskaper ble det utført en rekke luftgjennomgangsmålinger. Første måling ble foretatt idet aldringsforsøkene ble satt i gang, senere ble hvert vindu kontrollert 4 ganger.

Apparatur og forsøksmetodikk

Forsøkene er utført i instituttets apparat for måling av luftgjennomgang. Dette er vist i fig. 57 og nærmere beskrivelse finnes i Rapportene 7 [6] og 18 [5] fra Norges byggforskningsinstitutt.

Apparatet, «luftskapet», har en måleflate på 185x185 cm. Ved disse vindusforsøkene er det brukt et maskeringsfelt som innskrenker måleflaten til henholdsvis 60x120 cm og 60x60 cm. Maskeringsfeltet er tekket med sinkplater med loddede skjøter. Det festes til luftskapet ved hjelp av klemtvinger. Maskeringsfeltet ligger an mot en gummipakning som er festet til luftskapet, og som sikrer lufttett tilslutning. Innvendig er luftskapet beslått med sinkplater med loddede skjøter. Fugen mellom prøvevinduets karm og maskeringsfeltet er tettet med plastilin. Det samme gjelder fugen mellom vindusramme og glass. All luft som unnviker fra skapet, må derfor gå gjennom fugen mellom karm og ramme. (Egenlekkasjen i apparaturen ble med et overtrykk på 70 mm VS målt til 0.1 m³/h, dvs. så liten at en kan se bort fra den). Luft presses inn i skapet ved hjelp av en vifte. Den gjennomstrømmende luftmengden måles i tilløpet ved hjelp av en gassmåler og en stoppeklokke. Lufttrykket i skapet måles med skråttliggende differensialmanometer med spritfylling.

Slik vinduene er plassert i skapet, svarer forholdene under forsøkene til forholdene på vind-siden av et hus med overtrykk på vinduets ytterside. Luftgjennomgangen er målt med statisk overtrykk varierende etter følgende skala: 10-30-50-70-60-40 og 20 mm VS.

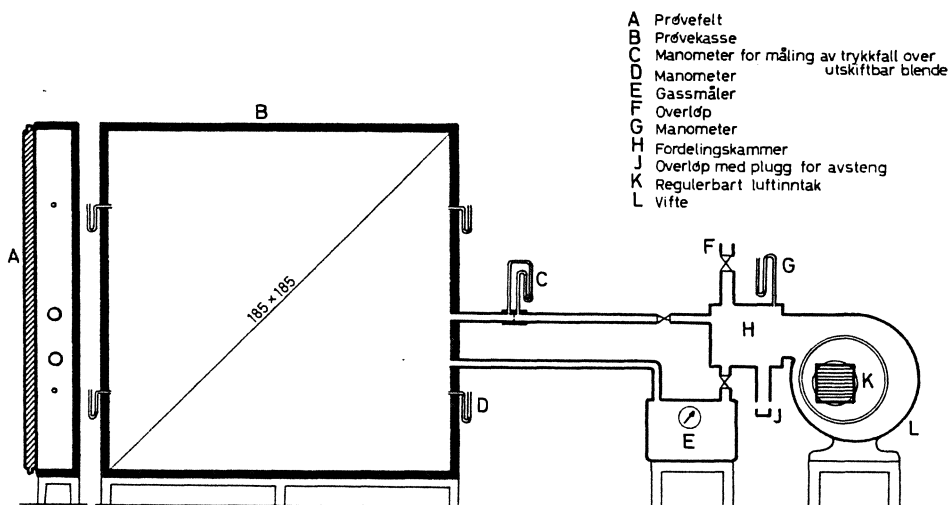


Fig. 57. Systemskisse av apparatur for måling av luftgjennomgang.

- A Prøvefelt
- B Prøvekasse
- C Manometer for måling av trykkfall over utskiftbar blende
- D Gassmåler
- E Overløp
- F Manometer
- G Fordelingskammer
- H Overløp med plugg for avsteng
- I Regulært luftinntak
- J Vifte
- K
- L

Prøvevinduer og tettelist

Det er tidligere redegjort for de ulike prøvevinduerne og de valgte tettelistene i kapitlet: «Prøvevinduer og forsøksprogram» på side 41. Vi viser til dette.

Forsøksprogram og krav

Prøvevinduer med samme tettelist fikk to forskjellige klaringer som begge ga akseptabel luftgjennomgang. Med akseptabel menes her at vinduene ifølge klassifiseringskurvene i fig. 9 må kunne karakteriseres som «utmerkete» eller «gode». Kravene må imidlertid regnes litt om for prøvevinduerne.

En må kunne kreve samme tetthet av to like store vinduer uansett om det ene har en og det andre to eller flere rammer. Dette fører til at en stiller ulike krav til tettelistene alt etter hvilke vindustyper de er brukt i. De små prøvevinduerne har ytre mål 60x60cm, areal = 0,36 m², og de store 60x120 cm, areal = 0,72 m². Kurvene i fig. 9 er regnet ut for vinduer med flate = 1,44 m². Skal de små vinduerne bli karakterisert som «utmerkete», må luftlekkasjen maksimalt være 3,8 m³/h ved et overtrykk på 70 mm VS. Skal de kalles «gode», må de lekke mindre enn 7,5 m³/h ved samme overtrykk. De tilsvarende verdiene for de store prøvevinduerne blir henholdsvis 7,5 m³/h og 15,0 m³/h.

Ved kontrollforsøkene ble det ikke stilt direkte krav til lufttettheten, og vinduene, tettelistene e.l. ble heller ikke forandret for å oppnå lavere luftgjennomgang. (Unntatt i to tilfelle hvor deler av tettelistene ble skiftet ut, den ene p. g. a. feil montasje, den andre fordi listen var tørket og blitt for liten). Hensikten med forsøkene var å registrere eventuelle forandringer i lufttetthet, utseende e.l. som følge av vanlig bruk.

Resultatene

På figurene 58 og 59 er det tegnet inn kurver som viser hvordan luftgjennomgangen målt med et overtrykk på 70 mm VS har endret seg for hvert enkelt vindu i løpet av forsøksperioden. De enkelte måleresultatene er avtegnet som punkter som så er forbundet med hverandre. De enkelte tettelistgruppene er på figurene skilt

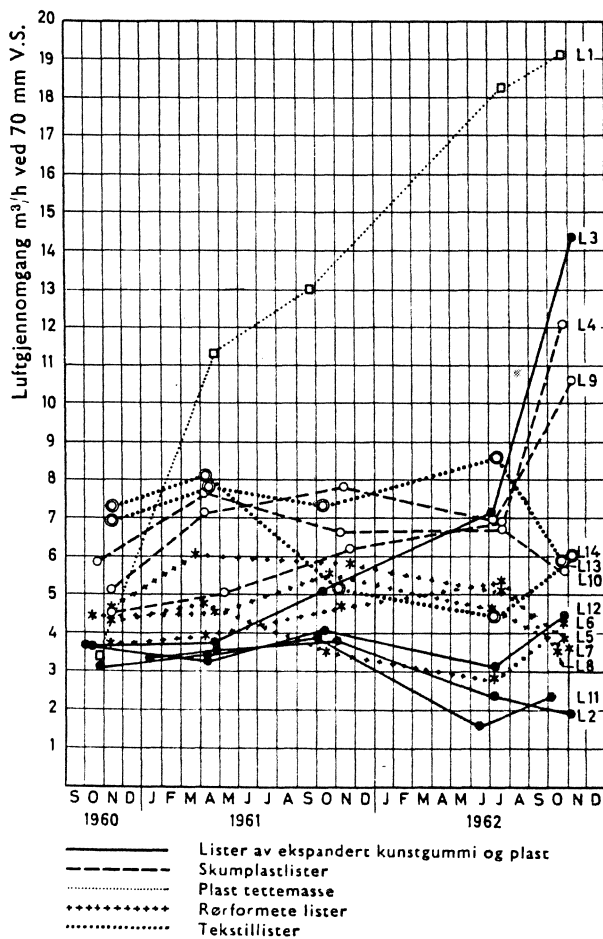


Fig. 58. Luftgjennomgang målt i små vinduer fra forsøkshus.

fra hverandre med egne symboler. Resultatene som ligger til grunn for disse kurvene, er ikke justert p. g. a. endringer i fugeklaringer eller andre forhold.

Sammenlikner vi de to figurene 58 og 59, ser det ut til at resultatene for de små prøvevindueene har vært jevnere enn for de store. Når vi unntar fire av de små prøvevindueene (L 1, L 3, L 4 og L 9), har luftgjennomgangen for disse vindueene ikke endret seg vesentlig i løpet av forsøksperioden. Kurvene tyder likevel på at en har en viss sesongsvingning i luftgjennomgangen. Forsøksperioden er for kort til at en kan fastslå en slik tendens.

Resultatene for de store prøvevindueene er noe variable. Særlig synes resultatene fra nest siste kontrollmåling å ligge høyt uten at vi har kunnet påvise noen ytre årsak. Noe av forklaringen kan ligge i at fugeklaringen for en del lister ligger så nær 100 % at det skal uhyre lite til før en får åpne spalter mellom tettelister og anslag. Vi skal komme tilbake til dette litt senere.

Sammenlikner vi første og siste måling for samtlige prøvevinduer, vil vi finne at det er forbausende liten forskjell i luftlekkasjene. Et

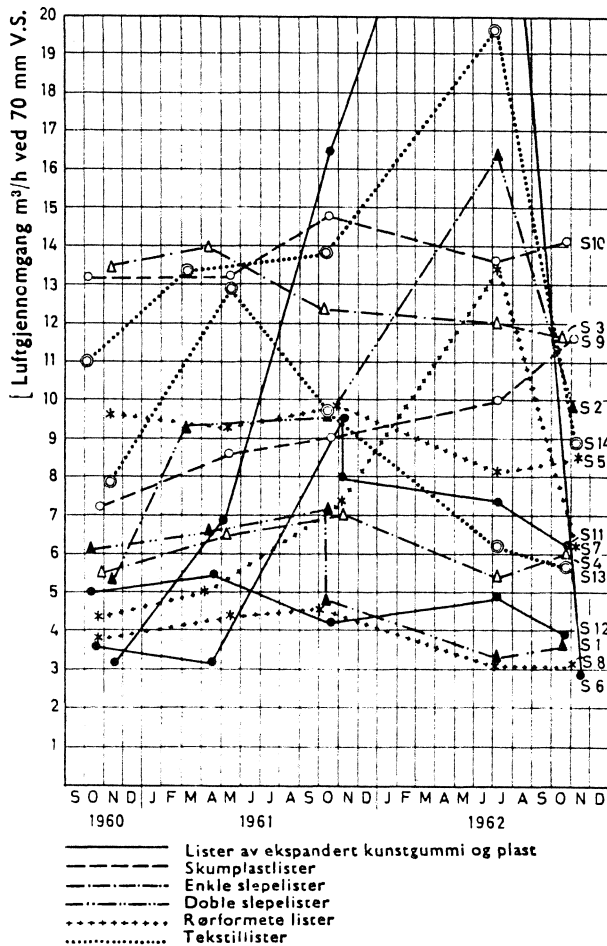


Fig. 59. Luftgjennomgang målt i store vinduer fra forsøkshus.

vindu som med en gang skiller seg ut fra de andre, er L 1. Som det fremgår av tabell 7, er dette vinduet forsynt med en «tetteliste» av en tysk sprøytemasse. I vinduet har massen etter hvert tørket inn slik at klaringen mellom ramme og karm øker til tross for at fugeklaringen, som det fremgår av tabell 8, er blitt vesentlig mindre i løpet av aldringstiden, og som det fremgår av fig. 58, stiger luftlekkasjen voldsomt etter som tiden går. Massen var, som nevnt tidligere, meget tungvint å få på plass.

Før vi ser nærmere på de øvrige listene, må vi ta for oss fugeklaringene i prøvevindueene. De har nemlig variert en god del i løpet av eksponeringstiden. I tabell 8 er angitt fugeklaringer ved første og siste måling, og hvordan klaringene forandrer seg. I de fleste vinduer er klaringene blitt mindre etter hvert, i fire vinduer var de imidlertid større ved siste enn ved første måling. Endringene synes å ligge mellom + 1,6 og - 1,5 mm. Tallene er noe usikre, de første målingene var ikke så nøyaktige som de siste.

I tabell 9 er luftlekkasjene fra første og siste gangs måling satt opp. Av denne tabellen fremgår også hvilke fugeklaringer vindueene hadde ved de samme målingene. I tillegg er det dessuten i siste kolonne for hver list satt opp en «beregnet lekkasjeøkning» i %. Den beregnede økingen er tatt ut av de respektive resultater fra de orienterende laboratorieforsøk: Måling av lufttetthet hos tettelister avhengig av fugeklaringen. Den beregnede økingen forteller altså hvilken øking vi i gjennomsnitt fikk i luftlekkasjene under laboratorieforskene med nye lister av samme type som brukt i vindueene når vi økte fugeklaringen slik som i vindueene. Hensikten med disse tallene var å gi en orientering om hvor stor innflytelse fugeendringene kunne ha hatt på resultatene. Disse tallene må brukes meget kritisk spesielt for de tette tettelistene, idet det var meget vanskelig å ta ut sikre nok verdier for beregningen. Gjennomsnittskurvene måtte nemlig for en del lister forlenges etter beste skjønn ut over de områdene vi hadde målinger for. Tallene i vindusundersøkelsen refererer seg dessuten til enkeltforsøk, og spredningen for resultatene kan være så stor at det forrykker sammenlikningsgrunnlaget.

Skumplastlistene tetter vesentlig dårligere ved avslutningen av forsøkene enn ved 1. gangs måling. De er uten tvil de dårligste listene som var med i forsøkene. Listene ble under disse forsøkene ikke så brune som de ble da de sto på taket under de orienterende prøvene, men de virket likevel temmelig flate og døde.

Skumplastlistene med filt har under disse forsøkene stått ganske bra, men også de ble tem-

Tabell 8. Gjennomsnittlige fugeklaringer ved 1. og siste gangs måling, samt endringer i fugeklaringer for de ulike vinduene. Tabellen viser også største og minste klaring som ble målt ved siste gangs kontroll.

Vindu nr.	Fugeklaringer i mm og %						Endring gj.snitt mm	Listhøyde mm
	1. gang		Siste gang					
	mm	%	min. mm	%	gj.sn. mm	%		
S 1	—	—	—	—	—	—	—	—
S 2	—	—	—	—	—	—	—	—
S 3	—	—	—	—	—	—	—	—
S 4	—	—	—	—	—	—	—	—
S 5	3,7	46	2,0	25	2,5	31	4,2	53
S 6	2,5	83	0,9	30	1,0	33	1,7	57
S 7	4,1	93	3,2	73	4,3	97	5,3	120
S 8	5,0	72	3,3	47	4,2	60	5,1	73
S 9	3,0	43	1,7	24	2,2	31	2,9	41
S 10	2,0	40	0,7	14	1,9	38	2,3	43
S 11	2,9	97	1,9	63	2,0	66	2,2	73
S 12	2,5	83	1,8	60	2,3	77	2,5	83
S 13	1,9	ca 38	1,3	ca 26	1,9	ca 38	2,3	ca 46
S 14	2,8	ca 80	1,0	ca 29	1,8	ca 51	2,2	ca 63
L 1	3,0	—	1,3	—	2,4	—	3,2	—
L 2	3,0	67	1,6	35	2,5	56	3,4	75
L 3	2,9	97	1,0	33	2,7	90	3,6	120
L 4	1,0	17	0,6	10	1,5	25	2,4	40
L 5	5,5	69	—	—	4,8	60	—	—
L 6	4,5	56	1,8	22	3,2	40	4,0	50
L 7	2,5	58	3,4	77	4,1	93	4,4	100
L 8	6,0	86	5,7	81	6,0	86	6,4	91
L 9	2,0	33	1,8	30	2,1	35	2,3	38
L 10	1,5	30	1,0	20	1,3	26	1,4	28
L 11	2,5	83	1,1	37	1,8	60	2,5	83
L 12	2,5	83	0,8	27	2,1	70	2,9	96
L 13	2,8	ca 56	1,8	ca 36	2,2	ca 44	2,4	ca 48
L 14	2,0	ca 57	1,6	ca 46	1,7	ca 49	1,8	ca 52

melig flate etter hvert. Listene var fremdeles ganske tette ved avslutningen av forsøkene, men de var også temmelig hardt sammenpresset i fugen.

Listene av ekspandert kunststoff varierer tydeligvis en god del i kvalitetet. Listene nr. 4.01 og 4.02 er laget av PVC og de andre av en neoprenblanding. Alle PVC-listene har gitt ugunstigere resultater ved siste måling enn en skulle vente etter fugeklaringene å dømme. I vindu S 11 ble listen på hengselsiden dessuten skiftet ut da vinduet hadde betydelige punktlekkasjer her. Listen virket tørr og stiv. Neoprenlistene har gjennomgående gitt bedre resultater. Riktignok har vi en voldsom øking i luftgjennomgangen i vindu L 3, men det skyldes sannsynligvis de store skjevhetene i fugeklaringene. I dette vinduet varierte fugene ved siste måling fra 120-33 % av tettelisthøyden. Listen var i de trangeste fugene blitt temmelig flat, og den

reiste seg ikke til full høyde igjen. I de brede fugene var listene fine.

De rørformede listene har gitt jevne og bra resultater, bortsett fra vindu nr. S 7 hvor fugevariasjonene ved siste måling var 120-72 % av listhøyden. Riktignok er luftgjennomgangen ved siste måling for de fleste listene litt høyere enn en skulle vente etter fugeklaringene å dømme, men disse listene er nettopp blant dem som det var så vanskelig å beregne lekkasjeøkingen for.

Listene av butadien ble noe hardere i løpet av forsøksperioden, men de var alle godt brukbare. PVC-listene ble i samme tidsrom noe flattere. De ble imidlertid ikke så deformerte at de mistet sin spennkraft mot fugeflaten.

Tekstillistene har holdt seg bra. De har imidlertid ikke vist samme tendens til etter hvert å bli tettere, som de hadde under de orienterende forsøk, og de (unntatt S 13) har heller

Tabell 9. Aldring av tettelister i prøvevinduer. Fugeklaringer og luftlekkasjer for første og siste gangs prøving av vinduene samt beregnet øking p. g. a. fugeøkning.

Vindu nr.	Tetteliste		Fugeklaring i %		Luftlekkasjer i m ³ /h		Lekasje-øking i %	Beregnet øking %	Anmerkning
	nr.	b x h mm	1. gang	siste gang	1. gang	siste gang			
Skumplastlister på polyuretanbasis.									
L 4	1,12	6x6	17	25	4,5	12,0	166,0	50	
L 9	1,12	6x6	33	35	5,1	10,7	110,0	14	
S 9	1,11	9x7	43	31	7,2	11,6	62,0	-38	
S 10	1,15	10x5	40	38	13,2	14,1	7,0	-9	
L 10	1,15	10x5	30	26	5,9	5,7	-3,5	-15	
Lister av ekspandert kunststoff.									
L 3	4,03	10x3	97	90	3,6	14,4	300,0		Fugevariasjon 120-33 % Skiftet list på hengsels.
S 11	4,01	14x3	97	66	3,6	6,1	70,0	-93	
L 12	4,03	10x3	83	70	3,6	4,4	22,0	-99	
S 6	4,02	13x3	83	33	3,2	2,9	-9,2	-33	
S 12	4,03	10x3	83	77	5,0	3,8	-24,0	-4	
L 11	4,01	14x3	83	60	3,2	2,4	-25,0	-60	
L 2	4,04	9x4,5	67	56	3,5	1,9	-46,0	-25	
Rørformete lister av kunstgummi og plast.									
S 7	5,02	h=4,4	93	97	4,3	6,2	44,0		Fugevariasjon 120-72 %
L 8	5,03	h=7,0	86	86	3,6	3,7	3,0	0	
L 5	5,05	h=8,0	69	60	4,5	4,4	-2,2	-15	
L 6	5,05	h=8,0	56	40	4,5	4,3	-4,5	-39	
S 5	5,05	h=8,0	46	31	9,5	8,5	-10,5	-33	
S 8	5,03	h=7,0	72	60	3,8	3,1	-18,5	-17	
L 7	5,02	h=4,4	58	93	4,5	3,6	-20,0		
Tekstillister.									
L 13	6,04	h=ca 5,0	ca 56	ca 44	6,9	5,9	-14,5	-37	
S 14	6,03	h=ca 3,5	ca 80	ca 51	10,5	8,9	-15,5	-62	
L 14	6,03	h=ca 3,5	ca 57	ca 49	7,3	6,1	-16,5	-26	
S 13	6,04	h=ca 5,0	ca 38	ca 38	7,9	5,6	-29,0	0	
Slepelister og slepelistformete „klemlister“.									
S 2	8,03	-	-	-	5,4	9,9	83,0	-	
S 4	7,02	-	-	-	5,5	6,1	10,5	-	
S 3	7,03	-	-	-	13,4	11,6	-13,5	-	
S 1	8,01	-	-	-	4,8	3,6	-25,0	-	Med treliste i bunn av list

ikke blitt så mye tettere som endringene i fugeklaringene skulle tilsi. Det er imidlertid vanskelig å oppgi eksakte fugeklaringer for disse listene da det er umulig å måle listenes tykkelse. Det innbyrdes forhold mellom fugeklaringene ved 1. og siste måling er imidlertid riktig.

Tekstillistene har ikke revet seg løs fra prøvevinduene i løpet av forsøksperioden. De har heller ikke fått synlige skader, men virker hardere.

For slepelistvinduene og vinduene med de slepelistformete «klemlistene» har vi ikke målt fugeklaringene. Slepelistene vil nemlig treffe anslaget på ulike steder alt etter fugeklaringen, og da fugeklaringen kan variere noe over året, er det vanskelig å definere fugebredden. De fleste slepelistvinduene har dessuten ulike fugeprofiler som gjør det vanskelig å sammenlikne fugeforholdene. Som en følge av dette er det også nesten umulig å forklare hvorfor et vindu som nr. S 2 er blitt vesentlig mer utett i løpet av forsøksperioden enn de øvrige vinduene. Muligens er årsaken at vinduet alt fra begynnelsen av har hatt så stor fugeklaring at

en beskjedne øking i fugene har gitt slepelisten for dårlig anlegg. Det ble ikke funnet noen skader på listen eller vinduet som kan forklare forholdet. Tettelisten var også godt klemt i monteringsporet, så det er lite trolig at vi fikk noen luftlekkasje av betydning bak sålen på listen. Det hadde vi imidlertid i første forsøk med vindu S 1. Tettelisten var bare trukket inn i et spor uten at den var holdt fast i sporet eller klemt mot bunnen av det. Etter at vi skrudde fast en treliste i bunnen av listen, sank luftlekkasjen til det halve.

De lysegrå slepelistene ble noe brunere i fargen etter hvert, og de la seg noe over til siden. Listene var også litt slitt i kantene, men hadde ikke fått rifter eller andre lokale skader. (Listen for vindu S 1 ble skiftet en gang da den første trelisten vi monterte var litt stor og slet for mye på sleperne. Resultatene i tabell 9 gjelder den sist monterte listen. Også den ble montert med treliste i bunnen. Slepelisten var uten skade ved forsøket slutt).

Listen i vindu S 4 hadde ved de orienterende forsøk fått et sirupslignende belegg. I prøve-

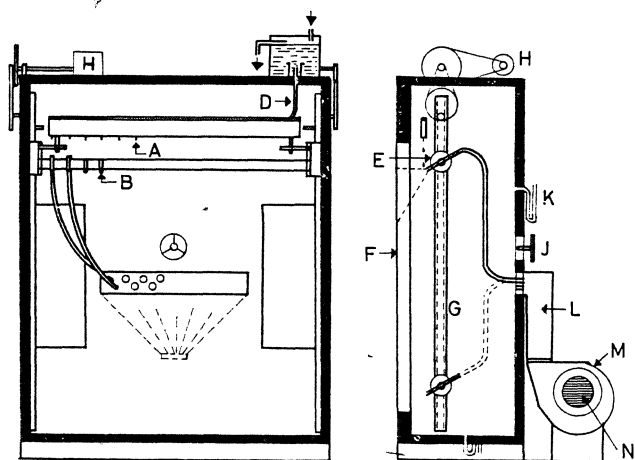
vinduet ble listen etter hvert litt gulere, men den fikk ikke noe belegg denne gangen. Under forsøkene la listen seg over til siden, og den mistet noe av sin spenst.

Slagregnforsøk med de samme vinduene som under aldringsforsøkene

I tillegg til luftgjennomgangsmålingene ble prøvevinduene også undersøkt for slagregn. Disse forsøkene ble utført i laboratoriets spesialapparat for kunstig slagregn.

Apparatur og forsøksmetodikk

En systemskisse av NBI's slagregnapparat er vist i fig. 60. Slagregnapparatet er utførlig beskrevet i Rapport 18 [5] fra Norges byggforskningsinstitutt.



- A Vannrenne med dråpedyser
- B Luftdyser
- C Regulerbar blåseventil
- D Gummislange
- E Friksjonsskive for reg. av vinkel
- F Prøvestykke
- G Kjedetrek
- H El. motor
- J Reguleringsventil
- K Manometer
- L Fordelingskammer
- M Vifte
- N Spjell
- O Inspeksjonsvindu

Fig. 60. Systemskisse av apparatur for slagregnforsøk.

Slagregnapparatet består av et liknende skap som luftskapet, og maskeringsfeltet med prøvevinduet innsatt danner den ene siden også her. En vifte presser luft via et fordelingskammer, derfra gjennom luftslanger og blåseventiler og inn i skapet. Like over blåseventilene finnes en rekke vannråpedyser som står i bunnen på en vannrenne. Vannråpene blir splittet

av luftstrømmen fra blåserne. Avstanden fra dysene til vindusflaten er avpasset slik at dråpene treffer vinduet jevnt fordelt i et 70 cm bredt belte over flaten. Både blåseventiler og dråpedyser er festet til et vertikalt kjedetrekk som drives av en motor. Ettersom kjedetrekket vandrer opp og ned, blir vannpåsprøytingen diskontinuerlig. Anvendt regnmengde er 8-10 l/m²h, og ved et overtrykk på 70 mm VS tilsvarende det harde slagregn på Vestlandet. Lufttrykket i skapet reguleres ved ventiler i front og rygg av skapet fra 10 mm VS og vanligvis opp til 70 mm VS.

Prøvevinduene ble prøvd med en slagregnmengde på 8-10 l/m²h ved 70 mm VS. Eventuelle gjennomslag ble registrert og subjektivt vurdert. Prøvetiden var noe forskjellig for første og siste forsøk og for kontrollforsøkene.

Prøvevinduene

Prøvevinduene var de samme som ble brukt til aldringsforsøkene, og som også er undersøkt for luftgjennomgang. Vinduene er nærmere beskrevet i kapitlet «Prøvevinduer og forsøksprogram» på side 41.

Forsøksprogram og krav

Ved første og siste laboratorieundersøkelse gjennomgikk alle prøvevinduene en grundig slagregnpørve. Prøvetiden for hvert vindu var 5 timer sammenhengende prøving med en slagregnmengde på 8-10 l/m²h. Et virkelig godt vindu må tåle denne påkjenningen uten gjennomslag. Dersom det ble gjennomslag i løpet av denne tiden, ble vinduet nærmere undersøkt og ved første undersøkelse også forbedret, og ny slagregnpørve ble foretatt. Ved siste slagregnundersøkelse ble ingen vinduer forbedret.

Ved de tre kontrollundersøkelsene som ble foretatt i løpet av aldringstiden, ble slagregnpørvene gjort noe enklere. Den maksimale, sammenhengende prøvetiden ble da satt til 2 timer. Påkjenningene var imidlertid de samme som under de første forsøk, og det ble utført eventuelle forbedringer av vinduene.

Resultatene

Fra tidligere forsøk vet vi at vinduer etter NS 763, Norsk Standard for utadslående koblede vinduer, står godt for slagregn forutsatt at de ikke har større konsentrerte luftlekkasjer. Prøvevinduene for klemlistene var i hovedsaken utført i samsvar med denne standard. Gjennomslagene en fikk var i regelen små og konsentrerte seg om vinduer med tykke tettelister,

hvor rammene stakk noe ut forbi ytre karmplan og dermed fanget vannet.

Vi fikk gjennomslag i alle de typiske slepelistvindueene etter ganske kort tid. Ingen av dem holdt i mer enn 30 min. De samme erfaringene har vi også fra forsøk for oppdragsgivere. Slepelistene ligger som regel lengre ut i fugen

enn klemlistene, og de er oftest ubeskyttet mot regndråper som måtte blåse inn i fugen.

Slagregnpørene viste at fuger tettet med klemlister som regel er sikrere for slagregnpåkjenninger enn de med slepelister. Bortsett fra dette ga prøvene intet grunnlag for å vurdere de ulike tettelistene mot hverandre.

Sammendrag

Forsøkene har vist at det er stor kvalitetsforskjell mellom de ulike tettelisttypene. Alle lister med åpen cellestruktur, dvs. skumplastlister, tekstillister o.l. krever stor sammenpressing for å tette godt. De er ømfintlige for variasjoner i sammenpressingen. Den åpne cellestrukturen tillater luften å angripe hele listen, også de indre delene av tverrsnittet. Dette stiller store krav til et godt og aldringsbestandig råmateriale.

De fleste *skumplastlister* — (vi har hovedsakelig undersøkt lister på polyuretanbasis) — har dårlige aldringsegenskaper. De faller etter hvert sammen, tørker og forsvinner. Senere kontrollforsøk med lister av polyester viser at disse oppfører seg som polyuretanlistene. Dekkbånd av tekstil (filt, lerret e.l.) krymper og river listene i stykker eller løs fra underlaget, slik at aldringsprosessen går raskere. Lister sammensatt av ulike materialer (f. eks. filt på skumplast) er ikke tettere enn vanlige skumplastlister. Ved bruk av skumplastlister får en ingen varig tetting, men de vil hjelpe noe så lenge de er nye. De vanlige tettelistene må klemmes sammen til 30-40 % av listehøyden for å tette godt.

Ull- og bomullslistene er robuste, men de blir harde dersom de males. Hvis listene blir våte, kan de krympe og rive seg løs. Tekstillistene tetter dårligst, men tettheten forringes ikke mye under bruk. Dog er listene ømfintlige for endringer i fugeklaringen. Det er vanskelig å oppgi egnete fugeklaringer for dem da det er praktisk talt umulig å måle listtykkelsen nøyaktig nok. I praksis bør listene klemmes mest mulig uten at vindueene blir for tunge å lukke.

Kompakte lister med lukket cellestruktur — f. eks. skumgummilister, lister av ekspandert kunststoff o.l. — tetter godt så lenge de er nye. De er tette i seg selv og trenger derfor bare en beskjeden sammenklemming. Ved hard sammen-

pressing kan celleveggene punkteres, og listene vil ha vanskelig for å reise seg til full høyde igjen.

Lister av naturgummi, butadien o.l. har dårlige aldringsegenskaper, de tørker og forvitrer raskt. Særlig dårlig er lister med dekkbånd av lerret. Det vil krympe og river listene i stykker, så forvitringen går raskere.

Lister av ekspandert PVC tørker også etter hvert og blir tynnere, men de forvitrer ikke som skumgummilistene. Listene er tunge å presse sammen når de er nye, de kan dessuten lett bli deformert dersom de presses for hardt. Skal de gi en varig tetting, må en kunne justere fugebredden etter hvert.

Lister av ekspandert neopren har gode aldringsegenskaper, spesielt om de monteres med neoprenhuden («støpehuden») som beskyttelse mot luften. De finporete listene tåler klimaet bedre enn de mer grovporete, men de virker noe harde. Hard sammenklemming kan føre til varige deformasjoner. Den heldigste fugeklaringen er 70-75 %.

Rørformete lister er også tette i seg selv og trenger liten sammenklemming. Det kreves liten kraft for å presse tynnveggede lister nok sammen, og de beholder likevel sin spenst forutsatt at de lages av gode råmaterialer. Tykkveggede lister kan lett bli for stive. De rørformete listene tetter praktisk talt like godt om de klemmes mye eller lite sammen bare de er sikret godt anlegg mot fugeflatene. For å sikre godt anlegg, bør største fugeklaring ikke overstige ca. 90 % av listehøyden. (Fugene kan forandre seg med tiden). Butadienlistene blir harde med tiden. De undersøkte PVC-listene har stått godt, selv om de viser en svak tendens til deformasjon. Rørformete lister av neopren har gitt meget gode resultater.

Slepelistene — både de enkle og de doble — får lett lekkasjer mellom list og monteringsspor, dersom de ikke er klemt godt mot sporet.

Klaringen mellom spor og list kan forandre seg med tiden. Slepelistene, og da særlig de enkle, er ømfintlige for ujevne fugeflater (anslagsflatene må gis full malingsbehandling) og unøyaktig montering som f. eks. skjeve fuger, uheldige hjørneløsninger o. l. Alle slepelistene er dessuten ømfintlige for fugeklaringen. For små klaringer fører til at listene brytes i stykker når vinduene åpnes, og listene vendes om. For store fuger kan gi punktlekkasjer. Heldigste klaring er 50-80 %, avhengig av listtykkelsen.

De undersøkte slepelistene var av temmelig ulik kvalitet. En av PVC-listene ble hard og

stiv, den andre myknet etter hvert. De doble slepelistene var laget på butadienbasis, muligens med litt neopren innblandet. Fargen skifter fra lys grå til nesten brun, og listene ble tørre og harde. Disse listene er gått ut av produksjon og erstattet med nye typer. De nye listene av svart neopren har vesentlig bedre aldrings-egenskaper.

Vi har undersøkt en slepelist av metall, men den tettet så dårlig at den ble trukket ut av forsøkene etter de orienterende luftgjennomgangsforsøkene.

Summary

In September 1959, the Norwegian Building Research Institute (NBRI) started an investigation of window weather strips, most of them used in Norway but also a few from abroad. The main aim was to find out whether there was any difference in their quality as to tightening and ageing properties and, if possible, to state how the windows should be made to suit the strips.

Air leakages through joints between sash and frame in wooden windows of equal size and construction have been measured by NBRI, see Report 28 [1]. For those tests only the braided wool strip was used.

We do not know of any previous investigation of weather strips in Norway, and the studies abroad have been few. The Swedish periodical «Byggmästaren» [2] has rendered an account of a Swedish investigation of 10 different makes. An English study [3] proves that the airtightness depends much on an accurate workmanship. In that study only two makes were represented, one of felt and one of phosphor bronze. In addition, there are a number of studies of air leakages through window joints without strips. These studies have been summarized in an article in the periodical «Bygg» [4]. In Norway, it is often necessary to assume a more severe wind exposure than supposed in many foreign studies.

In the present investigation we have tested 50 types of weather strips of following makes: Compriband, Correcta, Easy to fit, Elite, Eska, Gorvak, Gre-jo, Grorud, Jutland, Nopi, Oslo Baand & Lidsefabrik, PCI, Perfekt, Perfekt Extra, Perspektiv, Refsum, Rubazote, Saab, Sande, Slottlist, Special, Suco, Teddylist, Tet-tex, Tetu, Thermic and Titan. In addition, we

also have tested two Belgian and one Canadian weatherstrip, but we do not know their makes. According to their compound the weatherstrips have been classified in 8 groups:

1. Strips of foam plastic with open cells. They are made of polyurethane and similar compounds. Most of them are self-adhesive, some have protecting coatings of linen, paper, felt etc.
2. Strips of foamed plastic, impregnated with asphalt. This type has been designed for joints between panels, but the requirements are mainly identical for window strips.
3. Strips of foamed rubber on butadien or similar base.
4. Strips of expanded materials with closed cells. They are made on a neoprene, PVC or similar base.
5. Tubular strips made on a butadien, neoprene or PVC base.
6. Strips of wool or cotton. One of them was woven, the other was braided. Some of the braided ones had a core of threads.
7. Gliding strips with one glider. The tested strips were made of PVC, neoprene and phosphor bronze. Usually the strips are fixed in grooves or nailed to sash or frame.
8. Gliding strips with two gliders, made on a butadien base and fixed in grooves.

The tests were carried out in the NBRI laboratory, in Trondheim. The studies were partly orientating, partly practical. In the first phase, the strips were tested for simple stresses applied in the laboratory; in the second, the strips were fixed in real windows exposed to the actual climate.

The following investigations have been carried out:

- I. Orientating investigations.
 - A. Air-tightness dependent upon the width of the joint.
 - B. Resistance to compression.
 - C. Simple ageing tests with periodical control of air-tightness.
 - D. Charge of new strips to record possible permanent deformation.
 - E. Freezing tests.
 - F. Wear tests.
- II. Practical investigations with the strips fixed in real windows exposed to the actual climate.
 - A. Ageing test with periodical control of air-tightness.
 - B. Driving rain tests with the same windows as in II A.

Table 2 presents all strips tested, describing their dimensions and shapes, a brief survey of their compounds and an indication of which tests each one of them has gone through.

In the tests IA—IE one meter weather strip was glued to a plate of mirror glass. To avoid the influence of the corners, two of them were mitred without cutting them completely. The remaining corners were butt-joined, (see Fig. 7a). Some strips had to be fixed in another way, see Fig. 7b-7e, and the phosphor-bronze strip was nailed as shown in Fig. 8. All fixing methods are presented in Table 3.

The apparatus used for the tests IA, IB, IC and IE is shown in Figs. 5 and 6. The glass plate was laid like a lid over a slit in an air box, connected to a fan. The amount of air was measured by a gas meter and a stop watch. The glass plate was weighed down against a face-ground steel plate. The pressure in the air chamber was measured by means of a manometer connected to the chamber, and was regulated by means of throttle valves. The compression of the strips was read on a dial micrometer. The compression could also be regulated by shims laid between the apparatus and the test plate.

The air penetration depending on the super pressure = 70 mm WC and on certain compressions for some of the strips is shown in Figs. 13, 14, 16, 17, 19, 21, 24, 26, 27, 28, 31, 32 and 33. A survey of the results is given in Fig. 15 and for each of the groups in Figs. 18, 20, 22, 23, 25, 29 and 30.

The resistance to compression was measured in the same apparatus as just described. According to an earlier investigation [1], the top load was settled to 20-25 kg (44-55 lbs) per

meter strip. The mean results for some of the strips are noted in Figs. 13, 14, 16, 17, 19, 21, 24, 26, 27, 28, 31, 32 and 33. The air infiltration dependent on the amount of the charge is shown in Fig. 34.

According to earlier tests [1], the NBRI has proposed a classification for windows based on air-tightness, see Fig. 9. A similar proposal for weather strips for windows = 120 x 120 cm (joint length = 7,0 m) is shown in Fig. 12. In the first tests the strips were compressed to give an air penetration less than 2,2 m³/h under a super pressure = 70 mm WC.

The same test plates were then exposed to the weather, on the roof of the laboratory. As shown in Figs. 35 and 36 the test plates were sheltered against vertical precipitation, but exposed to all other climate stresses. The plates were fixed both on the south and on the north side of the shelter. The strips were not compressed. They were regularly controlled and were taken down for closer examination and measuring of air-tightness whenever abnormal ageing or damage was discovered. Normally, they were tested at intervals of about 1 month. If the strips leaked much more during the control tests than earlier, they were further compressed until they obtained a leakage less than 4,3 m³/h m, i. e. «good» in our norms. If at full compression (loaded by 25 kg/m = 55 lbs/m) they still leaked too much, the test was finished. The measure of the ageing properties was then determined as a number of months from the start to the end of exposure.

In Fig. 37 the time of exposure for each plate is drawn as a line. To show the resistance against ageing, these lines indicate the start and the end of the test. The actual climate in each period can be found from the climatic curves in Figs. 2 and 3. Fig. 2 shows the monthly mean temperature, the mean max. and min. temperature, and also the normals. The monthly precipitation and mean relative humidity is shown in Fig. 3. The same data and the monthly extreme temperatures are given in Figures in Table 1. Figs. 38-44 and Figs. 46-47 are photographs of some strips destroyed by the climate.

The ageing tests as well as our practical experience show that in elder constructions with gliding strips fixed according to Fig. 45a, we usually get a false leakage between the strip and the groove. This leakage has sometimes been about 50 % of the total. Most of the false leakage is avoided through a fixing as in Fig. 45b or similar ways.

Several times we have seen strips stay flat if they have been heavily compressed in windows. Two series of tests were started to find

out a possible tendency. In the first series the strips were compressed (not very hard) to fixed joints for a week, then unloaded and measured after some hours, then loaded again, and so on. The measuring apparatus is shown in Fig. 48. Strips tested and number of cycles are given in Table 5. The results were rather vague and indicate that the test method was not very good.

A new series was started, the compression (40 kg = 88 lbs. per meter strip) now lasting for 3 days. During the following 4 days, the strips were unloaded and permitted to rise, and the cycle was repeated. Table 6 shows the measured height (expressed in percentage of full height) after different numbers of cycles.

A freezing test series both with dry and wet strips lasted about 3 months. The air penetration was measured before and after the freezing period, normally lasting 2 or 3 days with a temperature of $\pm 18^{\circ}\text{C}$. The strips were not compressed during the frost period. After thawing, the strips were allowed to dry. Wet strips are more air-tight than dry ones. The strips nos. 1.04 and 1.11 did not deteriorate because of frost, and the air-penetration increased very little. The tearing of strips fixed in windows is probably due to opening sashes in frost periods when both sides of the strips are frozen to sash and frame, respectively.

The resistance against wear was measured by means of an apparatus seen in Figs. 49 and 50. The position of «frame» and «sash» part can be regulated ad libitum, so that stresses on the strips may be varied. The «sash» is opened and closed 9 times per minute. The joint surfaces were well smoothed and painted. The apparatus was designed especially for gliding strips and only these were tested. Measurements of wear were carried out by means of micrometer gauges.

The main results proved that the joints designed for gliding strips should be no less than 50-60 % of the height of the glider itself, (not including the groove pane). Glued corners with overlap should be avoided.

During the practical investigations the strips were fixed in 23 real windows, very similar to the Norwegian Standard 763, see Fig. 55. In addition, five special windows were made according to the factories' own design. All windows were exposed in the west wall of our Roof Laboratory, see Fig. 54. Exposure lasted from October 1960 to November 1962.

The climate in Trondheim during this period is shown in Figs. 2 and 3 and in Table 1. The indoor climate was as in normal dwellings, i. e.

$+20^{\circ}\text{C}$ and 40 % rel. humidity. Once a day the windows were opened and the strips inspected.

Table 7 presents all strips and their resp. joint widths. (L stands for small windows, 60 x 60 cm, and S for big ones, 60 x 120 cm). The «strip» in window L 1 is rather peculiar. It is of foreign origin and functions as an ordinary squeeze strip. The «putty» was sprayed into the joints, adapting itself to all grooves and rough spots and hardening. The application, however, was very cumbersome. The spraying required eight operations and, in addition, one hour's drying, and since the result nevertheless was as shown in Fig. 56, the product must be characterized as unsatisfactory. The window, however, has passed the ageing test.

Before the windows were exposed in the wall, they were examined and adjusted in our apparatuses for air and driving rain tests. During the exposure the windows were checked 3 times in the same apparatus. Finally they got an overall checking as to air and rain penetration and joint widths.

Fig. 57 shows the apparatus for measuring airtightness and Fig. 60 the driving rain apparatus. These have been described earlier in Report 7 [6] and in an article in the Norwegian periodical «Byggmesteren» [8].

Figs. 58 and 59 show the air leakages through the windows measured at a super pressure = 70 mm WC. For some windows the results vary rather considerably, which may be due to the chosen widths of the different joints, the largest almost 100 % of the strip height. In the last case very small alterations may open slits.

In Table 9, the air leakages through the windows at the first and the last measurement dependent on the variation of the joints are studied. The increase of air penetration is noted in %, and, finally, there is a figure for «calculated increase of leakages», also in %, the last percentage being calculated from the mean leakage measured for new strips at the respective width of joint. These are theoretical figures and have to be used critically.

In the driving rain apparatus the amounts of rain (8-10 l/m²h) were blown against the window by a wind about 33 m/sec. creating a super pressure = 70 mm WC. A good window withstands the stresses for at least 5 hours without any penetration of water.

The results from the practical tests confirm the results obtained in the laboratory tests, and show that the quality of the strips differs very considerably. Strips with open cells require hard compression to obtain sufficient tightness against wind. The tightness is very sensi-

tive to (dependent on) the smallest alterations in joint width. The open texture permits the air to attack also the inner part of the strips. They should be made of more resilient and weather proof materials than is the case now.

The strips of foamed plastic, in general, had bad ageing properties. The plastic shrinks and disappears, and protecting coatings of linen, felt etc. creep and destroy strips or tear them from the base. Strips consisting of several materials, e. g. felt on foamed plastic, are not tighter than strips made of foamed plastic alone. New strips will offer some protection against wind, but the property is not durable. The usual strips had to be squeezed to 30-40 % of full height to yield good tightness.

Wool and cotton strips are robust, but they harden if painted. Wet strips may shrink and detach. The tightening properties are rather bad, but will not change. The air penetration is sensitive to compression. To obtain a serviceable degree of tightness, the strips must be squeezed very much, indeed more than is good for locks, hinges and wooden profiles.

Strips of expanded materials, e. g. butadien, neoprene, PVC etc., have closed cells. They are air-proof and need only little compression. If they are much compressed, the cells may be punctured and the strip deformed. Strips of natural rubber, butadien, have bad ageing properties, shrinking and decomposing rapidly. Strips with protecting coatings, e. g. of linen, are particularly bad.

Strips of expanded PVC will shrink gradually but will not decompose like strips of rubber. To be compressed, they have to be heavily charged. To obtain a permanent tightness, the width of the joint should be regularly adjusted.

Strips of expanded neoprene have good ageing properties, especially when they are fixed with their skin against the air. Hard com-

pression may cause permanent deformation. A suitable joint width is 70-75 %.

Tubular strips also require a slight compression to tighten the joint. They are easily pressed together when the walls are thin; the thicker the walls, the more rigid the strip. When made of good raw materials, they are resilient.

The tightening effect is approximately the same at varying degrees of compression, provided that they have a good connection to both joint surfaces. To obtain this the width of the joint has to be about 90 % of the height of the strip. (The joint width may alter with time).

The strips of butadien harden in course of time. The tested strips of PVC were very good, and showed only a slight tendency for deformation. The tubular strips of neoprene are all excellent.

Gliding strips with one or two gliders should be pressed against the bottom of the base groove to ensure good tightening of the slit. They are, notably the single gliders, sensitive to rough surfaces; the joint surfaces, therefore, should be painted thoroughly. Unskilled fixing, especially in corners and around hinges, will result in leakages. All gliding strips are sensitive to the width of the joint, which ought to be min. 50 % and max. 80 % of the free length of the gliders.

The quality of the tested strips differed considerably. One of the PVC strips becomes hard and rigid, the other one supple. The double gliders were mainly made of butadien, probably mixed with some neoprene. Their colour changed from light grey to dark grey-brown, they hardened and «dried». The tested double gliders are no longer for sale. The new ones of black neoprene have much better ageing properties.

The tested gliding strips of phosphor-bronze had so bad tightening properties that further investigations were cancelled.

Litteraturliste

- [1] *Wigen, Robert*: Vindundersøkelser III, vinduer av tre. Undersøkelse av tetthet mot vind og regn. Oslo 1958, 33 s., 15 bl. ill. (Norges byggforskningsinstitutt, Rapport 28).
- [2] *Bergvall, Lennart* og *Erik Dahlberg*: Värmeisole-ring och lufttäthet hos fönster. Byggmästaren 1944, nr. 15, s. 272-282, ill.
- [3] *Thomas, D. A.* og *J. B. Dick*: Air infiltration through gaps around windows. Journal of the Institution of Heating and Ventilating Engineers b. 21, 1953, nr. 214, s. 85-97.
- [4] *Birkeland, Øivind* og *Sven Erik Lundby*: Trekk fra vinduer. Litt om hva vi vet om luftlekkasjer. Bygg 1954, nr. 10, s. 211-15, ill.
- [5] *Lundby, Sven Erik* og *Robert Wigen*: Vindundersøkelser II, Vindusomramminger i trehus, undersøkelser av tetthet mot vind og regn. Oslo 1956, 22 s., 14 bl. ill. (Norges byggforskningsinstitutt, Rapport 18).
- [6] *Granum, Hans, Sven D. Svendsen* og *Annanias Tveit*: Lette treveggers vindtetthet. Oslo 1954, 46 s., 25 bl. ill. (Norges byggforskningsinstitutt, Rapport 7).
- [7] *Wigen, Robert*: Vinduer, tekniske og økonomiske synspunkter. Oslo 1963, 198 s., 11 bl. ill. (Norges byggforskningsinstitutt, Håndbok 15).
- [8] *Dalaker, Margrete*: Tettelister for vinduer. Byggmesteren 1961, nr. 10, s. 11-31, ill. (Norges byggforskningsinstitutt, Særtrykk 55).