

Tettelister for vinduer

Foreløbige resultater av laboratorieprøver ved NBI

Av arkitekt

MARGRETE DALAKER

Norges byggforskningsinstitutt

OSLO 1961

Særtrykk av «Byggmesteren» nr. 10, 1961

I løpet av de siste 1½ år har Norges byggforskningsinstitutt drevet forsøk med tettelisten ved sitt laboratorium i Trondheim. Prøveserien er satt igang i NBI's egen regi, uten støtte av noen art fra fabrikker eller forhandlere.

Det oppsatte prøveprogram var beregnet å ta ca. 3 år, og til nå er en i store trekk ferdig med de orienterende forsøk og har satt igang hovedforsøkene. De resultatene som her blir offentliggjort gis derfor med forbehold for mulige forandringer og tilføyelser som den videre forskning på området vil vise.

Det forsøksprogrammet som ble satt opp ved begynnelsen av forsøkene, kan i korthet summeres i 5 punkter:

1. Listenes tetthet i forhold til sammenpressingen.
2. Listenes værbestandighet.
3. Listenes slitasjemotstand.
4. Listenes tetthet og bestandighet under forhold som tilsvarer vanlig bruk.
5. Registrering og kontroll av tettelisten i private leiligheter.

Pkt. 1 og 2 inngår i forsøksprogrammet som orienterende prøver, og er for de fleste listenes vedkommende avsluttet. Det finnes imidlertid noen få lister som har greid de hårde klimapåkjenningene de er utsatt for i over et år nå, og som fremdeles tilfredsstiller våre krav til tetthet. De vil også bli prøvd etter pkt. 3 og 4, mens de listene som ikke har greid de første forsøkene, blir sjaltet ut.

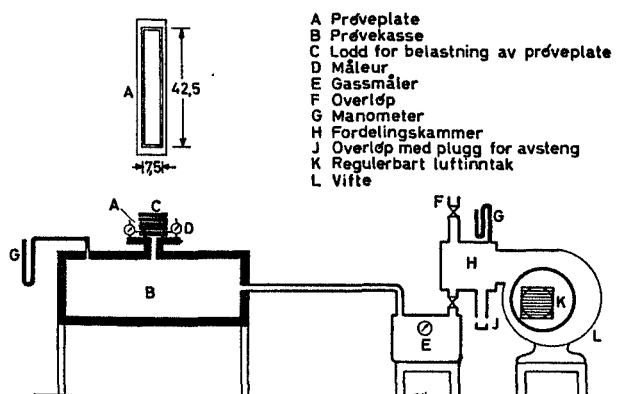


Fig. 1. Prøveapparat for måling av luftgjennomgang avhengig av sammenpressingen.

Prøvemethodikken for pkt. 1 kan kort forklares ut fra fig. 1. 1 m tettliste blir limt opp på en speilglassplate. For at ikke hjørnene skal komme for sterkt inn i bildet, er to av dem gjæret. I disse hjørnene blir ikke listene skåret helt over, men forsøkt bøyet til etter at en trekant er skåret eller klippet ut av listen. De to andre hjørnene buttskjøtes. Ved monteringen passer en nøye på at ikke listene blir utsatt for strekk eller andre uheldige påkjenninger. Ved prøvingen legges glassplaten, A, som lokk over en spalt til en luftkasse, B, som står i forbindelse med en vifte, L. Luftmengden

måles ved hjelp av en gassmåler, E, og en stoppeklokke. Glassplaten holdes ned mot den planslippede stålplaten ved hjelp av lodd, C. Trykket i luftkassen måles ved manometre, G, koblet direkte til kassen, og det reguleres med strupeventiler. Sammentrykningen av listene avleses på måleurbank, D, koblet til den nederste loddplaten. Sammenpressingen kan også reguleres ved mellomlegg som legges mellom anleggsplaten på luftkassen og prøveplaten.

De fleste tettelisten tetter bedre jo mer de er trykket sammen. Til dette arbeide trengs en kraft som i praksis ydes av hengsler og lukkemekanisme. En tidligere teoretisk beregning viser at strammekraften for 4 av de vanligst brukte lukker- og vridertyper varierer fra 5–30 kg. To av vriderne tillater ikke større kraft enn 12 kg. Hengslene er noe sterkere, men det svakeste leddet bestemmer påkjenningen, og en bør ikke regne med at tettelistene kan klemmes med mer enn 4 x 12 kg, altså 48 kg pr. ramme, dvs. 13–14 kg pr. m. list ved et to-rams vindu av størrelse 120 x 120 cm. For et like stort en-rams vindu kan en bare regne med ca. 10 kg pr. m list. Ikke desto mindre har en i denne forsøksserien funnet lister som ikke tilfredsstiller tetthetskravene våre til tross for at de er klemt med opptil 42 kg pr. m.

Begrepet nødvendig tetthet trenger en definisjon før en kan vurdere de oppnådde resultatene. Norges byggforskningsinstitutt har i mange år drevet forsøk med lufttetthet for vinduer, og er for disse kommet frem til en klassifiseringskurve, fig. 2. Kurven refererer seg til en vindusstørrelse på 120 x 120 cm. Et vindu betegnes som godt dersom luftgjennomgangen ved et overtrykk på 70 mm VS er mindre enn 30 m³/h, og som utmerket når lekkasjen er under 15 m³/h. Et overtrykk på 70 mm VS tilsvarer sterk storm.

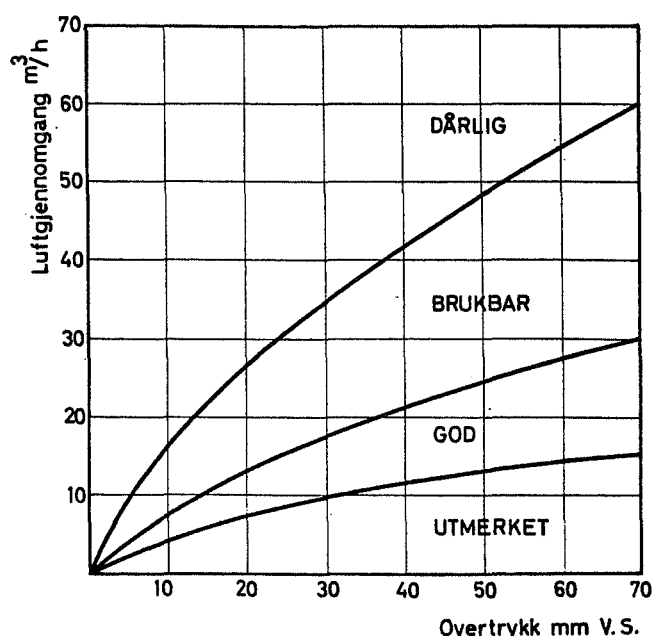


Fig. 2. Klassifiseringskurve for vinduer av størrelse 120 x 120 cm.

stativ, og rammen festes ved et stag til et eksenterhjul. En motor med lite omdreiningsstall åpner og lukker vinduet 9 ganger pr. min. En times kjøring, dvs. 540 åpninger/lukkinger, tilsvarer $1\frac{1}{2}$ års bruk av et vindu som åpnes 1 gang pr. dag. For et vindu i en skole tilsvarer en times kjøring omlag 3 mnd. bruk. Vinduene åpnes da 6 ganger for dagen. På dette apparatet vil tettelistene bli prøvet i vinduer av størrelse 60 x 120 cm, og en kan ved stillskruer og forskyvbare karmdelar gi fugen mellom karm og ramme den ønskede størrelse. Før forsøket påbegynnes, vil vinduet bli prøvet for luftgjennomgang i laboratoriets store luftskap, som vises på et senere bilde. Etter 2 times kjøring i slitasjeapparatet vil vinduet igjen bli prøvet for lufttetthet, og det samme gjentar seg etter endt slitasjeprøving, dvs. 4 eller 5 timer.

Spesielle detaljer ved tetningen, som hjørneløsninger og utforming av listene rundt omdreiningssaksen for svingvinduer, kan prøves på den andre siden av apparatet. Til nå er det kjørt endel orienterende forsøk her. De skal vi senere se bilder fra.

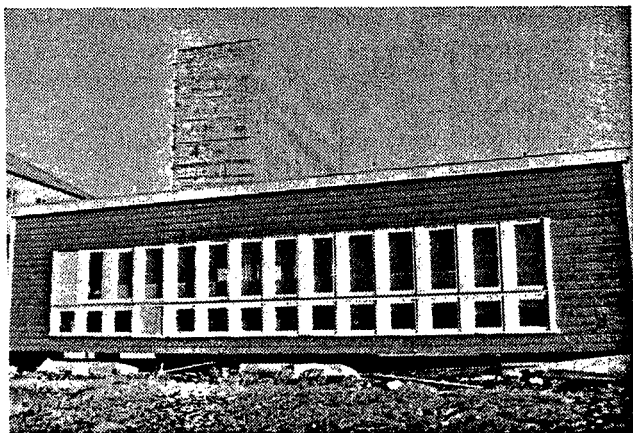


Fig. 4. Vinduer innsatt i forsøkshusets vestvegg.

Pkt. 4 i forsøksprogrammet er prøver som best tilsvarer vanlig bruk av listene. I vestveggen på et av våre forsøkshus er 28 vinduer satt inn som vist på fig. 4. Halvparten av vinduene er 60 x 120 cm store, og resten er av størrelse 60 x 60 cm. Vindusprofilene er tilnærmet NS 763, norsk standard for utadslående koblete vinduer. Et par av vinduene er imidlertid svingvinduer. Tettelistene er normalt plassert, dvs. limt til anslaget. De står følgelig ganske godt beskyttet mot vær og vind.

Før vinduene ble satt inn i forsøkshuset, ble de undersøkt i laboratoriets luft- og slagregnapparat. Nødvendige justeringer ble utført slik at vinduene tilfredsstiller NBI's strengeste klassifiseringskrav.

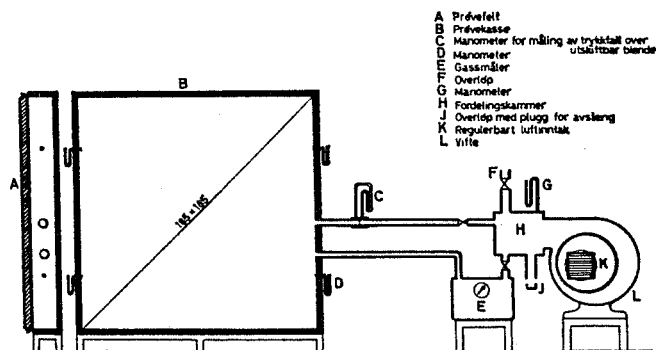


Fig. 5. Apparatur for vindtetthetsforsøk. Systemskisse.

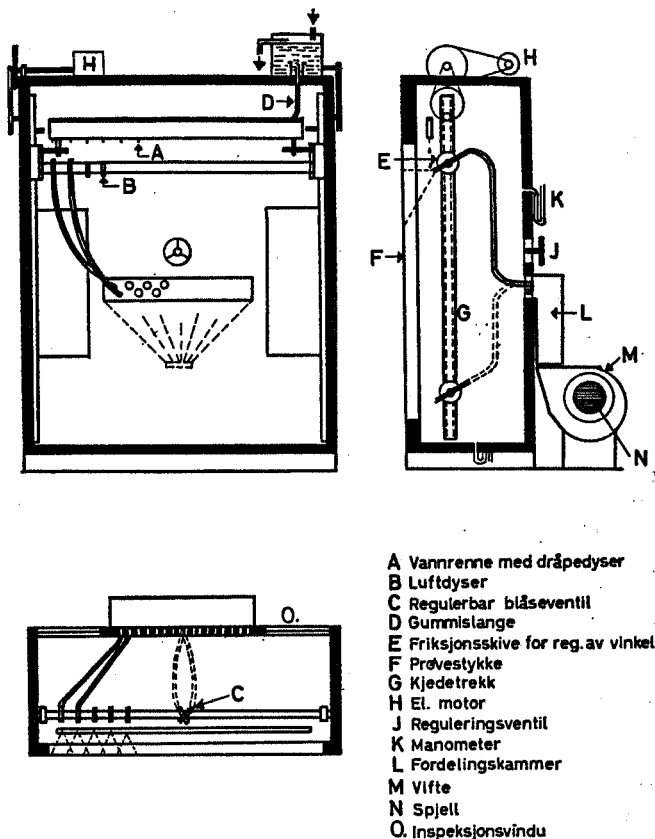


Fig. 6. Apparatur for slagregnforsøk. Systemskisse.

Luftskapet, fig. 5, består av et skap, B, hvor ene side dannes av et maskeringsfelt, A, med prøvevinduet innsatt. Maskeringsfeltet klemmes mot gummipakninger og alle uvedkommende fuger mellom felt og vinduskarm tettes med plastilin. Skapet står i forbindelse med en vifte, L, som gir det ønskede overtrykk i skapet. Trykket måles v. h. a. manometre, D, og reguleres ved strupeventiler. Luftlekkasjer mellom karm og ramme måles v. h. a. gassmåler, E, eller som trykkfall over en blende, C.

Fra luftskapet går vindusfeltet til slagregnapparatet, fig. 6. Dette består av et lignende skap som luftskapet, og maskeringsfeltet, F, danner også her den ene siden. Luften fra viften, M, presses inn i et fordelingskammer, L, og derfra gjennom luftslanger og blåseventiler, C, inn i skapet. Like over blåseventilene finnes en rekke vanndråpedyser A, som står i forbindelse med en vannrenne. Vanndråpene blir splittet av luftstrømmen fra blåserne. Avstanden fra dysene til vindusflaten er avpasset slik at dråpene treffer vinduet jevnt fordelt over flaten. Både blåseventilene og dråpedysene er festet til et vertikalt kjedetrekk, C, som drives av en motor, H. Eftersom kjedetrekket vandrer opp og ned, blir vannpåsprøytingen diskontinuerlig. Anvendt regnmengde er ca. 8 l/m²h, og ved et overtrykk på 70 mmVS tilsvarer det hårdt slagregn på Vestlandet. Lufttrykket i skapet reguleres ved ventiler, I, i front og rygg av skapet fra 10 mmVS og vanligvis opp til 70 mmVS. Disse prøvevinduerne ble bare kjørt på 70 mmVS overtrykk, og tiden fra start til vannet trenger igjennom ble registrert.

Efter den første målingen ble vinduene satt inn i vestveggen i forsøkshuset slik som vist på fig. 4. Innendørsklimaet i forsøkshuset skal holdes nærmest mulig vanlig boligstandard, dvs. + 20° C og 40–50 % rel.fukt. Hver dag skal de åpnes to ganger og alle listene undersøkes. Det føres journal over inspeksjonene, og alle uregelmessigheter noteres. Hver 3. mnd.

i hele forsøksperioden skal vinduene prøves på nytt i laboratoriets luft- og slagregnapparat. Skjer det noe med listene som gir en grunn til å anta at egenskapene har forandret seg vesentlig, vil vinduet bli prøvet også utenom disse terminene.

Disse undersøkelsene er nettopp satt igang etter at en på bakgrunn av fjorårets orienterende prøver har kunnet foreta en viss sortering av listtypene. En regner med at prøvene vil ta ca. 2 år, men allerede nå etter 2 mndr., viser noen av listene seg å være nok så medtatte.

Som pkt. 5 i forsøksprogrammet er oppsatt registrering og inspeksjon av lister som er i bruk i private leiligheter. Foreløbig er dette arbeidet ikke påbegynt. Et slikt arbeide er meget vanskelig, da opplysningene en vil få kan være svært vilkårlige og beheftet med store feil både hva fabrikat og tidspunkt for oppsetting angår. Da montering av tettelist er en utpreget privatjobb, vil en sannsynligvis treffe på så vidt forskjellige utførelser at sammenligninger fra sted til sted vanskeliggjøres og kanskje umuliggjøres. En slik undersøkelse vil dessuten måtte bli subjektiv, da en ikke kan foreta pålitelige målinger på stedet. Om dette arbeidet vil bli utført, er det ennå ikke tatt noe standpunkt til. En bør først skaffe seg de nødvendige erfaringer fra laboratorieforsøkene.

Foreløbige resultater av forsøkene.

På markedet er det idag en mengde forskjellige fabrikata og enda flere typer tettelist. NBI har etterhvert fått tak i og prøvet 40 forskjellige typer av omlag 25 fabrikata. Fig. 7 viser de forskjellige typer klemlister som er prøvet.

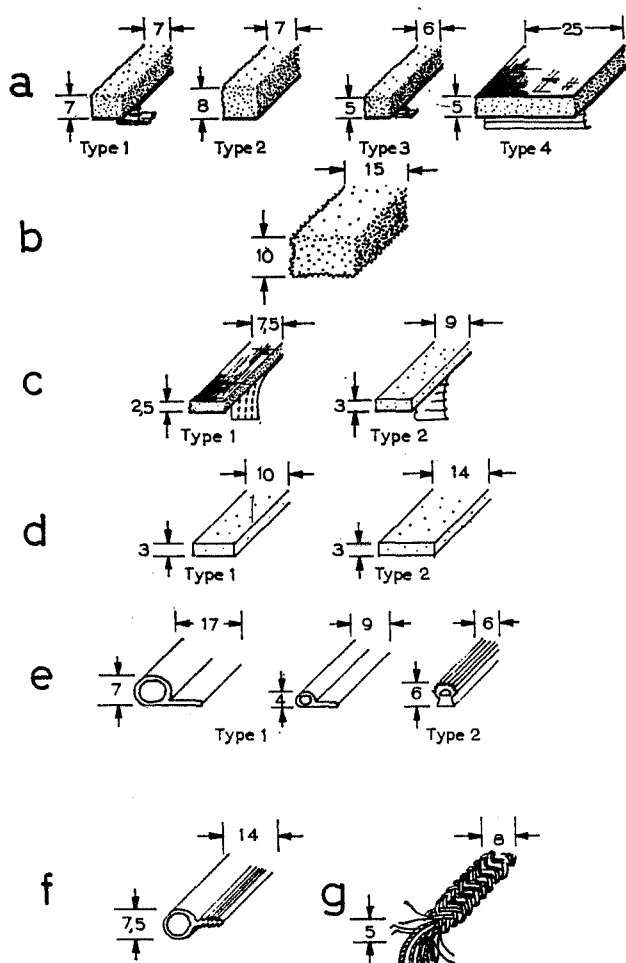


Fig. 7. Klemlister.

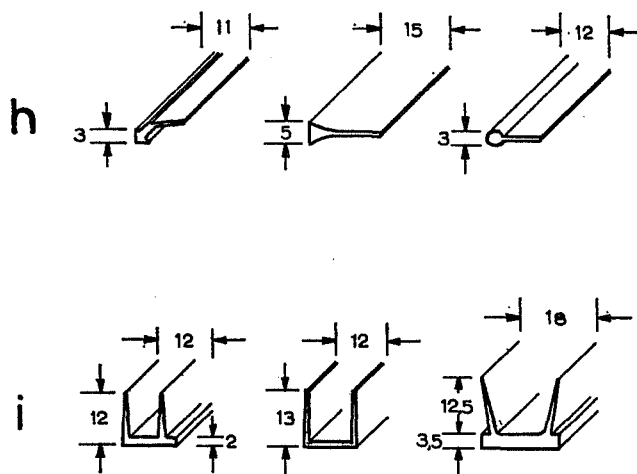


Fig. 8. Slepelist.

Type a. er skumplastlister av polyuretan. De kan være selvklebende eller ikke selvklebende. Endel av disse listene har fiber eller filthelegg som beskyttelse mot anslag og solpåkjenninger.

Type b. er en skumplastlist, asfaltimpregnert. Denne typen er beregnet for fuger mellom elementer, men er tatt med i denne undersøkelsen da kravene stort sett er de samme.

Type c. er skumgummilister, noen er selvklebende og andre må limes.

Type d. er ekspanderte kunstgummilister på neopren-, kloropren- og PVC-basis. Ingen av disse er selvklebende.

Type e. er rørformede lister av kunstgummi.

Type f. er en rørformet PVC-list.

Type g. er ull- og bomullslister.

Slepelistene er kommet sterkt i skuddet i den senere tid. Av denne sorten har vi ved laboratoriet undersøkt 2 typer, fig. 8. At inndelingen ser ut til å følge listenes

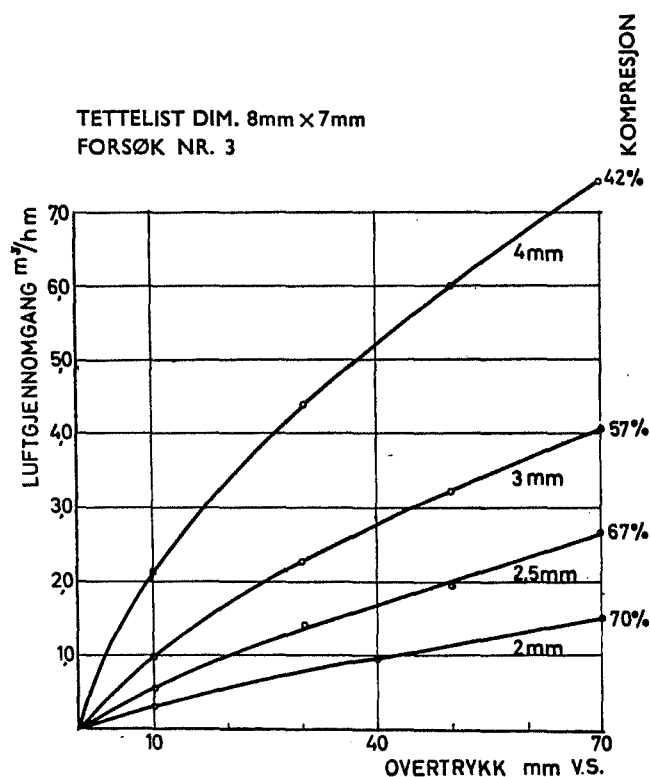


Fig. 9. Luftgjennomgang ved forskjellig sammentrykking av en tettelist av polyuretan.

Tabell II. Orienterende aldringsforsøk med skumplastlister på polyuretanbasis.

a. skumplastlister på polyuretanbasis																	
Type 1: uten limbånd 4: lerret 2: plast 5: filt 3: fiber																	
Prøvent.	Selvkleb.	Limbånd	Dekkbånd	Ant. prøver	Vekt kg/m ²	Prøving 1. gang Luftgj.gang $\approx$ 2,2 m ³ /h			Prøvetid mnd.			Prøving siste gang. Luftgj.gang $\approx$ 4,0 m ³ /h			Anm.		
						Kompresj. %			Værbestandighet			Kompresj. %					
						min.	gj.sn.	maks.	min.	gj.sn.	maks.	min.	gj.sn.	maks.			
						Kompresj. kraft, kg			Kompresj. kraft, kg			Kompresj. kraft, kg					
02, 04	X	4	—	2	—	67	67	67	12	7	8	9	80	81,5	83	22	tørr. Lim slipper glass
13, 14, 15	X	2	—	6	55—47	43	54	67	12	4	5,7	7	64	70	65	12—22	limb./list løsn., støver
16, 01, 02	X	4	—	4	41	43	53,5	71	12	4	4,8	5	70	75	80	22	krymper, tørr
1, 2, 3, 4	X	3	—	6	47	30	42,5	60	12	0,5	4,6	9	50	72	80	20	limb./list, biter løsn., tørr
5, 6, 7, 8	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54, 55, 10, 11	X	3	—	4	45	50	59	62	12	4	4,6	5,5	65	74	80	22	tørr, biter faller av
11, 12, 21, 22	X	3	—	4	51	60	68,5	75	16	1,5	3,2	4,5	65	70	75	22	—»—
23, 24	—	—	—	2	54	56	56	56	12	3	3	3	69	69	69	22	tørr, huldannelser
9, 10	X	4	—	4	54	75	77,5	80	12	0,5	2,6	4	75	77,5	80	22	—»—
19, 20	X	3	5	2	53	60	60	60	21	2	2	2	50	50	50	22	sterk krymping
65, 66	X	3	3	2	41	5	8,7	12,5	12	1,5	1,5	1,5	75	75	75	22	—»—
22 A, 26 A	X	3	—	2	42	50	50	50	12	1,5	1,5	1,5	75	75	75	22	limb./list løsn., tørket
Gj.snitt				38		ca. 50			ca. 13	4			ca. 72			ca. 22	

sleperantall, skyldes tilfeldigheter. De er inndelt etter råmaterialene i listene:

Type h. er PVC-lister.

Type i. er lister på butadiengummi-basis, endel av disse er iblandet mer eller mindre neopren.

a) Skumplastlister av polyuretan.

Den største mengden undersøkte lister finner vi i gruppe a. De er svært porøse, de tåler i første omgang sammentrykking og fordrer det også for å bli tette nok. Fig. 9 viser et tydelig eksempel. Den viser luftgjen-

nomgangen ved forskjellig sammentrykking av en tetteliste av polyuretan. Ved 42 % sammentrykking slipper denne listen gjennom hele 7,5 m³/h m. Ved 57 % sammentrykking står den enda ikke bedre enn til brukbar i klassifiseringskurven, og først ved ca. 68 % gir den virkelig god tetning. Denne listen ble forøvrig ødelagt etter 4 mndr. på taket.

I tabell II er det satt opp en oversikt over alle skumplastlistene som er undersøkt. De beste holder som en ser ca. 8 mndr. i gjennomsnitt, men det er også flere som bare oppnår ca. 1½ mnd. levetid. Tabellen

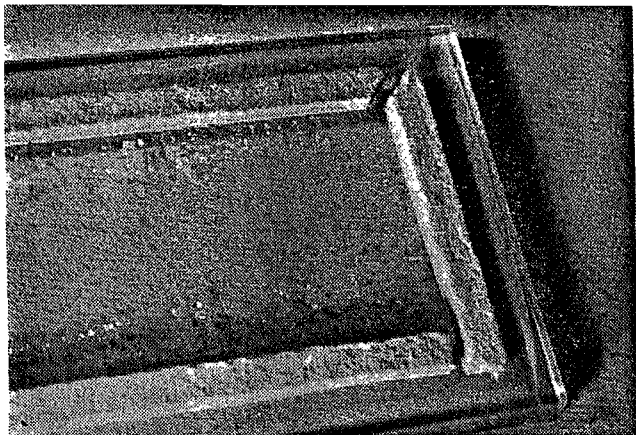


Fig. 10. Filtbelegg krymper og trekker skumplast og limbånd med.

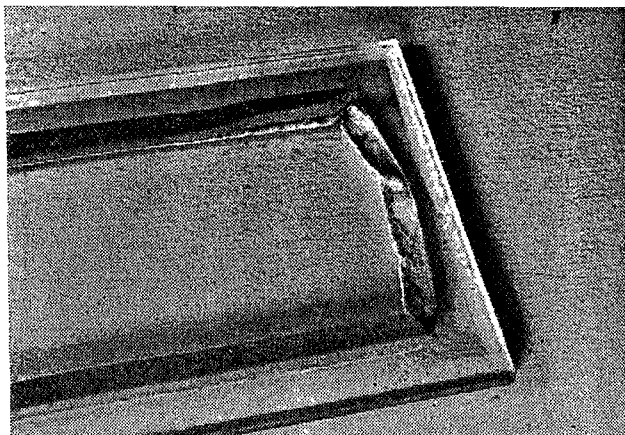


Fig. 12. Skumplastmassen løsner fra limbånd og forsvinner. Plasten var opprinnelig hvit, men er etterhvert blitt brun.

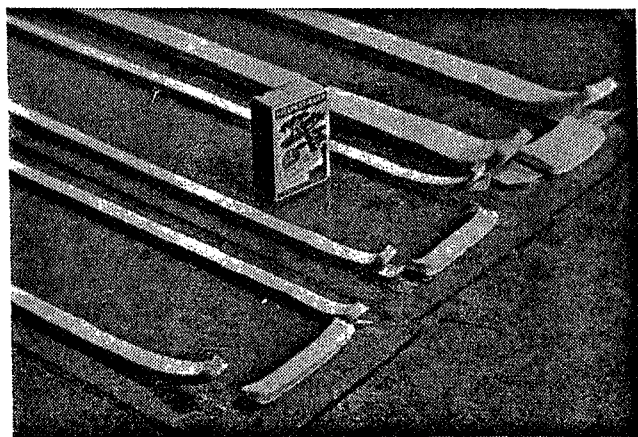


Fig. 11. Dekkbånd av lerret krymper, og skumplasten rives løs fra limbånd og plate.

er satt opp med listene ordnet etter fallende værbestandighet. Den måles som antall mndr. fra listene er utsatt på taket til luftlekkasjen overstiger $4 \text{ m}^3/\text{h}$ med maksimal sammentrykking. Ved avslutningen av forsøket er det også målt luftgjennomgang for listene med opprinnelig sammentrykking. Den gjennomsnittlige luftlekkasjen var $11,6 \text{ m}^3/\text{h}$ m. Noen lister som ikke er tatt med i dette gjennomsnittstallet, ga ikke anlegg i det hele tatt ved den opprinnelige klaringen. Vi har hørt sagt at listene tetter også etter en tids bruk bare ved «å være tilstede», selv om de virker døde. Vi tillater oss på bakgrunn av den foretatte undersøkelse å tvile litt på denne påstand.

Arsakene til den dårlige værbestandighet for skumplastlister kan være flere:

1. Krymping av skumplasten, dekkbånd e. l., se fig. 10 og 11.
2. Limbånd løsner fra plastmassen, fig. 12.
3. Hulldannelse i listene, fig. 13.
4. Endel lister tyder på at det er brukt uheldig mykningsmiddel. De blir gjerne svakt klebrige og faller etterhvert sammen og tørker. Såvidt vi vet er det Bayer som leverer råstoffet til de fleste listene, og det skulle være interessant å vite om de tillater fabrikanterne å bruke mange forskjellige mykningsmidler. Våre resultater tyder på det.

Ved instituttet ble det for endel skumplastlister foretatt orienterende prøver i fryserum. Gjentatte frysninger og opptiningar så ikke ut til å skade listene. Plasten holdt seg lys og fin og gav god tetning. I praksis

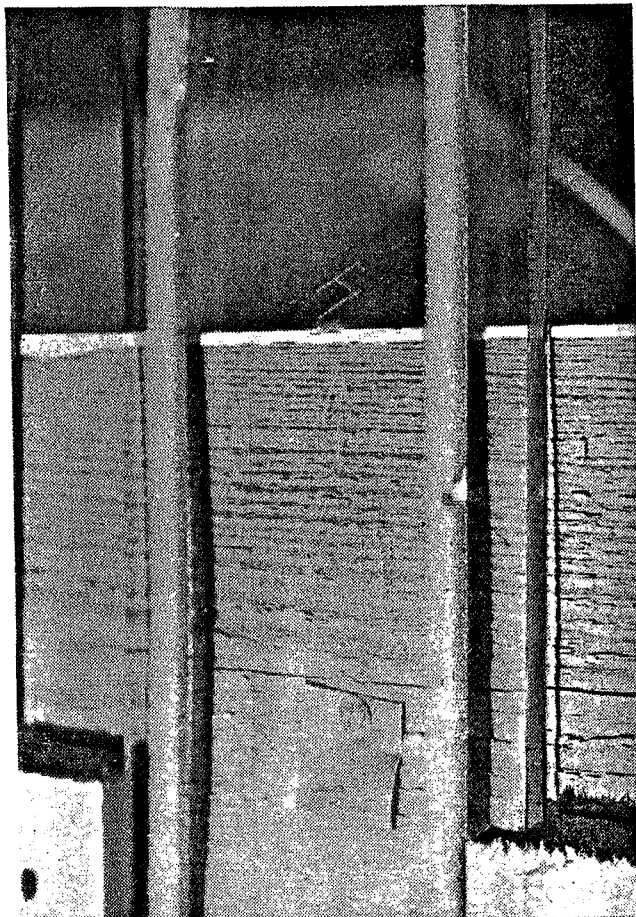


Fig. 13. Hulldannelse i listene. Hullet oppstod etter ca. 14 dager og vokser etterhvert. Foto tatt etter 6 uker.

vil muligens listene i slike tilfelle fryse fast og slites istykker.

b) Skumplastlister, asfaltimpregnert.

Innen denne gruppen er det bare undersøkt ett fabrikkat. Etter de prøver vi har foretatt ser det ut til at råmaterialet er det samme som for gruppe a. Listene er impregnert med asfalt.

Tabell III viser resultatene av forsøkene. Maks. levetid er 5 mndr., og i løpet av denne tiden er kompresjonen øket fra 50 % til ca. 70 %. Luftgjennomgang ved opprinnelig kompresjon var gjennomsnittlig $11,1 \text{ m}^3/\text{h}$ m. Listene virker stive og hårde p. g. a. impreg-

Tabell III. Orienterende aldringsforsøk med asfaltimpregnerte skumplastlister på polyuretanbasis.

b. skumplastlister, asfaltimpregnerte																
					Prøving 1. gang Luftgj.gang $\bar{\approx}$ 2,2 m ³ /h				Prøvetid mnd.			Prøving siste gang Luftgj.gang $\bar{\approx}$ 4,0 m ³ /h				Anm.
Prøve nr.	Selvkleb.	Limband	Ant. prøv.	Dimensjon mm	Kompresj. i %			Kompresj.-kraft, kg	Værbestandighet			Kompresj. i %			Kompresj.-kraft, kg	
					min.	gj.sn.	maks.		min.	gj.sn.	maks.	min.	gj.sn.	maks.		
57, 56	—	—	2	15×10	50	50	50	12	3	4	5	65	67,5	70	42	
58	—	—	1	15×10		60		12		5			72		32	
59	—	—	1	20×20		50		12		5			65		42	
Gj.snitt			4			52,5		12		4,5			68		ca. 40	

neringen og er meget tregre å trykke sammen. Når de avlastes, tar det lang tid før de igjen når tilnærmet opprinnelig dimensjon. De er da heller ikke beregnet på vinduer. Listenes treghet vil sannsynligvis føre til at listene etterhvert tilpasser seg den spalten de blir plassert i uten å yde særlig trykk mot sidene. Ytterligere lekkasjer kan da med tiden oppstå.

c) Skumgummilister.

Disse listene består av butadiengummiforbindelser. Noen er selvklebende, andre må limes. Forhandlerne hevdet for 2—3 år siden at listene var gått ut av produksjonen, men de selges ennå, så restlagrene må ha vært ganske store. Skumgummilistene er de dårligste listene vi har prøvet. En av listtypene ble så raskt ødelagt at prøving utover 1. gang var umulig, se tabell IV.

De dårligste listtypene er begge dekket med lerret. Når lerretsbandet krymper, rives gummi-massen opp, og luften angriper følgelig også den indre del av listen, se fig. 14.

Gummi i listene brytes raskt ned av oson i luften og av lyset. Den blir tørr og smuldrer, og massen krymper. De karakteristiske tverrsprekker oppstår, og luftlekkasjene uteblir ikke. På fig. 15 vises en tettelist

med typiske tverrsprekker. De oppstod etter ca. 1½ mnd., men listen var brukbar i omlag 5 mndr. Inntil da var sprekkene ikke større enn at de ble klemmt sammen under prøvingen. Bildet er tatt etter endt prøvetid.

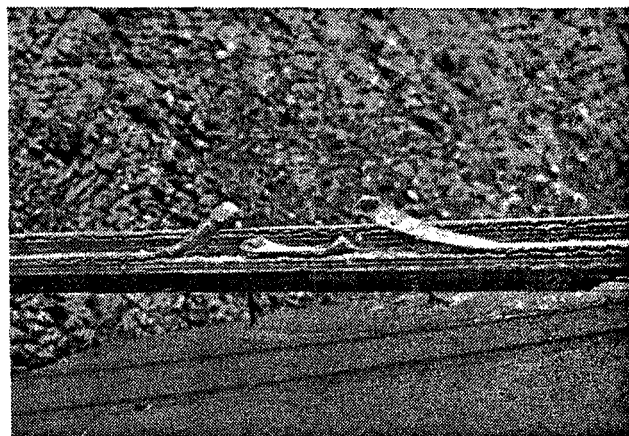


Fig. 14. Skumgummilist på butadiengummibasis. Krymping av lerretsband forårsaker raskere forvitring av gummi-massen.

Tabell IV. Orienterende aldringsforsøk med skumgummilister på butadienbasis.

c. skumgummilister						Type 1: uten limbånd 2: gummi 3: fiber				4: lerret 5: filt							
						Prøving 1. gang Luftgj.gang $\bar{\approx}$ 2,2 m³/h				Prøvetid mnd.			Prøving siste gang Luftgj.gang $\bar{\approx}$ 4,0 m³/h				Anm.
Prøve nr.	Selvkleb.	Limbånd	Dekkbånd	Ant. prøver	Vekt kg/m³	Kompresj. i %			Kompresj.- kraft, kg	Værbestandighet			Kompresj. i %			Kompresj.- kraft, kg	
						min.	gj.sn.	maks.		min.	gj.sn.	maks.	min.	gj.sn.	maks.		
25, 26, 27, 28	×	4	4	4	214	15	16,5	16	12—21	2	2	2	30	31,5	33	21	lerret krymper, biter faller av, støver trapesf. tv.snitt, sprekker på tvers lerret krymper, smuldrer
29, 30	×	3	—	2	515	6,7	6,7	6,7	7	5	5	5	7	12	17	32	
	—	—	4	2	180	15	15	15	12	under 0,5 mnd.							
Gj.snitt				8		13			13	ca. 2,4			(25)				

Tabell V. Orienterende aldringsforsøk med ekspanderte kunstgummilister på neopren-, kloropren-basis samt lister av PVC.

d. ekspanderte kunstgummilister på neopren-, kloropren-basis samt lister av PVC									
				Prøving 1. gang. Luftgj.gang $\geq 2,2$ m ³ /h			Prøvetid	Anm.	
Prøve nr.	Materiale	Ant. prøver	Vekt kg/m ³	Kompresj. i %					Kompresj.- kraft, kg
				min.	gj.sn.	maks.			
17,18	neopren	2	133	1	1	1	6,5	foreløbig 15 mndr. (1,29—1,56).	utenl., u. skader. utenl. utenl., u. skader. utenl. mellomlegget løfter platen.
11	PVC	1	144	nesten 0			7	foreløbig 1,5 mnd.	
44,20	neopren	2	444	nesten 0			12	foreløbig 7 mndr. (0,05—0,32).	
41,10	neopren		270		0			foreløbig 1 mnd.	

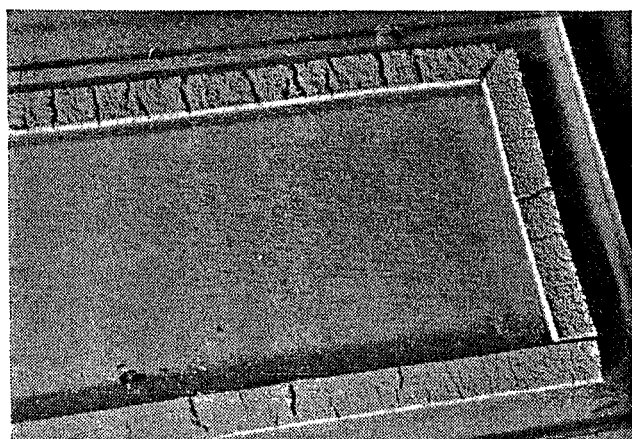


Fig. 15. Skumgummilist på butadiengummibasis.
Typiske tverrsprekker i list uten dekkbånd.

d) Ekspanderte kunstgummilister på neopren-, kloropren-basis samt lister av PVC.

Ingen av disse er selvklebende. Forsøksresultatene fremgår av tabell V, idet alle listene fremdeles er med i forsøket. De eldste har nå stått i 15 mndr. De er forholdsvis faste og egner seg dårlig for trevinduer som bør ha noe «bevegelsestoleranser». De to yngste listene

er lettere typer, som nok kan ta opp endel skjevheter og ujevne klaringer.

Listene i denne gruppen er laget med lukkede celler og fordrer derfor minimal sammentrykking for å oppnå gode tetthetsegenskaper. Råstoffene er fullverdige og værbestandige materialer, og listene ser ut til å stå meget bra. Ennå er de ikke å få på det norske markedet, men forhåpentlig vil de snart komme.

e) og f) Rørformede lister av kunstgummi og plast.

Resultatene av forsøket ser vi av tabell VI. Praktisk talt samtlige lister er fremdeles intakt. En er ødelagt p. g. a. feil montasje.

For å få et begrep om listenes værbestandighet er det i rubrikken for prøvetid i parentes anført luftlekkasjen for siste gangs prøving. Som en vil se ligger samtlige lister langt under grensen for en utmerket list. I løpet av prøvetiden har kunstgummilistene blitt noe hårdere. Plastlistene ser ikke ut til å ha gjennomgått noen forandring.

Rørformede lister av butadiengummi har vært i handelen lenge, men forhandlerne har liten lyst til å føre dem. Kundene foretrekker nemlig lettvintere saker, helst selvklebende. Bruken av rørformede lister fordrer jo også at det er tatt hensyn til dem ved konstruksjonen av vinduet, da de monteres i spor. De kan ved eldre vinduer settes på med trelister, men det er dyrt og tungvint.

Tabell VI. Orienterende aldringsforsøk med rørformede tettelister av kunstgummi og plast.

e) og f) Rørformede lister av kunstgummi og plast.								
			Prøving 1. gang. Luftgj.gang $\geq 2,2$ m ³ /h.			Prøvetid	Anm.	
Prøve nr.	Ant. prøver	Materiale	Kompresj. i %					Kompresj.- kraft, kg.
			min.	gj.sn.	maks.			
45,12	2	butadiengum.	3	5	7	7	5,5 mndr. for 1. list (feil montert) 2. list 13 mndr. (0,96 m ³ /h m) forel.	litt stivere. f. metallvinduer. lekk i spor.
48,49	2	butadiengum.	10	10	10	7	foreløbig 13 mndr. (0,26—0,56)	
46,47	2	PVC	nesten 0			7	foreløbig 13 mndr. (0,29—0,16)	
21,40	2	PVC	19	19	19	7	foreløbig 8 mndr. (0,48—0,5)	

Tabell VII. Orienterende aldringsforsøk med flettede tettelister av ull og bomull.

g. ull- og bomull-lister.												
				1. måling.				Prøvetid i mndr.	Siste måling.			Anm.
Prøvenr.	Tråder flett.	Tråder innl.	Materiale	Luftgj.g. m ³ /h m.	Kompresj. %	Fugebr. mm.	Kompr.kraft kg.		Luftgj.g. m ³ /h m.	Kompresj. %	Kompr.kraft kg.	
35	2	0	bom.	2,6	35	2,6	22	14	2,4	35	20	
36	2	0	bom.	2,8	35	2,5	22	14	2,7	35	20	
33	3	0	bom.	3,2	20	3,2	22	10	2,7	20	20	Blåst bort
34	3	0	bom.	3,4	20	3,4	22	13	2,4	20	22	
37	2	4	bom.	3,6	20	3,4	22	10	3,1	20	22	
38	2	4	bom.	3,8	20	3,3	22	10	3,1	20	22	Blåst bort
43	2	6	bom.	5,5	30	3,5	22	10	2,3	30	22	Blåst bort
44	2	6	bom.	4,2	32	3,4	22	5	4,1	32	30	Blåst bort
31	2	10	bom.	11,3*		3,8	12	13	2,1		22	Blåst bort *limt om m. Bostic.
32	2	10	bom.	10,6*		4,2	12	13	5,2		20	
40	2	16	bom.	7,3	20	4,9	22	5	8,5	20	22	Blåst bort
42	2	16	bom.	7,7	25	4,5	22	13	7,2	20	20	
39	2	26	ull	7,8	28	3,6	22	13	6,3	20	20	
41	2	26	ull	7,7	30	3,5	22	13	8,8		12	

g) Ull- og bomullslister

er den siste gruppen klemlister. De har vist seg å være meget robuste, og har en merkelig tendens: De blir tettere etterhvert. Det var umulig å få noen av dem tette nok ved første prøve. Når de har stått ute en tid, trekker de seg sammen, de tover og blir tettere, støv fra luften hjelper til. Listene er vesentlig tettere i fuktig enn i tørt vær. Disse variasjonene har vi forsøkt å eliminere ved å legge platene i laboratoriet noen dager før prøvingen. Listene har en lei tendens til å rive seg løs fra platene, og flere av dem er etterhvert blitt borte, som det fremgår av *tabell VII*. Denne tabellen er satt opp anderledes enn de tidligere p. g. a. de store luftgjennomgangene. Her er hver list tatt med med angivelse av antall tråder i fletting og innlegg, materiale og prøveresultatene 1. gang så følger det antall måneder listen har stått på taket, og til slutt prøveresultatene ved siste måling. Det er tydelig stigning i luftlekkasjen etterhvert som listene blir tykkere og er sammensatt av flere tråder. Økningen av luftlekkasjene er større enn økningen i fugebredden.

Ullisten, prøve nr. 39 og 41, har vesentlig hårdere og tynnere tråder enn bomullslistene. De hårde ulltrådene ser ut til å ha vanskeligere for å pakke seg sammen enn bomullstrådene. Ullisten kan best sammenlignes med prøve nr. 43 og 44, som tetter tilnærmet samme fugebredde, men gir vesentlig lavere luftlekkasje.

Svært få ullister er gode, og ingen kan betegnes som utmerkede. Alle ull- og bomullslister er lite elastiske, og egner seg derfor dårlig til fuger med ujevn bredde.

I tillegg til de hittil omtalte klemlistene har vi prøvet en utenlandsk tettemasse som i praksis fungerer som en klemlist. Idéen bak dette produktet er at massen

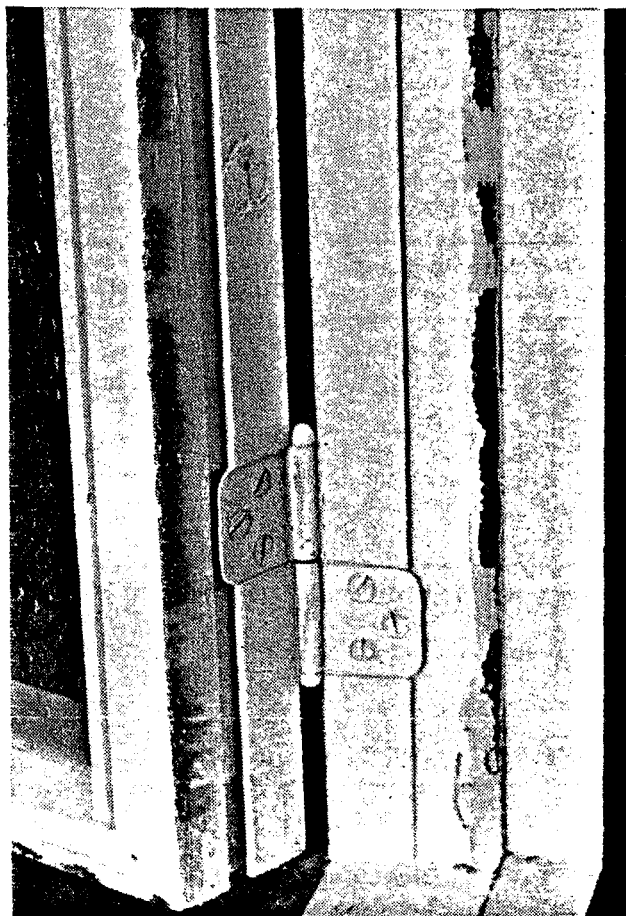


Fig. 16. Plast tettemasse sprøytet inn i prøvevindu. Fotografert 2 dager etter innsprøytingen.

skal sprøytes inn i fugene og under herdningen tilpasse seg alle fugebredder, ujevnheter og vindskjevheter. Tettmassen er spesielt beregnet på eksisterende vinduer. Den viste seg imidlertid å være meget tungvint i bruk. Innsprøytingen fordrer 8 arbeidsoperasjoner og i tillegg 1 times tørking, og når resultatet likevel ble som på *fig. 16*, må produktet i sin nåværende kvalitet betegnes som uheldig. Idéen med en masse som tilpasser seg ujevnhetene, har imidlertid uten tvil noe for seg.

De siste to gruppene av tettelister som skal omtales her, er slepelister.

Prøvemethodikken for de orienterende prøver egner seg nokså dårlig for dem. Ved sammenklemmingen vil sleperne bøye seg mot hverandre i hjørnene slik at listene buler seg. På en meters list vil hjørnene influere vesentlig sterkere på luftlekkasjene enn de gjør på et helt vindu. Listene i seg selv er tette. Når de i praksis likevel gir vesentlige forskjeller i luftgjennomgangen fra vindu til vindu, skyldes det evnen til å tilpasse seg ujevnheter, innsettingsmetode og hjørneløsninger. Disse detaljene skal vi senere se litt på.

h) Slepelister av PVC.

Ved laboratoriet er det hittil undersøkt 2 typer. De ga begge lav luftgjennomgang i 1. omgang. Men allerede etter ca. 5—6 mndr. var den ene typen fullstendig ødelagt av et seigt, siruplignende belegg over hele overflaten, som vist på *fig. 17*. Listen krympet dessuten sterkt. Det er sannsynligvis brukt et uheldig mykningsmiddel i råstoffet. Denne listen er m. a. o. ubrukbar i praksis.

Den andre typen står helt fint, men den er blitt noe gulere i farven. Den var opprinnelig helt klar, men meget hård til tetteliste å være. Resultatene av aldringsforsøkene fremgår av *tabell VIII*.

Under forsøkene ligger slepelistene i profilhøvlede trelister som limes til glassplatene. Fugene mellom tre

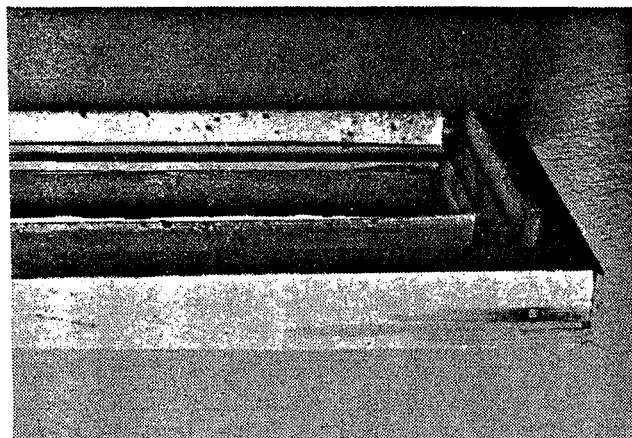


Fig. 17. Aldring hos PVC slepeliste. Mykningsmidlet har trengt ut i overflaten og har gitt den et klebrig, siruplignende belegg.

og glass og hjørnene av trelistene tettes med plastilin. Ved denne siste plastlisten var det en tydelig stigning i luftlekkasjen fra 1. måling. Listen hadde da stått ute i 9 mndr. Ved 1. måling var lekkasjen 1,1 m³/h m ved 2,5 mm klaring, siste måling gav 2,4 m³/h m ved samme klaring. Vi antok imidlertid at en stor del av lekkasjen skyldtes krymping i treverket, og at luften gikk rundt listen. Etterat denne fugen ble tettet med plastilin, sank luftlekkasjene til 1,3 m³/h m. Det samme fenomenet har vi også stadig funnet i vinduer vi har hatt til prøving. En skal senere komme nærmere inn på disse lekkasjene.

i) Slepelister på butadiengummiblanding, tilsatt mer eller mindre neopren.

Felles for disse listene er at de krymper ganske sterkt. Den første er holdt fast i sporet med fastskrudd treliste, og krympingen forårsaker derfor massevis av småsprekker i kanten. Etterhvert vokser sprekkenes og

Tabell VIII. Orienterende aldringsforsøk med slepelister av plast og kunstgummi.

h. slepelister av plast.										
Prøvenr.	Ant. slepere.	Materiale.	1. måling			Prøvingstid i måneder.	Siste måling			Anm.
			Luftgj.gang i m ³ /h m.	Kompresjon i %.	Kompresjons- kraft i kg.		Luftgj.gang i m ³ /h m.	Kompresjon i %.	Kompresjons- kraft i kg.	
60	1	PVC	2,5	58	7	6				Krymper, sterkt klebrig overfl. umulig å måle. Svært hård. () spor tettet m. plastilin.
63	1	PVC	1,1	69	20	10	2,4 (1,3)	31		
i. slepelister av kunstgummi.										
61	2	Butadiengum.	2,2	10	12	3				Svært dype sprekker, måling umulig. Brunere sterk krymping. 4 % krymping. Lite krymping, () tettet m. plastilin i spor.
62	2	Butad./neop.	2,0	27	12	6				
41	2	Butad./neop.	1,3	47	12	6				
64	2	Butad./neop.	0,23	47	12	10	2,3 (1,6)	47		

ødelegger listen. Resultatet sees på *fig. 18*. De dype sprekkene i kanten vises tydelig. Listen virker sprø og tørr. Råmaterialet er nok av en uheldig gummi-blanding.

Ved de øvrige listene som alle er trukket inn i et spor, men ikke holdt fast, har krymping forårsaket store åpninger i hjørnene. Bare en av dem er brukbar fremdeles. De andre var ødelagt etter 6 mndr. De ser likevel ut til å være av bedre materiale enn den første typen.

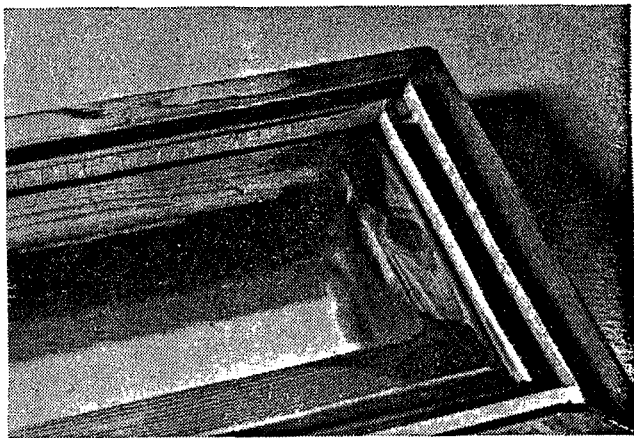


Fig. 18. Aldring hos slepelist av butadiengummi. Listen er holdt fast i sporet av en fastskrudd trelist. Krympingen forårsaker derfor dype tverrsprekker.

Ved den siste listtypen har vi et tilsvarende tilfelle som ved den tidligere omtalte PVC-listen. Etter tetting med plastilin av fugen mellom tetteliste og spor i trelisten, sank luftlekkasjen til det halve.

Det mest karakteristiske bilde av slepelistene får en av *fig. 19*. Krympingen er opptil 4 % av lengden. Selve gummilisten ser forøvrig ut til å stå bra, og vi tror at en stor del av årsaken til krympingen er at den er

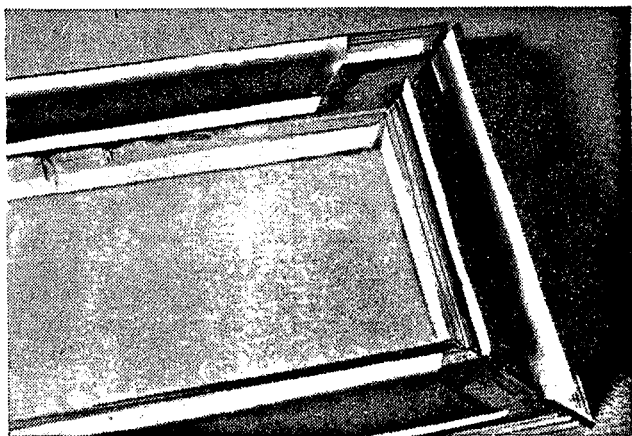


Fig. 19. Aldring hos slepelist av neoprenblandet butadiengummi. Listen er ikke holdt fast i sporet. Krympingen er ca. 4 %.

strukket under montasjen. Vi har fått listene ferdig montert fra fabrikk. Den samme tendens til krymping har vi også sett i ferdige vinduer vi har fått til prøving. Det er lettere å montere listene dersom de strekkes, men resultatene viser tydelig at slike fristelser bør en ikke utsette medmennesker for.

En annen sak er at idéen bak det nye innsettingsprofillet har vist seg å være feil. Vi har ved disse forsøkene og ved prøver av vinduer stadig sett at sleperne

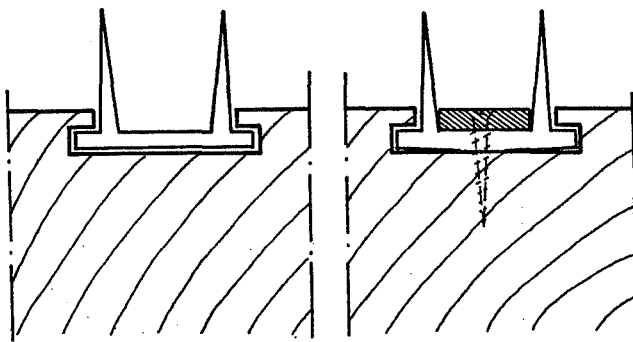


Fig. 20. Montering av slepelister. Luftlekkasjene minker vesentlig om slepelistene klemmes mot bunnen i montasjesporet.

tetter godt mot anlegg eller fals. Lekkasjene finnes i sporet rundt listene og i hjørnene. I nye vinduer tetter sleperprofillet godt mot sporveggene. Etterhvert som vinduene blir eldre, blir sporet rummere, og luften får fri passasje mellom trevirke og list. Lekkasjene i sporet kan minskes betraktelig ved å gå tilbake til det første prinsippet for slepelister, se *fig. 20*. Slepelistene blir der klemt fast i sporet med fastskrudde lister. Ved denne fremgangsmåten har vi fått lekkasjer i prøvevinduer ned til bortimot halvparten av tidligere prøver med det samme vinduet.

Punktlekkasjene i hjørnene er noe verre å få bukt med. I praksis er det stort sett 3 løsninger som har vært benyttet:

1. Sleperne limes eller sveises i hjørnene.
2. Sleperne overlapper hverandre løst.
3. Listene er på langsiden av vinduet festet til karm, mens de i bunnen er festet til ramme.

Vi kan på dette tidspunkt ikke si hvilken av de to første løsningene som vil gi det beste resultatet, det får inngående slitasjeprøver avgjøre. Men vi skal senere gjennomgå noen orienterende forsøk på dette punktet.

Det 3. alternativet kan en imidlertid på dette tidspunktet fraråde. Det gir store luftlekkasjer og innbyr derved til at slagregn slår igjennom. Sleperne som er festet til rammen, vil ved lukking av vinduet bli bøyet utover av karmen. Sleperne som er festet på karmen, vil imidlertid samtidig bli trukket noe innover av rammen. I hjørnene vil en dermed få helt åpne kanaler som gir en meget ubehagelig trekk og fri passasje for vann. Slepelistene bør m. a. o. følge samme vindusdel i hele fugelengden.

Slitasjeforsøkene.

Vi har nå nettopp begynt å måle hvor meget listenes slitasje er avhengig av fugebredden. Jeg skal her referere et par av de innledende prøvene med slepelister, *tabell IX*. Det er to typer lister, den ene rekker ca. 8 mm ut av sporet og den andre 7 mm. Resultatene advarer sterkt mot for små klaringer.

Ved det første forsøket ble en list med slepelengder 8,0 mm prøvet med 4,5 mm klaring. Etter 6,5 timers prøving var listen så mye slitt at forsøket ble avbrutt. Den hadde da dårlig anlegg mot rammen, men var ellers hel. En prøving på 6,5 timer tilsvarer ca. 10 års bruk i vanlige boliger.

Den samme listtypen ble prøvet på nytt med 4,5 mm klaring. Slitasjen ble da målt til 0,5 mm etter 3 timers forsøk. Klaringen ble derefter forandret til 2,8 mm, dvs. samme klaring som målt i prøvevinduer fra fabrikk. Etter bare 1 times prøving var listen fullstendig ødelagt.

Tabell IX. Orienterende slitasjeforsøk med slepelister.

klaring mm	sleper mm	samlet tid i t.	slitasje ved prøving med limt hjørne.
4,5	8,0	1 2 5,5 6,5	Ubetydelig. Tydelig, kant av over- lapp og ved hengsler. Fremdeles hel. Fremdeles hel, mye slitt, dårlig anl.
4,5 2,8	8,0	3 4	Ca. 0,5 mm. Slitt i stykker v. hjør- ner, sterk slitasje v. hengsler.
2,8	8,0	1 2,5	Sterk slitasje v. over- lapp. Overlapp slitt av.
klaring mm	sleper mm	samlet tid i t.	slitasje ved prøving med løse hjørner.
5,0	7,0	1 3,5	Ingen. Jevnt, godt anlegg.
3,0	7,0	1 2	Sprekker ved overlapp. Avsluttet, sterk skade.
2,8	7,0	1 2,5	Stor slitasje. Indre overlapp revet av.

En ny list av samme type ble prøvet med klaring som foreskrevet. Endel av listen ble revet av i hjørnet etter bare 2,5 timers prøving.

De samme resultatene har vi — som det fremgår av tabellen — også fått med lister med 7,0 mm sleperlengde. Fabrikkene har til nå stort sett brukt klaringer på 40—50 % av den frie sleperlengden. Dette er alfor lite. Hvor stor klaringen bør være i forhold til sleperlengden, er ennå ikke klarlagt, men det blir en av våre nærmeste oppgaver å finne ut det.

Den største påkjenningen får listene idet vinduet åpnes. Sleperne ligger da mot bevegelsesretningen, de brytes over og blir liggende dobbelt i fugen i åpnings-

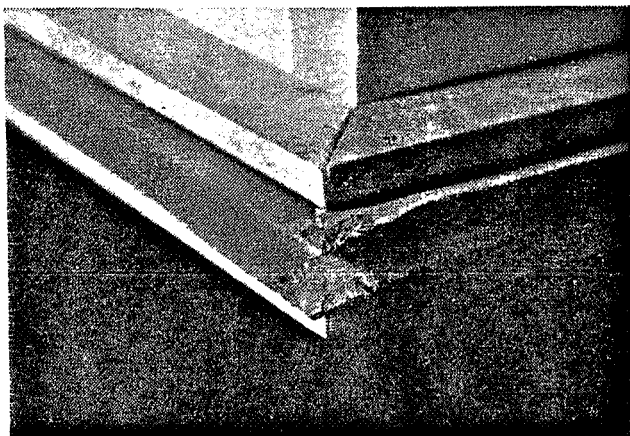


Fig. 21. Orienterende slitasjeforsøk med slepelist. Fri sleperlengde 8,0 mm. Listen er kjørt 3 timer med 4,5 mm klaring uten synlig slitasje og derefter 3 timer med 2,8 mm klaring.

øyeblikket. Er klaringen liten, skal det en voldsom kraft til dette arbeidet. Det er tettelistene som utsettes for denne kraften. Som et eksempel kan nevnes at om-dreiningssaksen i vår forsøksapparat opprinnelig bestod av en ca. 40 cm lang $\frac{3}{4}$ " stålaksling. Denne ble bøyd under forsøkene med de minste klaringene. Nå har vi skiftet den ut med en 1" stålaksling, og den ser ut til å holde.

For bedre å illustrere forsøkene, skal vi til slutt se på noen bilder. Det første viser en list med fri sleperlengde 8,0 mm. Den er prøvet i 3 timer med 4,5 mm klaring uten synlig slitasje, og derpå i 3 timer med 2,8 mm klaring. Resultatet vises på fig. 21.

Ved hengslene går det også hårdt for seg, se fig. 22. Sleperne slipes over kanten og males istykker. Endel avslitt gummistøv ligger igjen på rammen.

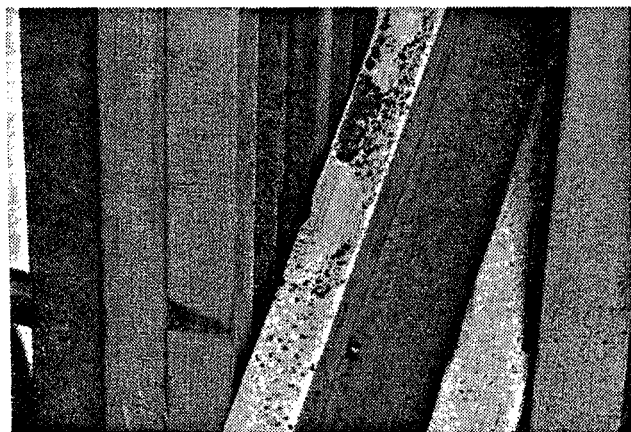


Fig. 22. Orienterende slitasjeforsøk med slepelist. Avslitt gummistøv ligger på rammen.

Ved vinduer med for små klaringer brytes og rives listene istykker. Fig. 23 viser et tydelig eksempel. Klaringen var her 2,8 mm for en sleperlengde på 8,0 mm. Dette vinduet er åpnet/lukket 22 ganger, og listen er allerede ødelagt.

Ved åpningen av et vindu bryttes listene, som tidligere nevnt, over. Vi får da en påkjenning som fører til den typiske slitasjen som fremgår av fig. 24. Listene brytes istykker omtrent midt på sleperne. Denne slitasjen blir større jo mindre klaring en har. Det ser også ut til at tykkelsen på sleperne spiller en viss rolle. Tynne, myke slepere er mer smidige enn de grovere. Alle slike problemer vil imidlertid etterhvert bli undersøkt nærmere.



Fig. 23. Orienterende slitasjeforsøk med slepelist. Fri sleperlengde er 8,0 mm, og vinduet er kjørt med en klaring på 2,8 mm. Vinduet er åpnet/lukket 22 ganger.

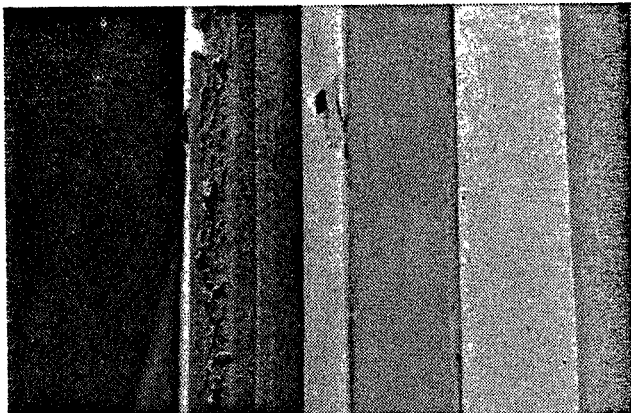


Fig. 24. Orienterende slitasjeforsøk med slepelist. Slepene brytes istykker.

I hovedsaken er dette de resultatene en foreløbig er kommet frem til på området. Vi har foretatt orienterende prøver på de fleste listene som vi har fått tak i gjennom bransjeforretningene, og dessuten på noen utenlandske lister som ennå ikke er å få her i landet. Imidlertid finnes det lister i handelen som vi ikke har tatt med i forsøkene. Det er metall-listene. Vår apparatur og prøvemethodikk er ikke særlig godt egnet for slike lister. De er robuste for direkte klimapåkjenninger, men har sin svakhet ved mekaniske påkjenninger. En liten knekk på selve listen eller en ujevnheter i anslaget, vil ha meget stor innvirkning på tette-egenskapene. Etter utsagn fra bransjeforretningene er det ikke stort salg av dem heller. Det folk spør etter, og det som selges idag, er selvklebende skumplastlister.

Å bruke tettelist er ingen billig fornøyelse. Vi har undersøkt utsalgsprisene for de mest brukte typene.

De varierer innen vide grenser alt etter størrelsen på pakning, dimensjon på listene og fabrikata. Gjennomsnittlig kan en regne med at skumplastlistene koster fra kr. 0,65 for små lister til kr. 0,75 pr. m for større dimensjoner. For skumgummilister ligger prisene på rundt kr. 1,50 pr. m. For et 2-rams vindu av vanlig størrelse, ca. 120 x 120 cm, vil dette koste ca. kr. 5,00 ved bruk av skumplast og ca. kr. 10,00 om en nytter skumgummi.

Forskningen på dette området er ennå i sin begynnelse, og resultatene publiseres med forbehold for mulige forandringer og tilføyelser som de senere prøver vil vise.

På bakgrunn av de resultater som hittil er oppnådd, mener vi å kunne hevde følgende:

1. Skumplastlister laget av polyuretan-forbindelser er, slik de selges idag, lite bestandige.
2. Skumgummilistene som til nå har vært i handelen, er direkte dårlige.
3. Lister av PVC, neopren og andre værbestandige materialer bør i større grad enn nå komme på det åpne marked.

Det er vårt håp at arkitekter, fabrikanter og andre byggefagfolk måtte sette seg godt inn i forholdene, slik at de tar hensyn til tettelist ved konstruksjonen av vinduene. Den høye levestandarden vi har idag, krever trekkfrie vinduer, og det oppnås enklest ved bruk av tettelist. Men vinduene må være slik at listene får plass og blir brukt på den riktige måten. Fellaktig bruk ødelegger snart en god list. Fabrikantene bør opplyse sine kunder om hva listene tåler, hvilke klaringer de krever, og hvilke toleranser en må holde. Først når dette er gjennomført, er hele problemkomplekset nær sin løsning.