

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet behandler ruter for beskyttelse mot innstråling av sollys og -varme. Forseglede ruter er behandlet mer generelt i Byggdetaljer A 571.953.

Solavskjermende innretninger som markiser, skjermmer, persiener, gardiner osv. er omtalt i Byggdetaljer A 533.401.

02 Terminologi

Det fins flere grupper produkter som har til hovedoppgave å begrense solinnstrålingen. Slike rutekonstruksjoner kan bestå av varmeabsorberende glass, belagte glass (brukt i solavskjermende og lys- og varmeregulerende ruter) og glass med styrt transmisjon. Alle disse rutene kalles med et samlebegrep for *solkontrollerende ruter*.

03 Bruksområder

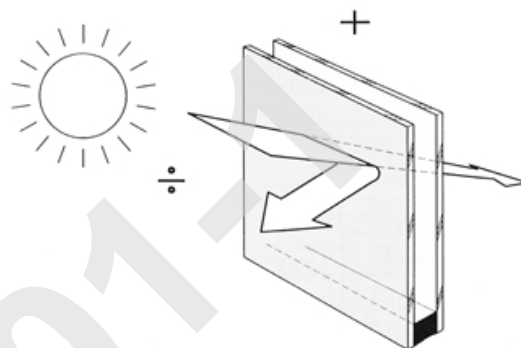
Solkontrollerende ruter blir vanligvis brukt i kontor- og industribygg der innetemperaturen i perioder kan bli ubekvemt høy dersom man ikke tilfører rommet avkjølt luft. De solkontrollerende rutene absorberer eller reflekterer solstråling og gir dermed mindre behov for avkjøling.

Samtidig åpner disse glasstypene for nye muligheter rent arkitektonisk. De absorberende glassene fins i ulike farger, og de belagte glassene har ofte markerte farger i refleksjonen. Det blir også produsert glass til fasadebrystninger med samme utseende som rutene, slik at hele bygningen kan få samme fargetoning og refleksjonsgrad ("look-alike").

Fordelen med å bruke glass til solavskjerming er at de gir en konstant beskyttelse mot solvarmen, uavhengig av f.eks. solhøyde.

04 Produktkontroll

Opplysningene i dette bladet refererer dels til en rekke produkter som Byggforsk har undersøkt ved produktkontroll for produsenter og importører og dels på produsentopplysninger. De viste tabellene gir ikke noen komplett markedsoversikt. Se for øvrig NBI Kvalitetssertifisering og liste over sertifiserte produkter i Byggenormserien.



05 Henvisninger

Byggeforskriften med veiledning:

Kap. 53. Varmeisolering og tetthet

Byggenormserien:

Godkjennings- og kontrollordninger. NBI Kvalitetssertifisering

Norsk Standard:

NS-INSTA 111 Varmeisolering. Dører og vinduer. Bestemmelse av varmemotstand med varme-strømsapparat

NS 3200 Vindusruter. Bestemmelse av lystekniske og strålingsfysiske egenskaper

NS 3201 Vindusruter. Beregning av varmeoverførings-egenskaper

NS 3218 Forseglede ruter. Ruter med gassfylling eller belagt glass

Byggdetaljer:

A 571.951 Bygningsglass

A 571.953 Forseglede ruter

A 571.954 Forseglede ruter med spesielt god varme-isolasjon

1 Prinsipper for solkontroll

11 Ideell rute

Transmisjonskarakteristikken for en ideell solkontrollrute er vist i fig. 1. En slik ideell rute skulle gi samme transmisjon av synlig lys som vanlig klart glass, dvs. ca. 81 %, mens transmisjonen av infrarød stråling skulle fjernes helt. Total solenergitransmisjon for denne ruta vil imidlertid aldri kunne bli lavere enn 35 %. Årsaken er at også synlig lys representerer innstrålt energi. Konsekvensen er at dersom man ønsker lav solenergitransmisjon, må man også akseptere redusert lystransmisjon.

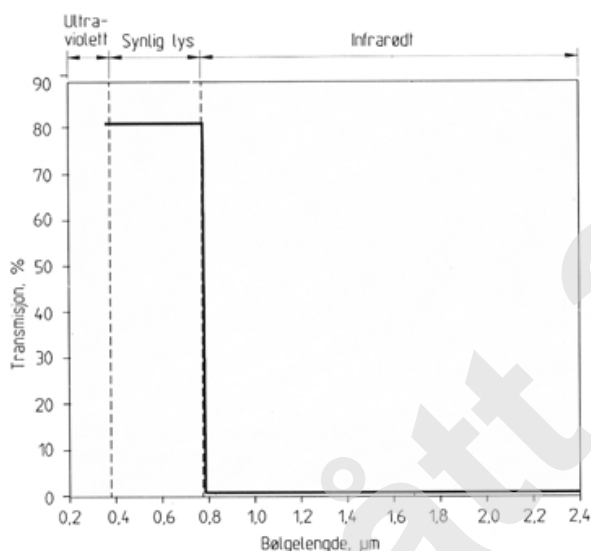


Fig. 1
Transmisjonskarakteristikk for en ideell solkontrollrute

21 Absorpsjon

Alt glass absorberer en del sollys og -varme. Absorpsjonen i klart glass skyldes innholdet av jernoksid (Fe_2O_3). Ved å tilsette mer jernoksid under smeltingen av glasset, kan man lage kraftigere varmeabsorberende glass. Slike glass får en grønn eller blågrønn farge, og dagslyset som transmitteres, får en blågrønn fargetoning.

Ved å sette til andre metalloksider eller pigmenter til glass-smelten kan man lage varmeabsorberende glass med andre fargetoner enn grønn. Vanlige produkter er grønt, grått, blått og bronsebrunt glass.

Figur 21 viser transmisjonskurver for et vanlig klart glass med et gjennomsnittlig jerninnhold (ca. 0,10 %), og et varmeabsorberende glass. For transmisjon av synlig lys er forskjellen mellom de to glassene mindre enn i det nære infrarøde bølgelengdeområdet (kortbølget varmestråling).

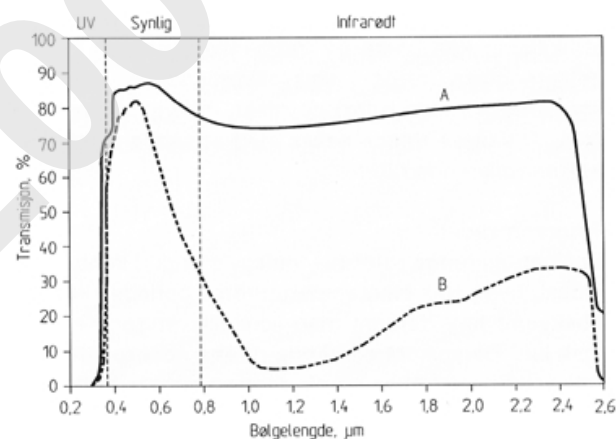


Fig. 21
Transmisjonskurver for klart glass (A) og grått, varmeabsorberende glass (B)

12 Konstruksjon

Alle solkontrollerende ruter bygges opp med et ytre glass som skal hindre solinnstråling, enten ved refleksjon eller absorpsjon. Uansett glasstype vil det ytre glasset absorbere en del varme og få høyere temperatur enn glassene som ligger innenfor. Solkontrollerende ruter er derfor mer utsatt for *defleksjon* enn ruter med klart glass og høyisolerende ruter, se Byggdetaljer A 571.953. Denne effekten kan man til en viss grad kompensere for ved å bruke et noe tykkere glass ytterst.

2 Ruter med varmeabsorberende glass

Den enkleste formen for solkontrollruter er de som har varmeabsorberende glass, også kalt gjennomfargede glass. For disse rutene er det spesielt viktig at det varmeabsorberende glasset plasseres ytterst, fordi varmen som absorberes, først og fremst skal kunne avgis utover til det fri, og ikke inn i rommet.

22 Andre egenskaper

For gjennomfargede glass øker varmeabsorpsjonen med økende glasstykkelse. Refleksjonen er praktisk talt den samme som for vanlig klart glass, mens lys- og solenergitransmisjonen er redusert. Som en følge av økt absorpsjon kan glassets temperatur øke vesentlig når det utsettes for solstråling. Temperaturøkningen fører igjen til at den sekundære energiutstrålingen blir høyere enn for andre glasstyper.

På grunn av økt temperatur i glasset må man ta spesielle brukshensyn. Dersom bare deler av ruta blir utsatt for solstråling (slagskygge), kan det oppstå så store temperaturforskjeller i ruta at det kan gi brekkasje. Man må i hvert enkelt tilfelle vurdere om glasset skal herdes for å unngå brekkasjeproblemer.

Forseglede ruter med varmeabsorberende glass har ikke bedre varmeisolasjon enn ruter med vanlig klart glass.

Tabell 22 viser lys- og varmetekniske data for forseglede toglass ruter med ett 6 mm varmeabsorberende glass og ett klart glass.

Tabell 22

Lys- og varmetekniske data for forseglede toglass ruter med ett 6 mm varmeabsorberende glass, ett vanlig glass og 12 mm luft mellom glassene

Produkttype	U-verdi (W/m ² K)	Lystransmisjon (%)	Lysrefleksjon (%)	Total solenergi- transmisjon (%)	Varmeabsorpsjon (%)
Grønnfarget	3,0	63	11	47	55
Gråfarget	3,0	37	6	43	57
Bronsefarget	3,0	44	7	46	56
Blåfarget	3,0	47	7	47	58

3 Ruter med belagte glass

31 Beskrivelse

311 *Belegging.* Ved hjelp av ulike metoder kan man belegge glass med tynne sjikt av metall, metalloksider, metallnitrider mm. Beleggene deles inn i to hovedgrupper avhengig av beleggingsteknikken (se også Byggedetaljer A 571.954).

Den ene gruppen består av glass belagt gjennom magnetisk styrt katodeforstøving, såkalt vakuumbellegging. Denne prosessen gir belegg med relativt svak mekanisk og kjemisk resistens slik at beleggene må bygges inn i forseglede ruter. Vakuumpåførte belegg blir ofte kalt myke belegg.

Den andre gruppen belagte solkontrollglass består av pyrolytisk belagte glass. Pyrolytisk belagt betyr at belegget påføres på glassbåndet mens glasset fremdeles er varmt. Stoffene i belegget vil dermed dekomponere og nærmest brenne seg fast i glasset. Prosessen resulterer i stabile, harde og relativt ripefaste belegg. Slike belegg kan brukes på utsiden av det ytre glasset i forseglede ruter.

Flere typer belegg kan også legges på gjennomfarget (varmeabsorberende) glass.

Rent praktisk grupperes solkontrollerende ruter med belagte glass i to grupper etter den flaten som belegget ligger på: solavskjermende ruter og lys- og varmeregulering ruter.

312 *Transmisjon og refleksjon.* Alle belagte solkontrollglass har en selektiv transmisjonskarakteristikk, dvs. at de har forskjellig transmisjon ved ulike bølgelengder. Absorpsjon og refleksjon varierer også med bølgelengden. Derfor har mange typer solkontrollglass en sterkt farget refleks, så sterk at den må betraktes som et arkitektonisk element som man må ta hensyn til og som kan utnyttes bevisst.

Et eksempel på transmisjonskarakteristikk for en toglass rute med et typisk solkontrollglass er vist i fig. 312. Figuren viser at glasset reduserer transmisjonen både for synlig lys og infrarød stråling.

32 Solavskjermende ruter

Solavskjermende ruter har som hovedoppgave å dempe innfallende solvarme, og de får følgelig en til dels sterkt redusert lystransmisjon. Disse rutene har ikke bedre varmeisoleringssevne (U-verdi) enn ruter med vanlig klart glass.

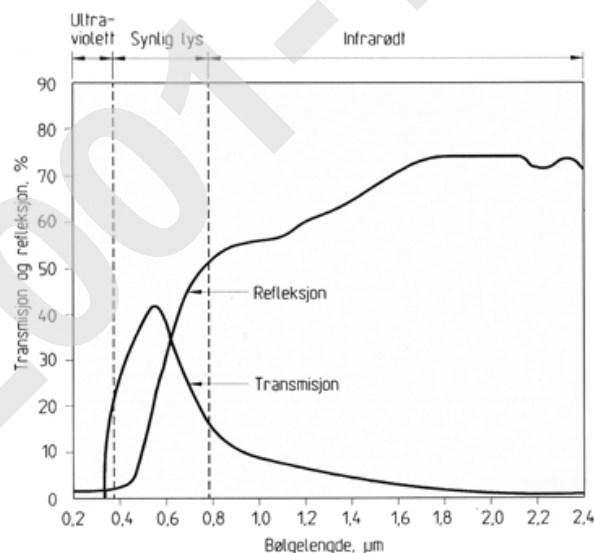


Fig. 312
Transmisjons- og refleksjonskurver for en typisk solkontrollrute

Ruter for solavskjerming lages vanligvis med belegget på utvendig glassflate. Glassflatene i en forseglet rute blir gjerne nummerert utenfra og innover, og belegget i ruta i fig. 32 er dermed i posisjon 1, dvs. ytterst. De solavskjermende glassene er belagt gjennom pyrolyse, som gir harde belegg.

Tabell 32 viser en del data for solavskjermende toglass ruter.

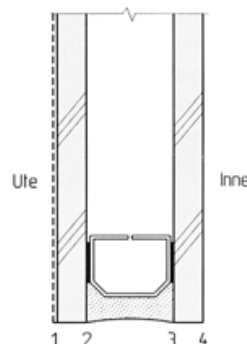


Fig. 32
Solavskjermende ruter. Belegget er vanligvis på utsiden av det ytre glasset, posisjon 1.

Tabell 32

Lys- og varmetekniske data for forseglede toglass ruter med ett 6 mm solavskjermende glass, ett vanlig glass og 12 mm glassavstand. Belegget er i posisjon 1.

Produkttype	U-verdi (W/m ² K)	Lystransmisjon (%)	Lysrefleksjon (%)	Total solenergi- transmisjon (%)	Varmeabsorpsjon (%)
Antelio klar	3,0	41	36	51	26
Antelio havane	3,0	21	34	31	49
Antelio sølv	3,0	59	36	57	21
Stopsol klar	3,0	39	32	47	34
Stopsol bronse	3,0	21	31	32	52
Stopsol grå	3,0	19	30	32	52
Stopsol sølv bronse	3,0	36	25	43	46
Stopsol sølv grå	3,0	31	24	40	50

Tabell 33

Lys- og varmetekniske egenskaper for forseglede ruter med ett 6 mm lys- og varmeregulerende glass, ett vanlig glass og 12 mm luftrom, alternativt argon (Ar). Belegget er i posisjon 2. De oppgitte U-verdier gjelder for midtfelset i ruta.

Produkttype	U-verdi (W/m ² K)	Lystransmisjon (%)	Lysrefleksjon (%)	Total solenergi- transmisjon (%)	Varmeabsorpsjon (%)
Cool-lite	2,4 – 2,8	5 – 40	5 – 46	11 – 39	52 – 82
Eliotherm (Ar)	1,3 – 1,9	32 – 66	10 – 45	19 – 50	
Infrastop (Ar)	1,2 – 2,9	15 – 66	6 – 48	22 – 51	
Ipasol (16 mm Ar)	1,1 – 1,5	30 – 56	8 – 45	17 – 49	
Kappa Optima (Ar)	1,3 – 1,8	21 – 52	9 – 15	19 – 40	32 – 73
Kappa Sol	2,4 – 3,0	9 – 29	17 – 43	16 – 43	37 – 74
Luxguard C	2,5 – 2,7	13 – 32	8 – 33	17 – 36	62 – 72
Luxguard S (Ar)	1,4	43 – 52	15 – 41	27 – 40	31 – 46
Planisol (Ar)	1,7	52	15	38	40
Solarbel	2,3 – 2,7	7 – 36	6 – 42	12 – 36	58 – 83
Stoprøy (Ar)	1,4 – 3,0	18 – 57	5 – 43	13 – 48	34 – 69

Enkelte solavskjermende glass kan også ha belagt side inn mot hulrommet i ruta, dvs. belegget i posisjon 2. Dette gir andre lys- og varmetekniske egenskaper enn det som er angitt i tabell 32. Forskjellen ligger først og fremst i at lystransmisjonen blir betydelig redusert og at varmeabsorpsjonen øker med belegget i posisjon 2. Dersom belegget er lavemitterende, hører en rute med belegget i posisjon 2 hjemme i gruppen lys- og varmeregulerende ruter.

33 Lys- og varmeregulerende ruter

Lys- og varmeregulerende ruter lages vanligvis med belegget på det ytre glasset, men med belagt side mot hulrommet i ruta, dvs. i posisjon 2, se fig. 33. Belegget er lavemitterende. Ruta får dermed bedre varmeisolerende evne enn tilsvarende rute med klart glass eller solavskjermende glass.

Brukt i forseglede ruter gir disse produktene relativt liten lystransmisjon, men den varierer mye fra produkt til produkt. I tillegg varierer fargetoning av transmittert lys innenfor et vidt spekter. Også fargen på reflektert lys varierer mye. Produktene brukes først og fremst for å redusere solstrålingen gjennom uskjermede glasspartier. Rutene har gjennomgående en kraftig farget refleks.

En del data for lys- og varmeregulerende toglass ruter er stilt sammen i tabell 33. Tabellen gir bare en meget forenklet og summarisk oversikt over produkter. Tallene viser variasjonsområdet for de aktuelle egenskapene i hver produktgruppe.

Tabellen kan oppsummeres på følgende måte:

- U-verdien for de lys- og varmeregulerende rutene er for en stor del lav, dvs. god varmeisolasjonsevne, men lav U-verdi er ingen fast regel.
- Gjennomgangen av både lys og total solenergi er lavere enn for ruter med vanlig klart glass, men variasjonen er meget stor.
- Varmeabsorpsjonen er stort sett høy.

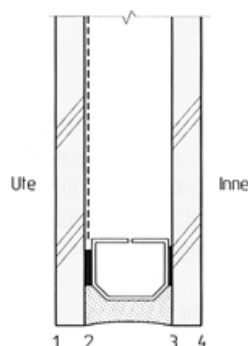


Fig. 33
Lys- og varmeregulerende ruter. Belegget er på innsiden av det ytre glasset, posisjon 2.

4 "Smarte vinduer" – glass med styrt transmisjon

Ved å ta i bruk glass med styrt transmisjon kan man regulere innstrålingen av lys og varme etter behov. Slike materialer deles gjerne inn i fire hovedtyper: fotokromatiske, termokromatiske og elektrokromatiske glass og glass med flytende krystaller. De fleste av disse produktene er fortsatt på utviklingsstadiet.

41 Fotokromatiske glass

Karakteristisk for fotokromatiske glass er at de endrer optiske egenskaper når lysintensiteten forandrer seg. Glasset mørkner og blir absorberende når det utsettes for sollys, og blir klart igjen når belysningen er borte. Mørkningen skjer normalt i løpet av sekunder til minutter, mens klarningen tar lengre tid. Hastigheten varierer mye fra produkt til produkt og er også temperaturavhengig. Det mørknende glasset har en grå til brungrå fargetoning.

Teoretisk sett skulle fotokromatiske glass være den ideelle formen for solbeskyttelse, idet den aktiveres automatisk når det er bruk for den. I praksis har det vist seg at de tilgjengelige fotokromatiske glassene bare har vært aktive i den synlige delen av solas spektralområde og ikke i det infrarøde, se fig. 41. Fotokromatiske glass har derfor bare vært brukbare som beskyttelse mot blendende sollys og ikke mot solvarme.

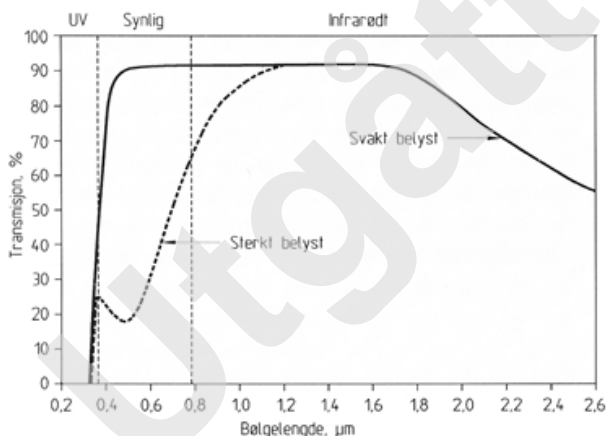


Fig. 41
Transmisjon for fotokromatisk glass i svakt og sterkt belyst tilstand

Det fins også plastfolier med innblandede fotokromatiske stoffer. Med disse foliene kan man lage belagt eller laminert glass. Produktene har hittil hatt blå fargetoning. I klar tilstand har produktene vært svakt grønnblå tonet og i mørk tilstand sterkt blå.

42 Termokromatiske glass

Ved termokromatisk glass dreier det seg ikke om massivt glass, men om belegg eller laminatsjikt som endrer transmisjon med temperaturen. Under en viss kritisk temperatur er glasset "klart", og over denne temperaturen er det "mørkt".

Termokromatiske materialer fins i mange forskjellige utgaver, som absorberende, reflekterende og diffuse-rende. Figur 42 viser transmisjonen for et 1 mm tykt laminatsjikt i transparent og opak (ugjennomsiktig) tilstand. Den kritiske temperaturen kan stilles inn etter ønske. Ruter med termokromatisk glass fins ennå ikke for salg.

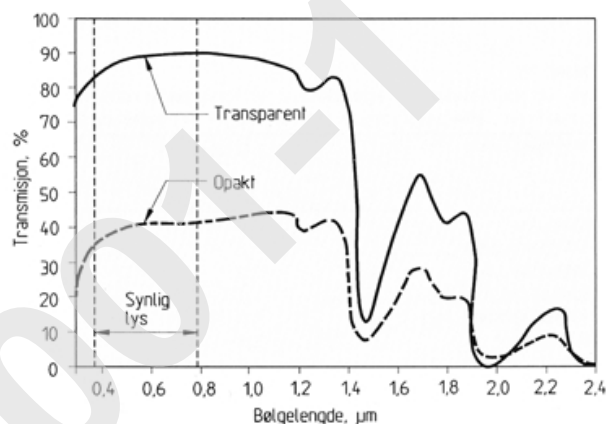


Fig. 42
Diffus transmisjon for et glass med et 1 mm tykt termokromatisk sjikt med en kritisk temperatur på +33 °C

43 Elektrokromatiske glass

Også for de elektrokromatiske glassene dreier det seg om belegg eller lamineringssjikt med kromatiske egenskaper, mens selve glasset er normalt. Elektrokromatiske belegg kan bygges opp på forskjellige måter. Et eksempel er vist i fig. 43 a. Her

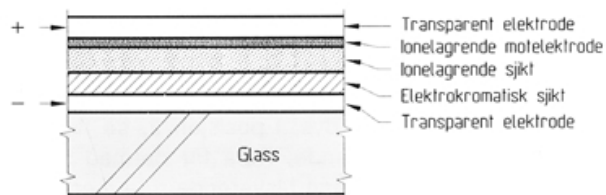


Fig. 43 a
Eksempel på oppbygning av elektrokromatisk belegg på glass

har belegget i alt fem sjikt. Det øverste og nederste av sjiktene er de to elektrodene i form av tynne, transparente, elektrisk ledende sjikt. Mellom disse ligger det egentlige fotokromatiske sjiktet, et ionelagrende sjikt og en ionelagrende motelektrode. Når det settes elektrisk spenning over sjiktene, oppstår det en ionevandring som endrer det elektrokromatiske sjiktets karakter, avhengig av spenningsens retning.

Man kan få et klart, gjennomsiktig elektrokromatisk sjikt til å bli absorberende og reflekterende, dvs. med redusert transmisjon. Prosessen kan reverseres slik at det mørke sjiktet blir klart igjen. Mørkhetsgraden avhenger både av den elektriske strømmen og av temperaturen. Spenningen behøver bare være innkoblet når ionevandringen skal være i gang, dvs. ved skifting fra mørkt til lyst belegg og omvendt. Figur 43 b viser transmisjonen for et elektrokromatisk glass i "åpen" og "lukket" stilling.

Glass med elektrokromatiske belegg produseres foreløpig ikke i så store formater at de er interessante for bruk i bygninger.

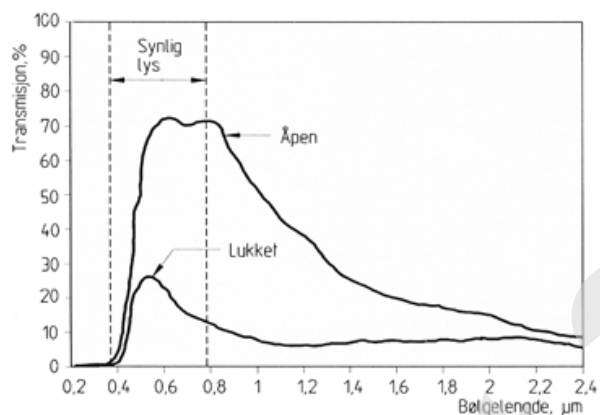


Fig. 43 b
Transmisjon for et elektrokromatisk belegg i helt klar ("åpen") og helt mørk ("lukket") tilstand

44 Glass med flytende krystaller

Innenfor datateknikken har glass med flytende krystaller vært brukt i små og store LCD-skjermer i en rekke år. Det fins også folier hvor flytende krystaller er innkapslet i et polymermateriale, og slik folie kan brukes til framstilling av laminert glass med regulbar transmisjon.

Virkemåten går fram av fig. 44. Folien har her en transparent elektrode på hver side. I normaltstanden, uten påtrykt elektrisk spenning, vil de flytende krystallene være tilfeldig orientert. Innfallende lys blir derfor spredt vilkårlig i alle retninger, slik at folien har en transmisjon på ca. 50 % og ser opak ut. Ved innkoblet elektrisk spenning vil de flytende krystallene rette seg inn i spenningsfallets retning. Folien blir da nesten 100 % transparent og bortimot glassklar. I praksis vil glasset influere på transmisjonen, slik at transmisjonen kan reguleres fra ca. 80 % til ca. 40 %.

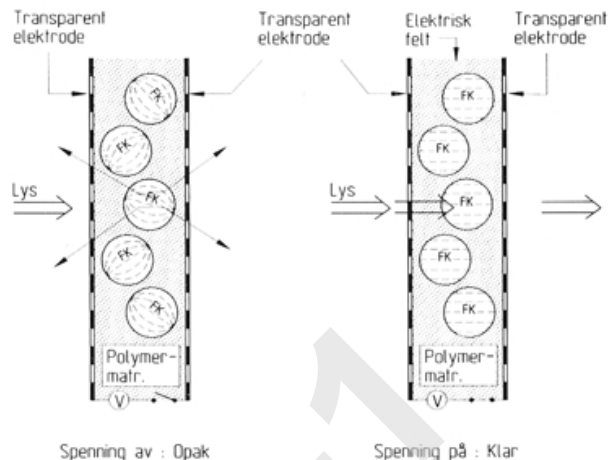


Fig. 44
Virkemåten for folie med flytende krystaller

Foliene med flytende krystaller er ikke helt gjennomsiktige i klar tilstand. De har også begrenset bestandighet mot ultraviolet stråling, og brukes foreløpig bare i ruter innendørs. Den elektriske spenningen må stå innkoblet hele tiden for å holde folien i klar tilstand.

5 Referanser

51 Forfatter og redaksjon

Dette bladet er skrevet av Berit K. Hugdal. Saksbehandler har vært Ole Mangor-Jensen. Redaksjonen ble avsluttet i november 1992.

52 Litteratur

- 521 Adamson, Bo, Backman, Harry E. Glas i hus. Lund, 1975.
- 522 Gjølsvik, Tore. Beskyttelse mot sollys og varme. Kompendium til seminar om funksjonsglass, Norges byggforskningsinstitutt. Trondheim, 1991.
- 523 Pettersen, Per. Glassmaterialer for tak og fasader. Glasstyper, egenskaper, bruksområder. Glass i tak og fasade, Kursdagene NTH 1989, 9. – 10. januar 1989
- 524 Carlson, Per-Olof. Glas – Möjligheternas Byggmaterial. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm, 1992.