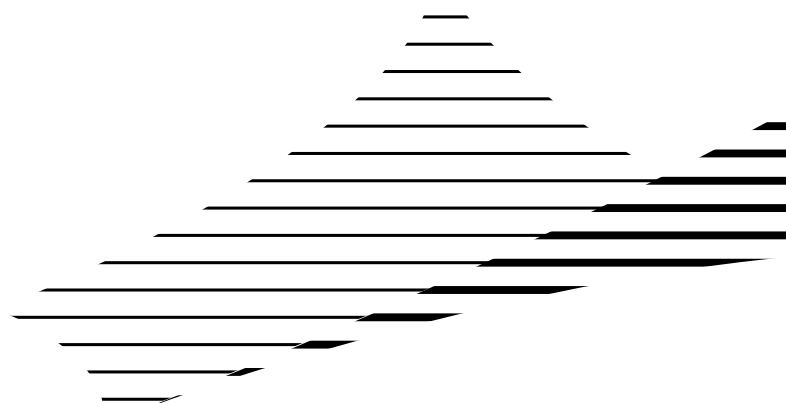


Konstruktionsvejledning

ETFE-folie



ETFE-folietage kan leveres som enkeltlagsmembran ophængt i et kabelnetssystem, eller almindeligvis som en konstruktion bestående af pneumatisk puders, fremstillet af mellem 2 og op til 5 lag af en modificeret copolymer, som kaldes ethylentetrafluoroethylen (ETFE). ETFE-copolymeren ekstruderes til en tynd film (eller folie), som bruges til at fremstille enten en enkeltlagsmembran eller flerlagspuder, som er ophængt i en randekstrudering af aluminium, der selv er fastgjort på bygningskonstruktionen.

I konstruktioner med ETFE-puder opretholder en lille luftpumpe et konstant tryk på ca. 220 Pa inde i puderne, der giver folien strukturel stabilitet og giver taget visse isolerende egenskaber.



ISOLERING

Mens en enkeltlags ETFE-membran har en U-værdi på ca. 5,6 w/m^2K , kan en 3-lags standardpude opnå en U-værdi på 1,96 w/m^2K – en højere isoleringsværdi end tredobbelt termoglas, der er anbragt vandret (de værdier, som oplyses af glasfabrikanterne, gælder for glasinddækning, der er anbragt lodret, hvilket forbedrer værdierne betragteligt). ETFE-pudernes isoleringsevne kan desuden forbedres ved at tilføje flere folielag (op til 5 i alt) eller ved at behandle folien med specialcoating, der forbedrer dens termiske egenskaber.

GENNEMSIGTIGHED

ETFE-folie er naturligt et meget gennemsigtigt materiale, som transmitterer lys i hele det synlige bølgespektrum (380-780 nm). Et enkelt lag ETFE af middel vægt har en lystransmissionsværdi på ca. 85 %. Brug af flere lag vil dog medføre en lille reduktion af denne værdi.

Transmissionen i hele det ultraviolette spektrum (320-380 nm) er ligeledes særdeles god (ca. 83-88 %) og giver derved gode livsbetingelser for planter og vegetation under inddækningen. Det er også værd at bemærke, at filmen absorberer en stor del af det transmitterede infrarøde lys, en egenskab, som kan udnyttes til at forbedre bygningers energiforbrug.

SOLINDFALD

Som beskrevet i det foregående er grundmaterialet i en ETFE-konstruktion særdeles gennemsigtigt, men det er derudover muligt at behandle ETFE-folien på en række forskellige måder for at modificere materialets lystransmissionsegenskaber. Disse indbefatter:

Trykning: En proces, der også betegnes fritning, hvor folien dækkes med forskellige mønstre for at reducere solindfaldet, men samtidig bevare gennemsigtigheden. Ved at variere dækningsgraden og trykfarvens densitet er det muligt at ændre energitransmissionen. Alternativt kan folien overtrykkes med en række behandlinger for at påvirke transmissionen. Vi tilbyder et fast sortiment på over 20 standardmønstre, der kan bruges til at opnå denne variation i lystransmissionen, men specialdesignede mønstre fås mod ekstrabetaling.

Toning: Der findes desuden et udvalg af farvede folier, som dog ikke er så udbredte som den klare standardfolie. Farvede folier kan bruges sammen med klar folie til at gengive logoer og store billeder. Hvid ETFE-folie kan bruges til at gøre det indfaldende lys mindre skarpt, men samtidig opretholde nogle af lystransmissions- og isoleringsegenskaberne.

Overfladebehandling: Ved at overfladebehandle folien under fremstillingsprocessen er det muligt at variere stoffets egenskaber og kontrollere lystransmissionen. Disse behandlinger giver folien en mat overflade, som gør den særdeles velegnet som baggrund for projektion af lys og billeder.

Stråling: Folien kan udsættes for en række forskellige strålebehandlinger, der kan reducere mængden af infrarød og ultraviolet stråling, som transmitteres gennem membranen.

Lystransmission og solindfald kan desuden kontrolleres ved at lægge yderligere ETFE-folielag på en pude. Puder i flere lag kan udformes med flytbare lag og intelligent (offset-) tryk. Ved skiftevis at sætte tryk på de enkelte kamre i puden kan man maksimere eller minimere skyggeeffekten efter behov. Dette betyder i bund og grund, at det er muligt at skabe en inddækning, som

G-VÆRDI

G-værdien i en komponent udtrykker, hvor stor en del af solenergien der transmitteres gennem de gennemsigtige partier. Dette udtrykkes sædvanligvis som en procentdel eller en værdi mellem 0 og 1. Jo højere tal, desto mere energi transmitteres der gennem de gennemsigtige partier, og desto mere opvarmes bygningen.

G-værdien i et ETFE-tag kan reduceres helt ned til 0,48 i et 2-lags system med en frittet overflade, og ned til omkring 0,35 i et 3-lags system. Til sammenligning har almindeligt glas en værdi på ca. 0,88, mens specialbehandlet glas kan komme ned på 0,46.

Det bemærkes, at G-værdien ved enhver ETFE-konstruktion er stærkt afhængig af konstruktionens vinkling og placering, og den bør beregnes individuelt for hvert projekt under hensyntagen til disse forhold.

LEVETID

ETFE-folie forventes at have en exceptionelt lang levetid, da materialet ikke påvirkes af UV-lys, atmosfærisk forurening eller andre former for miljøpåvirkninger.

Selv om ingen ETFE-komponenter har været installeret længe nok til at give en fuld forståelse af foliens livscyklus, har materialet været genstand for omfattende forskning og forsøg i laboratorier og i praksis. Disse forsøg har påvist at der ikke sker forvitring eller tab af styrke i materialet, og der er ingen tegn på, at materialet med tiden bliver skørt eller misfarvet. Det ventes derfor, at materialet kan holde i mere end 50 år.

SKRØBELIGHED

ETFE-foliepudesystemer er certificeret som klasse C: ikke-skrøbelige tagkonstruktioner i henhold til ACR(M)001:200 - test for fragility of roofing assemblies (test af tagkonstruktioners skrøbelighed).

Klasse C er den laveste klasse af ikke-skrøbelige konstruktioner og kan, navnlig i konstruktioner, der er udformet til at opfylde testkriterierne, ligge tæt på grænsen mellem skrøbelig og ikke-skrøbelig. Konstruktionens klassifikation og brug kræver derfor, at følgende tages i betragtning:

- Normal, anbefalet bedste praksis er, at man aldrig med forsæt skal betræde Klasse C-konstruktioner, og at der altid skal benyttes egnet adgangsudstyr, såsom gangbroer m.v. Bemærk: Utilsigtede skader på sådanne konstruktioner kan gøre klassifikationen ugyldig.
- En Klasse C-konstruktion skal behandles som ethvert andet sikkerhedskritisk emne, som f.eks. et sikkerhedsnet. Derfor skal ethvert uheld, som kan påvirke konstruktionens egnethed til formålet automatisk afstedkomme en inspektion. Hvis en konstruktion er blevet udsat for en pludselig stødbelastning (et fald eller et tramp), kan den behandles som et skrøbeligt område og identificeres og beskyttes som sådan, indtil den er udskiftet, og de tilstødende monterede paneler er inspiceret og om nødvendigt udskiftet af en fag-

mand. De fornødne procedurer til at sikre, at dette sker, skal være etableret.

- Personalet skal være bekendt med disse begrænsninger, som det foreskrives iht. gældende regler om sikkerhed på arbejdspladsen.
- En person, der falder på en klasse C-konstruktion, kan gøre den skrøbelig over for efterfølgende belastninger. Mens nogle personer måske selv kan redde sig væk efter at være faldet eller snublet på konstruktionen, kan andre være ude af stand til det, og den ekstra vægt af en redder kan bevirke, at konstruktionen bryder sammen. Og eftersom enhver klassifikation af en konstruktion som ikke-skrøbelig afhænger af komponenternes fastgørelse og sammenhæng, kan tilstødende konstruktioner også være blevet skrøbelige. I sådanne situationer skal det berørte panel og alle tilstødende paneler betragtes som skrøbelige. Dette er en forudsigelig risiko ved at vælge Klasse C-konstruktioner. Derfor skal der udvikles redningsplaner for alle steder, hvor der anvendes Klasse C-konstruktioner, før arbejdet påbegyndes. Igen skal personalet i henhold til gældende regler om sikkerhed på arbejdspladsen være bekendt med redningsprocedurerne.

LUFTPUMPER

ETFE-pudesystemer pumpes løbende op af luftpumper, der forsyner hver enkelt pude via luftslanger. Da disse pumper kun skal opretholde trykket i puderne og ikke skabe en kontinuerlig luftstrøm, har de et minimalt energiforbrug. Et helt tag kan normalt forsynes af en enkelt luftpumpe med to elektrisk drevne blæsere. Ved større konstruktioner kan der være behov for montering af flere luftpumper.

Blæserne kører på skift for at opretholde trykket i puderne, idet kun én blæser kører ad gangen. I tilfælde af fejl i en pude, dårligt vejr eller et fald i pudetrykket kører begge blæsere samtidig for at opretholde et konstant tryk.

Om nødvendigt kan luftpumperne endvidere udstyres med affugtere for at tørre den luft, der pumpes ind i puderne.

En typisk luftpumpe måler 1,2 m x 1,2 m x 0,9 m og placeres i nærheden af ETFE-pudesystemet, enten indendørs eller udendørs. Systemet kræver en særskilt, sikret strømforsyning bestående af to stk. 240 V/13 A tilslutninger – da ETFE-folietaget er et aktivt system, er puderne permanent tilsluttet luftpumpen for at sikre, at trykket opretholdes.



KONTROLSYSTEM

Som standard leveres vores ETFE-pudetage med et avanceret aktivt overvågningssystem. Dette system sender løbende realtidsinformation – om trykket inde i puderne, de lokale vejrforhold, temperatur- og fugtforhold samt eventuelle fejl eller ændringer i driften af system – til en lokal LCD-skærm. En autoriseret bruger kan opnå fjernadgang til kontrolsystemet, der understøtter off-site opdateringer eller diagnostik som hjælp til at lokalisere eventuelle fejl, og giver mulighed for mindre justeringer af tryk og ydeevne.

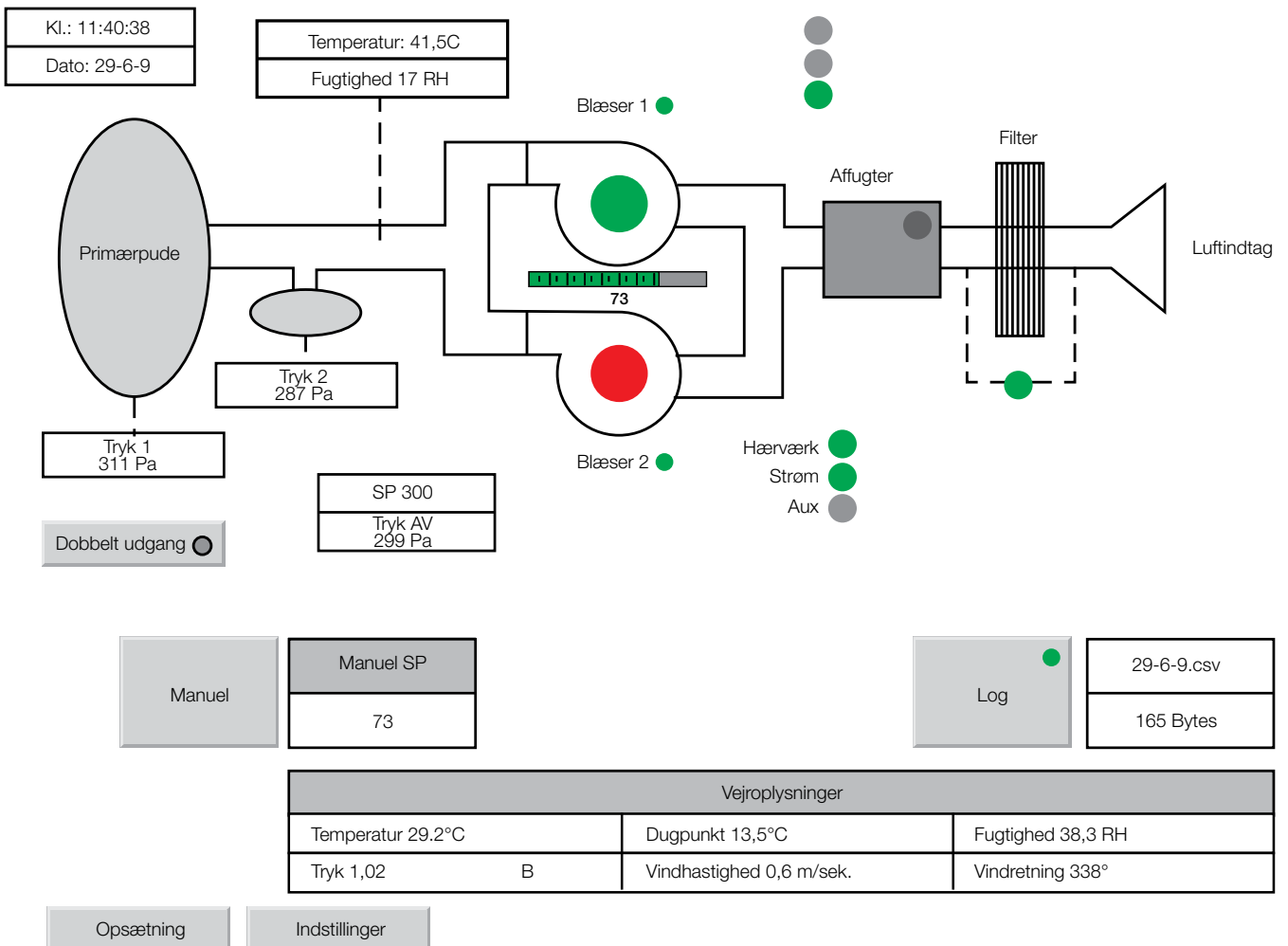
Takket være den løbende overvågning kan systemets funktion tilpasses automatisk for at undgå potentielle problemer. I tilfælde af problemer vil kontrolsystemet automatisk søge at kompensere for fejlen – hvis der f.eks. opstår et trykfald, vil luftforsyningen til puderne automatisk blive øget. Desuden registreres fejlen i en log og vises på hovedkontrolenheden og den relevante luftpumpe (ved hjælp af det trafiklys-system, som er beskrevet nedenfor), ligesom der kan sendes en alarmbesked til en på forhånd angiven person. Alarmen vil blive udløst, så snart fejlen registreres.

Som en umiddelbar og enkel diagnostik kan vedligeholdelsespersonalet aflæse de farvede "trafiklys"-indikatorer foran på luftpumpen. Trafiklysene viser pumpeudstyrets status.



- Grønt lys – alt fungerer fint
- ● Grønt og gult lys – et mindre problem, der kræver tilsyn (f.eks. et delvist tilstoppet luftfilter)
- Rødt lys – Behov for øjeblikkelig indgriben

Fig. 1 – Eksempel på et overvågnings- og kontrolsystem.



STRØMSVIGT

Hvis strømmen en sjælden gang skulle svigte, kan ETFE-pud-systemet opretholde trykket i mellem 3 og 6 timer, før luften siver ud af puderne (afhængigt af vejrforholdene), takket være kontraventilerne, som er indbygget i luftpumperne. Efter dette tidsrum er der risiko for, at taget kan tage skade, efterhånden som trykket falder. Derfor anbefaler vi at anvende en nødgenerator eller alternativt kabelafstivning til at bære puderne, hvis denne situation skulle opstå.

Derudover anbefaler vi altid at overvåge taget nøje for at hindre forudsigelige problemer i at opstå.

SIKKERHED/EKSPLOSIONSFARE

ETFE-folie er et fleksibelt materiale, der kan tåle meget høje belastninger i korte tidsrum, hvilket gør det ideelt til brug på steder, hvor der er eksplosionsfare. Hvor der er risiko for hærværk er ETFE-folie ligeledes fordelagtigt, fordi puderne ikke vil gå i stykker eller falde ned fra ekstruderingsrammerne, hvis de beskadiges.

REPARATION OG UDSKIFTNING

En af de enestående egenskaber ved ETFE-folie er materialets exceptionelle rivestyrke, fravær af svækkelse ved indhak og materialekoncentrering omkring belastningsbrud. Eventuelle flænger og ridser vil i starten brede sig, men materialet strækker sig hurtigt og afrundes til et stærkt område med lille radius, der fordeler belastningerne og hindrer yderligere flænger.

Mindre reparationer af folien – f.eks. ved en punktering – kan foretages på stedet og relativt hurtigt ved hjælp af en selv-

klæbende ETFE-folie. Frittet materiale bruges til at lappe eksisterende frittet folie, så reparationer ikke påvirker konstruktionens æstetiske fremtræden.

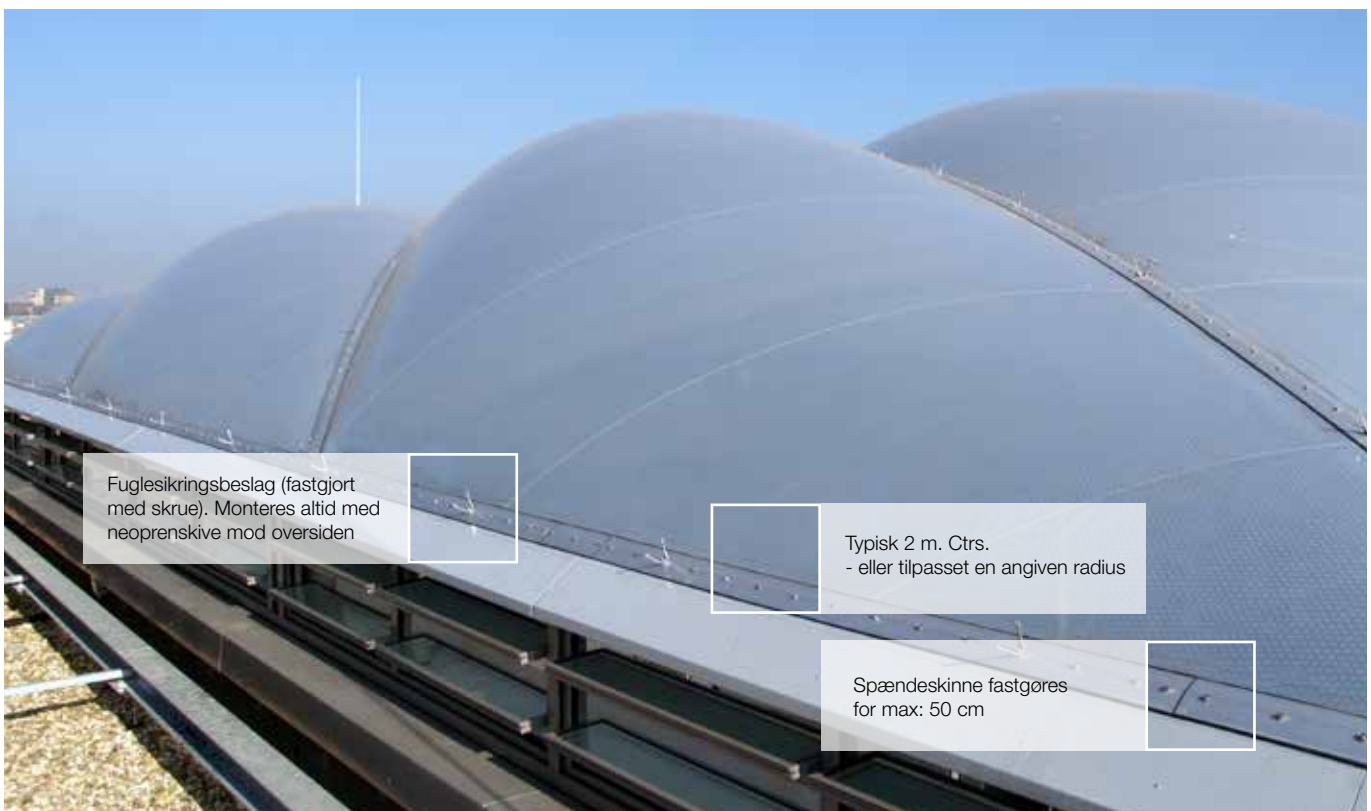
Hvis en ETFE-foliepude bliver mere alvorligt skadet, er det let at fjerne og udskifte en enkelt pude med kun minimal forstyrrelse af hele konstruktionen. ETFE-pudens udvendige overflade kan nås af teknikere, der ved hjælp af reb klatrer op fra konstruktionens primære stålophæng. Dette kræver udlægning af arbejdsreb fra stålophængen, hvilket normalt sker i henhold til IRATA-retningslinjerne.

Hvis der skulle opstå et problem med kontrolsystemet, vil der blive gjort ihærdige forsøg på at fjerndiagnosticere problemet. Når problemet er identificeret, kan det løses på én af to måder:

1. Fjernreparation (ved softwareproblemer)
2. Reparation på stedet (ved hardwareproblemer). Hvis der er behov for reparation på stedet, behøver vi kun adgang til bygningens kontrolrum for at løse problemet.

FUGLE

Den hyppigste risiko for flænger eller skader udgøres af fugle; fugle, der hakker i materialet kan forårsage små punkteringer i ETFE-puderne. Normalt er dette ikke nogen trussel mod pudens stabilitet som helhed, da vores system leveres med indbygget aktiv overvågning, som automatisk vil justere lufttilførslen for at kompensere for det lille trykfald, som dette forårsager. Som sikkerhedsforanstaltning er alle konstruktioner udstyret med fuglesikring, så fuglene ikke sætter sig på alluskinner/stålkonstruktionen.



BRAND

ETFE-foliematerialet har lav brandbarhed (270°C) og betragtes som selvslukkende. I tilfælde af brand vil den varme røg få folien til blive blød, gå i stykker og krympe væk fra brandkilden, så der skabes en naturlig ventilation. Mængden af materiale i taget er ikke vigtig i denne situation, da folien ikke afgiver dråber af smeltet materiale eller gasarter.

ETFE-folie har gennemgået omfattende testning. Dette er et udvalg af testresultaterne vedr. brandsikkerhed:

DIN 4102	Klasse B1
EN 13501-1	Klasse B-s1,d0
NFP 92-505	M2
NFPA 701	Godkendt

Kontakt FlexCover for yderligere oplysninger om specifikke brandsikkerhedstests.

I visse tilfælde kan det ikke garanteres, at røgen, der når ETFE-folien, har en temperatur, som vil få puderne til at gå i stykker, og i disse tilfælde bør man overveje at installere automatiske aktuatorer for at fjerne røgen fra området.

AKUSTIK

ETFE-foliepuder er en relativt gennemsigtig form for inddækning, hvilket betyder, at materialet i dets naturlige form inddebærer minimale akustiske fordele.

Regnstøj kan undertrykkes ved at placere et regndæmpningsslag oven på pudernes øverste overflade. Dette fungerer som en dæmper, der hindrer støjen i at give genklang i det underliggende rum. Generelt er der kun behov for installation af et regndæmpningsslag under særlige forhold. Det er muligt at eftermontere dette på ETFE-foliesystemet, og vi anbefaler derfor, at regnstøjen måles, før der træffes beslutning om at installere regndæmpning.

MILJØFORHOLD

Råmaterialet, som bruges til ETFE, er et klasse II-stof, godkendt i henhold til Montreal-traktaten. I modsætning til tilsvarende stoffer i klasse I forårsager dette materiale minimal skade på ozonlaget, hvilket gælder for alle materialer, der anvendes til fremstillingen. Produktion af ETFE består i polymerisering af monomeren TFE for at omdanne den til polymeren ETFE; der bruges ingen opløsningsmidler i denne vandbaserede procedure. Materialet ekstruderes derefter til forskellige tykkelser, der afhænger af anvendelsesformålet, i en proces, der bruger et minimum af energi. Fabrikationen af selve folien består i at sammensætte store stykker ETFE; dette går relativt hurtigt og igen uden stort energiforbrug.

Det er let at genbruge ETFE, men takket være materialets egenskaber (ødelægges ikke af UV-lys, sollys, vejrlig eller forurening) har det en meget lang levetid, der anslås til at være 50-100 år, hvorfor der kun vil være et begrænset behov for genbrug. Overskudsmateriale fra pudedremstillingen kan reelt genbruges af alle ETFE-leverandører. Fabrikation af aluminiumsrammerne kræver ganske vist megen energi, men rammerne har ligeledes



en lang levetid og kan uden videre genbruges ved afslutningen af deres levetid.

ETFE-pudesystemer giver både god isolering og lysgennemtrængelighed, da de indeholder et lag af luft og kan tilpasses med påtrykt coating for at ændre transmissionen af sollys. ETFE-materialets størrelse og vægt medfører yderligere fordele, hvorved materialet bliver meget mere energieffektivt end materialer med samme ønskede arkitektoniske effekt. Eksempelvis er materialet meget lettere at transportere, da det kan leveres i rulleform, så det optager mindre plads og derfor kræver mindre omladning. ETFE kræver ligeledes kun begrænset rengøring og vedligeholdelse, og som oftest kan evt. snavs skylles af med vand takket være materialets glathed og ikke-klæbende egenskaber. Ved behov for rengøring skal der kun bruges lette PH-neutrale rengøringsmidler, hvilket minimerer miljøbelastningen.



REGNVAND OG AFLEDNING

Alle ETFE-konstruktioner er udformet med krumning for at sikre, at der ikke samler sig 'pytter' af regnvand oven på membranen, som kan deformere folien. Regnvandet ledes ud til tagkanten, hvor det kan ledes væk via bygningens tagrender.

Tagrender medfølger ikke som standard til de fleste ETFE-konstruktioner, men kan om nødvendigt indbygges.

Se fig. 2 – Tagrendedetaljer.

RENGØRING

I modsætning til traditionelle stofkonstruktioner er ETFE-folie et ekstruderet materiale og har derfor en glat overflade. Denne glathed bevirker, at der kun samler sig begrænsede mængder af snavs på ETFE-folieoverfladen, og at de fleste fugleklatte m.v. skylles væk af regnvand. Derfor anbefaler vi, at ETFE-foliepuder rengøres udvendigt hver 2-3 år.

Puderne skal også rengøres indvendigt, men langt mindre hyppigt. Afhængigt af, hvor meget snavs der samler sig inde i puderne, vil vi anbefale, at pudernes indvendige overflader rengøres for hver 5-10 år.

Vi anbefaler, at luftpumperne serviceres hvert år, men der er indbygget et aktivt overvågningssystem i alle vore pumper, der løbende informerer om deres ydeevne.

Hvis der er monteret et regndæmpningslag, kan der være behov for hyppigere rengøring, men dette varierer efter opstillingssted. FlexCover har i samarbejde med CenoTec en særlig vedligeholdelsesafdeling, som varetager planlagt og akut vedligeholdelsesarbejde på opstillingsstedet. Vort vedligeholdelsespersonale kan besøge opstillingsstederne, samt der drives en døgnåben hotline, der i nødstilfælde kan bruges til at tilkalde assistance og få vejledning.

VÆGT

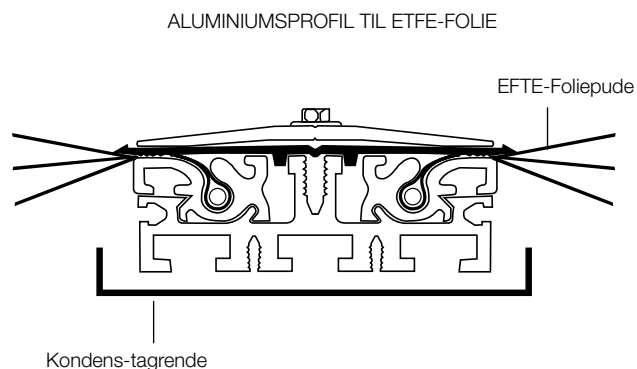
ETFE-foliepuder er ekstremt lette med en vægt på blot 2-3,5 kg/m².

PUDESTØRRELSE

ETFE-foliepuder kan fremstilles i enhver størrelse og form. Størrelsen begrænses kun af den vind- og snebelastning, som konstruktionen skal kunne tåle, og af pudernes orientering, dvs. om de er monteret vandret eller lodret.

Som overordnet retningslinje for konstruktionen kan rektangulære puder spænde over op til 3,5 m i én retning og så langt, det er nødvendigt, i den anden retning. Trekantede puder kan være større end dette. Hvis konstruktionen kræver større puder, kan disse fremstilles ved at forstærke pudens indvendige og udvendige lag med kabelbærere.

Fig 2.



MATERIALESTYRKE

Baseret på 250 µ ETFE-folie

Test	Enhed	Værdi	Prøvningsmetode
Brudstyrke	MPa	50	DIN EN ISO 527-1
Brudstyrke ved 10% belastning	MPa	21	DIN EN ISO 527-1
Brudstyrke ved brudpunkt	%	600	DIN EN ISO 527-1
Rivestyrke	N/mm	500	DIN 53 363
Uigennemsi gthed	%	7.5	DIN 53 363

GARANTI

Der kan ydes garanti på alle vore ETFE-foliepudesystemer. Vi anbefaler, at der ligeledes tegnes en vedligeholdelsesaftale for at sikre, at folien og luftpumpeudstyret altid er i fuldt funktiondygtig stand.

Fig 3.

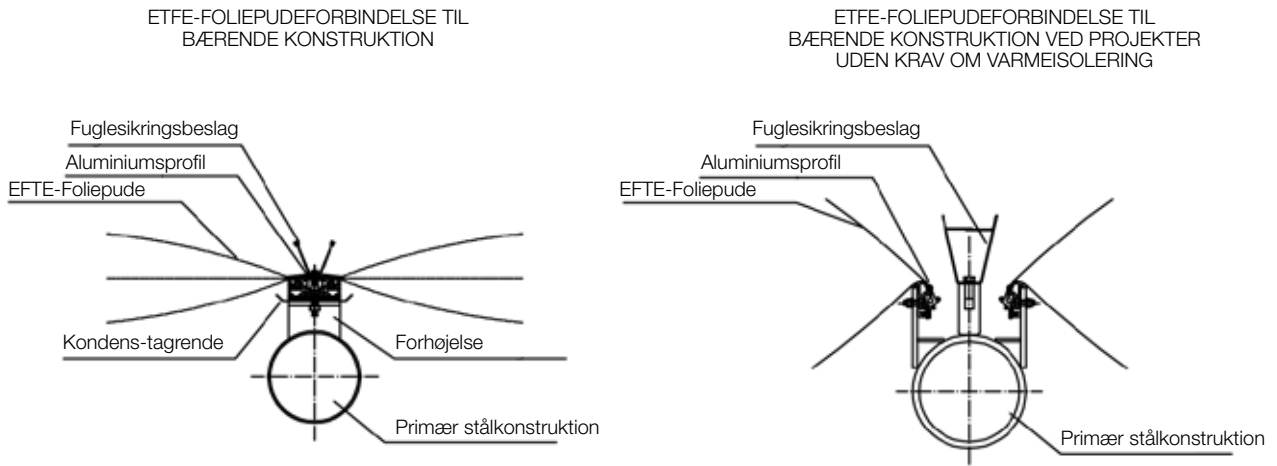
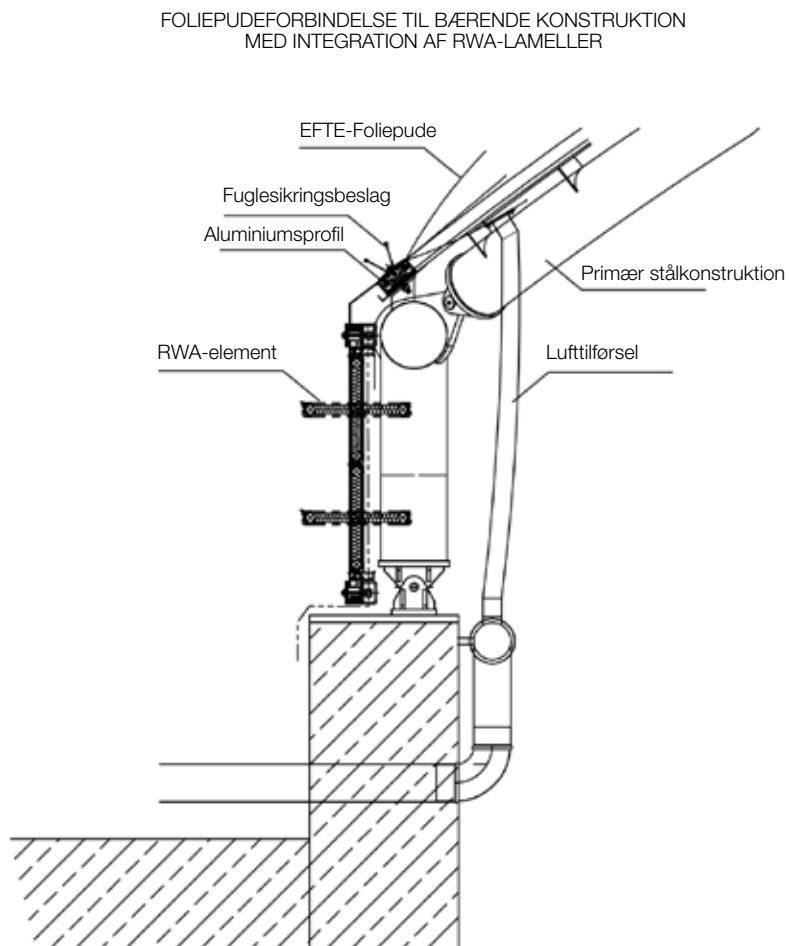


Fig 4.



ETFE-folie




FLEXCOVER®
- takes architecture to new dimensions

FLEXCOVER A/S
Viengevej 6A
DK - 8240 Risskov
Tlf. +45 70 26 70 22
Fax +45 70 26 70 20
info@flexcover.dk
www.flexcover.dk