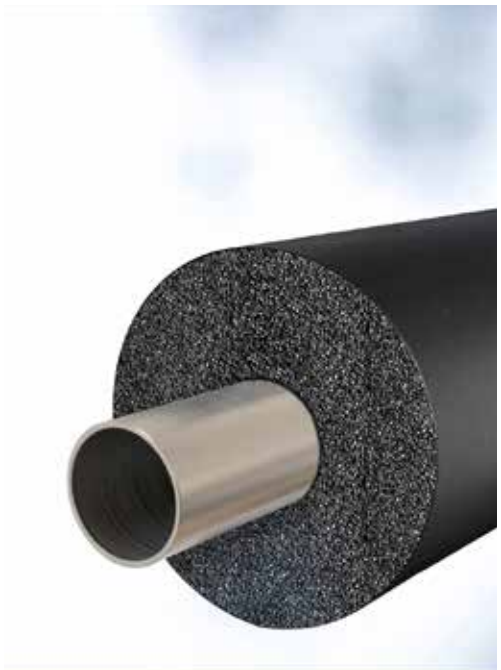
KNOW-HOW – PART III

# Skal forhindre indtrængen af fugt

Fugt kan forringe isoleringsmaterialets virkning betydeligt. Fugtig isolering er lige så ubrugelig som en våd uldfrakke om vinteren. Fugtabsorbering medfører ikke alene højere energitab, men øger også risikoen for korrosion under isoleringen (CUI) og høje vedligeholdelses- og reparationsomkostninger.

www.armacell.dk



armacell®

MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD

Elastomer-isoleringsmaterialer har en lukket cellestruktur og en høj modstand mod vanddampdiffusion. Dampspærren består ikke bare af en aluminiumsfolie, som nemt kan blive beskadiget, men bygges op i hele isoleringstykkelsen

# FUGTIG ISOLERING ISOLERER IKKE!

**Fugt kan forringe isoleringsmaterialets virkning betydeligt. Fugtig isolering er lige så ubrugelig som en våd uldfrakke om vinteren. Fugtabsorbering medfører ikke alene højere energitab, men øger også risikoen for korrosion under isoleringen (CUI) og høje vedligeholdelses- og reparationsomkostninger. Armacell har undersøgt, hvor godt forskellige isoleringsmaterialer er beskyttet mod uacceptabel fugtindtrængen.**

Hvordan kan pingviner klare sig i det iskolde klima på Antarktis? Hvordan kan isbjørne overleve temperaturer helt ned til -50 °C i Ishavet? Begge dyr nyder gavn af et fysisk princip, som man ofte ser i dyreverdenen: deres fjerdragt eller pels er indrettet på en måde, at fjerene eller hårene indfanger luft. Og en masse bittesmå, selvstændige luftlommer udgør den ideelle beskyttelse mod varmetab. Den statiske, delvist indfangede luft giver isbjørnens pels isolerende egenskaber. Mennesker gør også brug af dette princip, både når det gælder vintertøj (f.eks. i form af moderne dunjakker) og bygningsisolering.

**Statisk luft dæmmer op for varmestrømmen**

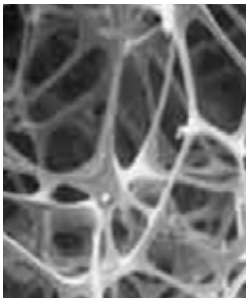
Det er som regel ikke selve isoleringsmaterialet, der har en termisk isoleringseffekt, men den indfangede luft. I vakuumisoleringspaneler er det dog et lufttomt hulrum, der frembringer den isolerende virkning. De mange tilgængelige isoleringsmaterialer på markedet kan kategoriseres på flere måder. De kan opdeles i to hovedgrupper på baggrund af de anvendte råmaterialer: organiske og uorganiske produkter. Derudover skelner man mellem naturlige og syntetiske materialer. De kan også inddeles efter materialestrukturen, hvor man skelner mellem fiber-, skum- og granulatisolering.

# FORSKELLIGE STRUKTURTYPER I ISOLERINGSMATERIALER

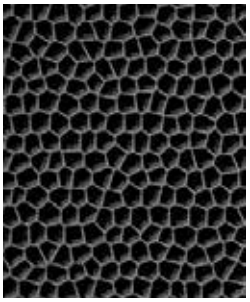
**Fiberisoleringsmaterialer** består af organiske fibre (uld, tekstil) eller uorganiske fibre (glas, sten) med en lille diameter, som væves eller limes sammen. De mest almindelige produkter i denne gruppe er glasfiber, mineralfiber og polyester.

Fibre

**Skumisoleringsmaterialer** består af små individuelle celler. Man skelner mellem skum med åbne celler og skum med lukkede celler afhængigt af, om hulrummene er forbundet, eller om cellevæggene er fuldstændigt adskilt fra hinanden. Der findes både fleksible og hårde skumformer. De mest kendte skumisoleringsmaterialer er fremstillet af elastomerer, polyethylen, PUR/PIR, polystyren, fenoplast og celleglas.

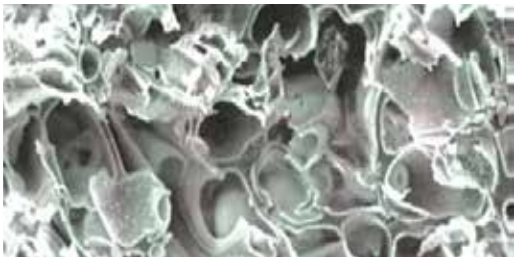


Open-cell foam



Closed-cell foam

**Granulater** findes som løst materiale (små klumper eller kugler) og som sammenlimet materiale i form af isoleringsplader eller -sektioner. Der anvendes eksempelvis kalciumsilikat, perlit og vermikulit.



Granulate

De isoleringsmaterialer, der bliver gennemgået her, er meget forskellige, hvad angår fysiske og mekaniske egenskaber. De har styrker og svagheder, som gør dem mere eller mindre egnede eller helt uegnede til forskellige anvendelsesområder.

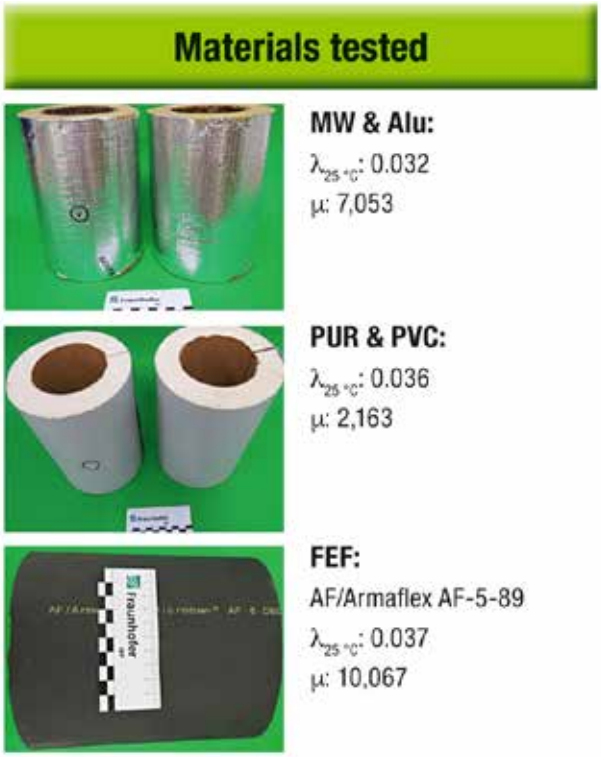


Figure 2

**Beskyttelse mod fugtabsorbering**
For at sikre, at de isoleringsmaterialer, der anvendes til kuldeisolering, også virker godt på lang sigt, er det vigtigt, at de er beskyttet mod indtrængen af fugt. Vand har en meget højere varmeledningsevne end isoleringsmaterialer. Derfor medfører fugtabsorbering øget varmeledning og forringelse af de isolerende egenskaber.

Indtrængen af fugt i isoleringsmaterialet kan medføre
- øget energitab,
- korrosion under isoleringen,
- vækst af skimmelsvamp
- øgede vedligeholdelses- og reparationsomkostninger.

Den isolerende virkning forringes hurtigt, og på lang sigt vil materialet ikke længere opfylde sin funktion. Det vigtigste spørgsmål i forbindelse med valg af isoleringsmateriale er altså, hvor godt materialet er beskyttet mod fugtabsorbering.

**Afprøvede isoleringsmaterialer**
Nu hvor vi har set på, hvordan fugt påvirker varmeledningen, vil vi gennemgå resultaterne af en praktisk test, som Fraunhofer Institute har udført på vegne af Armacell.

Instituttet undersøgte tre forskellige isoleringsmaterialer:
- mineralfiber,
- PUR og
- et elastomermateriale.

AF/Armaflex kræver ikke en ekstra dampspærre. Materialet består af lukkede celler og har en "integreret" dampspærre, og vanddampdiffusionsmodstanden bygges op - celle efter celle - igennem hele isoleringstykkelsen. Mineralfiber- og PUR-produkter med åbne celler er til gengæld udstyret med en aluminiums- eller PVC-folie, som fungerer som dampspærre. I praksis er det svært at montere folien på en sådan måde, at den får dæmmet tilstrækkeligt op for den vanddamp, der strømmer mod isoleringsmaterialet. Der er desuden risiko for, at folien bliver beskadiget i forbindelse med installation eller drift, så den skrøbelige dampspærre bliver mindre effektiv. Selv hvis arbejdet bliver udført med største forsigtighed, er det næsten umuligt at opnå tilstrækkelig tæthed mod vanddampe med traditionelle dampspærrer, især ved fastgøringspunkter og på komplekse objekter, bøjninger, T-stykker, ventiler, fittings osv.

**Testforhold i klimakammeret**
For at simulere skade på isoleringssystemet (hvilket snarere er reglen end undtagelsen i praksis), blev der i anden del af testen boret to små huller (Ø 5 mm) på hver sin side af røret i 5 mm dybde. Testen blev udført i et klimakammer, hvor temperaturen og fugtigheden blev fastholdt på det fastlagte niveau igennem hele målingen.

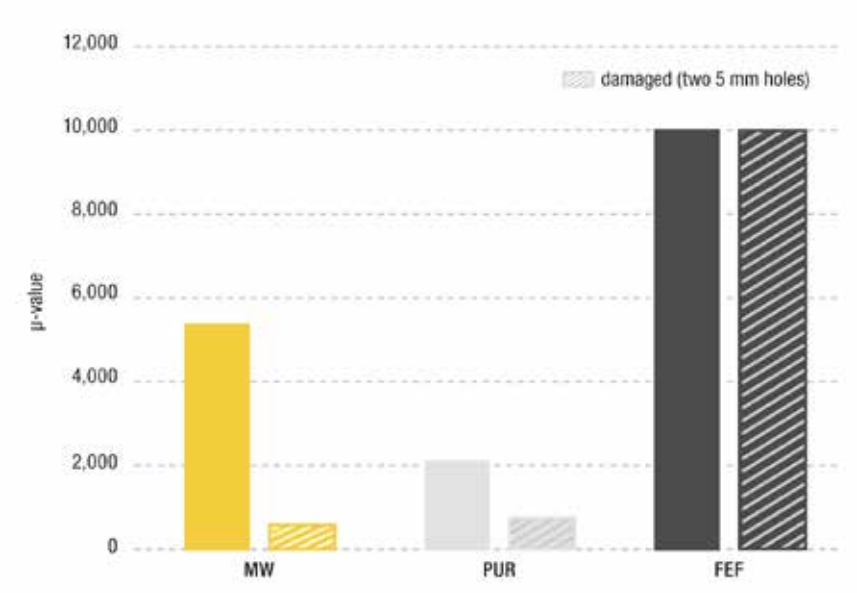
Der blev bevidst valgt moderate testforhold: gennemløbstemperaturen i rørene var på 20 °C. Den omgivende temperatur var sat til 35 °C og den relative fugtighed til 55 %. Testen blev udført under disse forhold i 33 dage.

## Testresultater

### Vanddampdiffusionsmodstand

Efter afslutning af testen blev prøverne taget ud af klimakammeret, og de forskellige isoleringsmaterialers vanddampdiffusionsmodstand (μ) blev målt. Elastomermaterialets μ-værdi var uforandret til trods for skaden og var stadig var over 10.000. Derimod var PUR-rørstykkets vanddampdiffusionsmodstand faldet fra 2.163 til 672, og den aluminiumdækkede mineraluld havde en μ-værdi på bare 467 (sammenlignet med den oprindelige værdi på 7.053).

Figur 3: Testkonfiguration: Testprøverne i klimakammeret




Figur 4: Isoleringsmaterialernes vanddampdiffusionsmodstand efter testen

## Kondensdannelse på rørene

Eftersom testen kun varede i kort tid, og forholdene var moderate, udviste isoleringsmaterialerne kun let fugtabsorbering i hele tykkelsen. Der er dog helt tydelige og markante forskelle, hvis man ser på det inderste isoleringslag (5 mm). Selv i løbet af denne korte periode har der samlet sig en betydelig mængde fugt i dette område på mineralfiberprøverne og i endnu højere grad i PUR-rørstykkerne. FEF-isoleringsmaterialerne udviser til gengæld ingen fugtabsorbering i denne kritiske zone.

Hvad angår både PUR- og mineraluldsisoleringen, lader det til, at den fugtige omgivende luft er diffunderet fra ydersiden til indersiden, hvor vanddampen har dannet kondens. Derimod er der ikke trængt fugt ind i FEF-materialet. Billederne af de forskellige røroverflader efter fjernelse af isolationsmaterialet bekræfter dette. Mens der har samlet

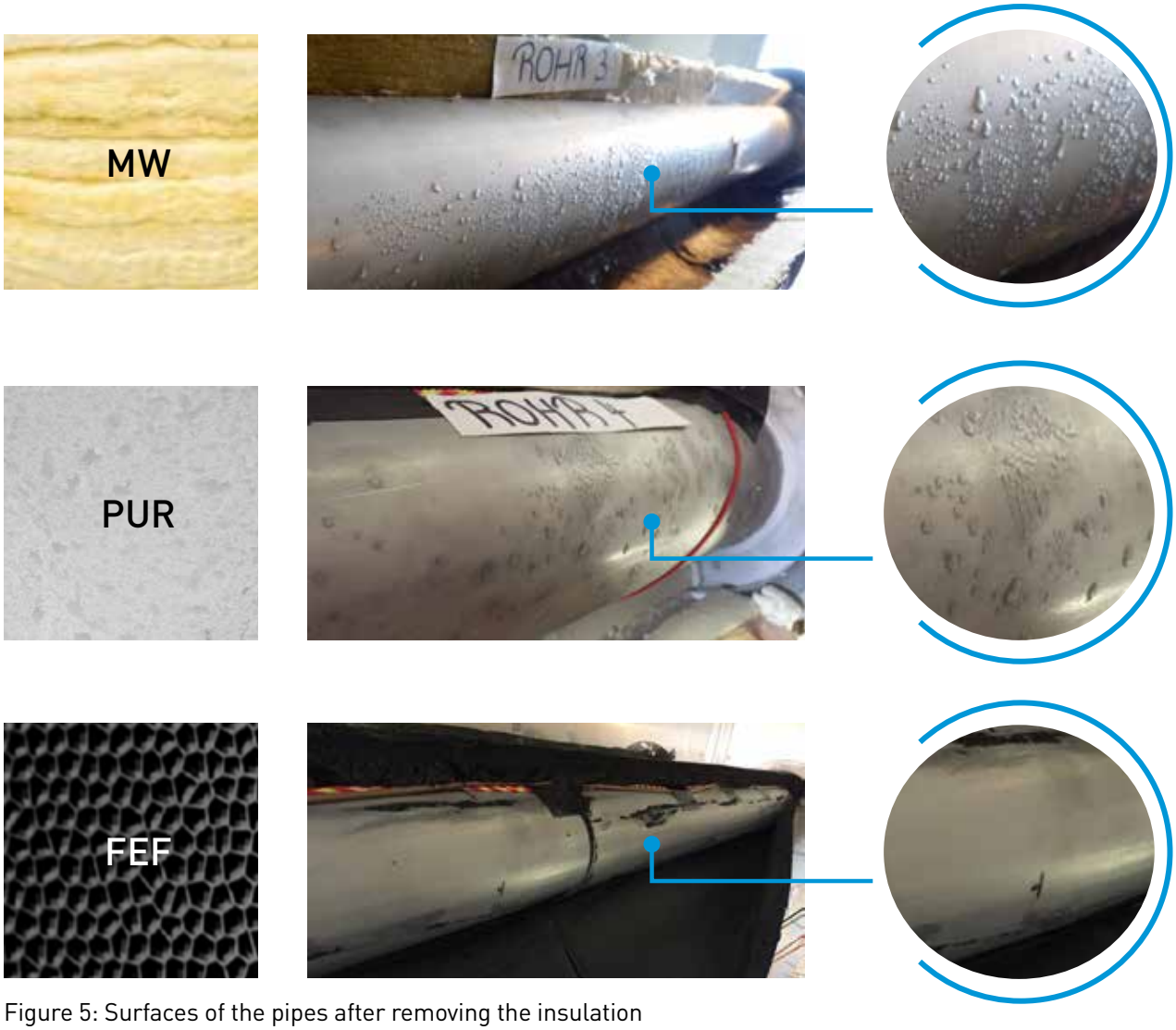



Figure 5: Surfaces of the pipes after removing the insulation

Figure 6: In the case of the mineral fibre insulation, humid air has penetrated especially around fittings, yet even these areas have remained dry under the FEF insulation.

sig betydelige mængder fugt under både PUR- og mineraluldsisoleringen, er der ingen kondensdannelse på røroverfladen under FEF-isoleringen (se figur 5).

Som det kan ses på billeddokumentationen, er det især på fittings, at dampspærren ikke har virket tilfredsstillende, så der er trængt fugtig luft ind i isoleringen (se figur 6).

Selv under disse moderate testforhold kunne mineralfiber- og PUR-materialerne ikke forhindre fugt i at diffundere ind i isoleringen og danne kondens på røroverfladen. Dampspærren var ikke i stand til at forhindre absorbering af vanddamp på effektiv vis. Kun FEF-isoleringsmaterialet forhindrede fugtindtrængen.
Det er også interessant at se på udviklingen over tid. Det rør, der var isoleret med FEF, viser ingen tegn på kondensdannelse, selv efter 33 dage. Mineralfiberisoleringen var derimod ineffektiv lige fra starten af testen, både i skadet og intakt tilstand. Kondensdannelsen på rørene under PUR-isoleringen indtrådte efter 21 (beskadiget lag) eller 23 dage.

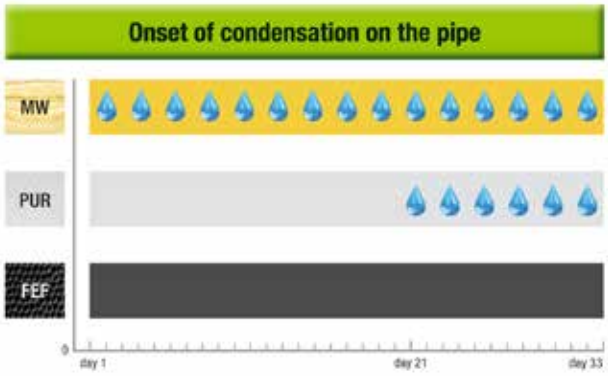



Figure 7

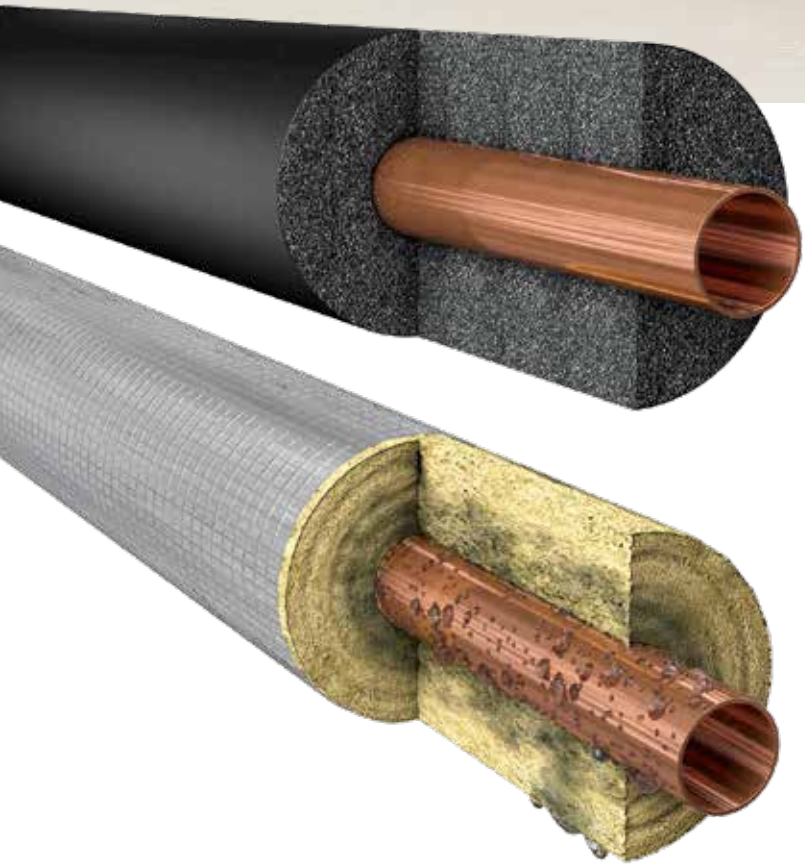


Figure 8: FEF insulation materials protect pipes against condensation

**Langsigtede konsekvenser af fugtindtrængen**

For at undersøge de langsigtede virkninger af fugtabsorbering lavede Fraunhofer Institute nogle beregninger på baggrund af disse resultater og gennemførte en simulation af isoleringsmaterialernes adfærd over ti år. Disse beregninger blev gennemført ud fra følgende antagelser: en gennemløbstemperatur i røret på 5 °C, en omgivende temperatur på 35 °C og en omgivende relativ fugtighed på 80 %.

Figur 9 viser, hvor meget fugt isoleringsmaterialerne ville absorbere over en driftsperiode på ti år. Fugtindholdet i FEF-isoleringsmaterialet er stadig under 5 % efter ti år, hvorimod det er steget til næsten 20 % i mineralfiberisoleringen og til 25 % i PUR-materialet.

## Højere varmeledningsevne

Isoleringsmaterialernes varmeledningsevne steg ikke i betydelig grad i løbet af den korte testperiode. Dette var heller ikke at forvente set i lyset af de moderate forhold og den korte tidsperiode. Men hvis testresultaterne ekstrapoleres til en drifts-periode på ti år, træder de markante forskelle mellem materialerne tydeligt frem.

Mens λ-værdien for FEF kun er steget med cirka 15 % efter ti år, er mineraluldens varmeledningsevne steget med 77 %,og PUR-isolerin-gens varmeledningsevne er steget med 150 % (se figur 10).

Varmeledningsevnen stiger i takt med det procentvise fugtindhold, og den isolerende virkning bliver hurtigt forringet. Dette med-fører ikke alene et støt stigende energitab i driftsperioden, men også et fald i overflade-temperaturen. Hvis overfladetemperaturen falder under dugpunktstemperaturen, sker der kondensdannelse. Den eneste måde at sikre, at overfladetemperaturen forbliver over dugpunktet, selv efter mange års drift, er at forhindre, at isoleringsmaterialets varmeledningsevne stiger betydeligt over tid som følge af fugtindtrængen.

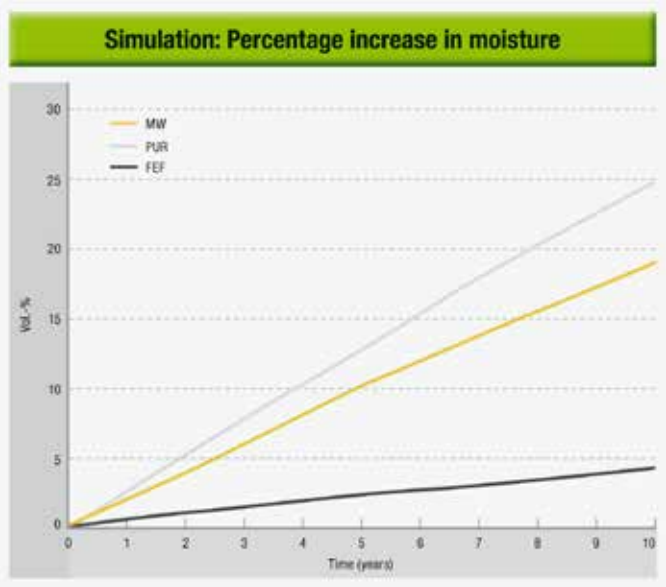



Figure 9

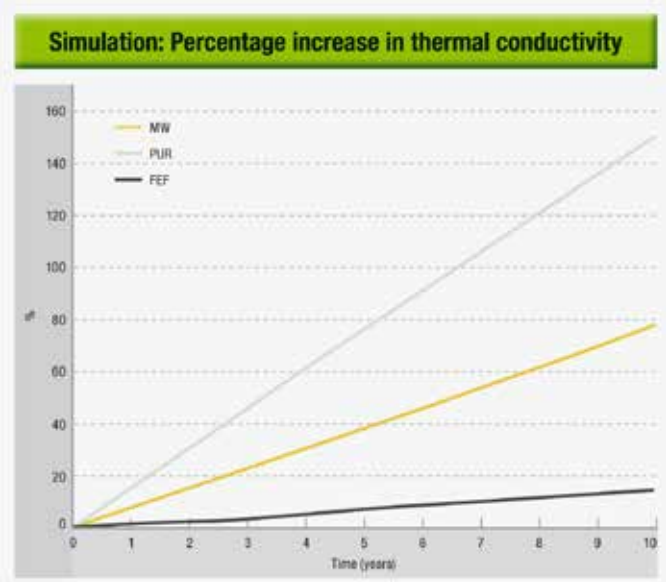
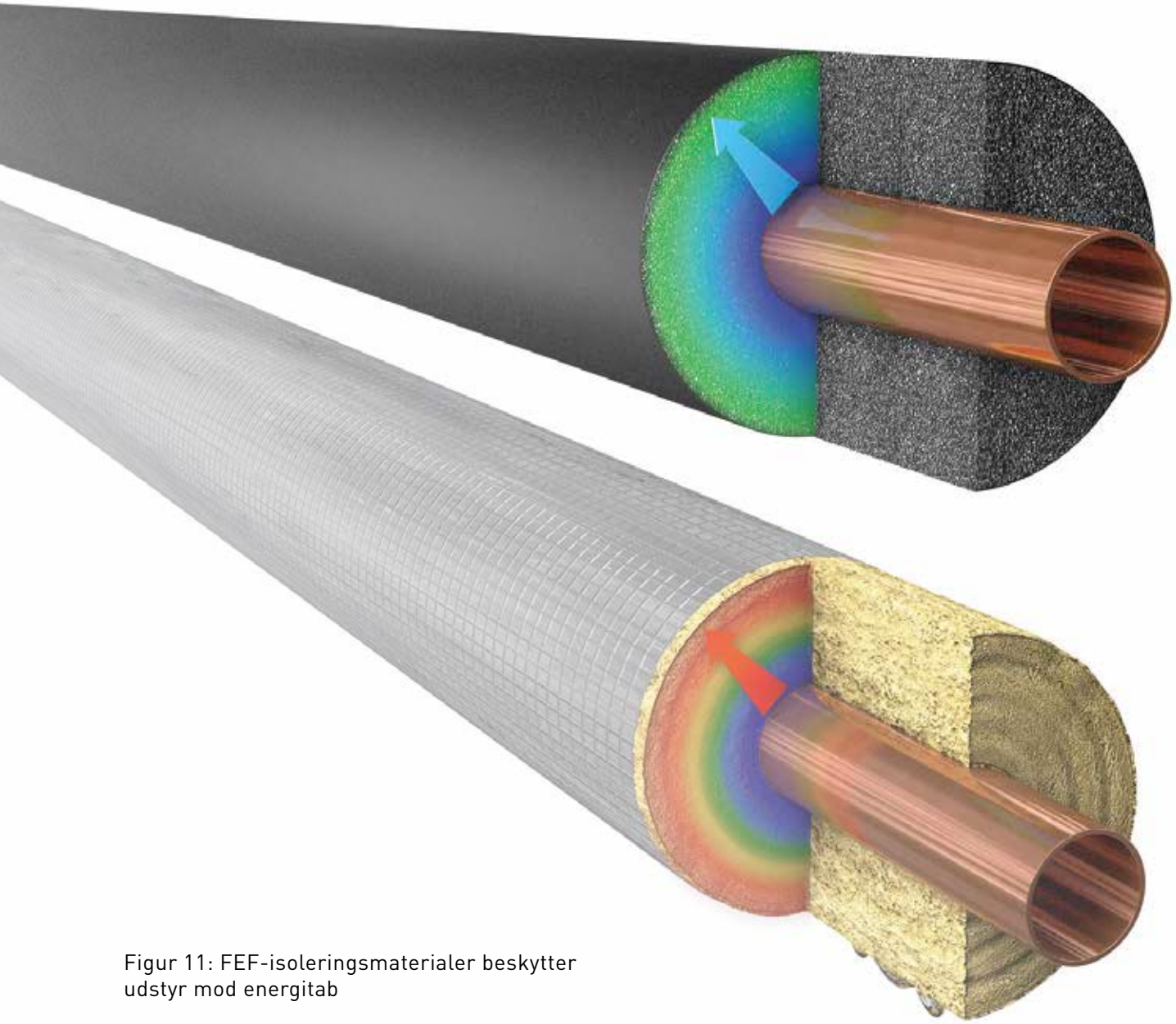



Figure 10



Figur 11: FEF-isoleringsmaterialer beskytter udstyr mod energitab

**Konklusion**
Undersøgelsen viser, at varmeledningsevnen ikke bør være det eneste kriterie i forbindelse med valg af isoleringsmaterialer. For at forhindre kondensdannelse på røroverfladen og en stigende varmeledningsevne i løbet af produktets levetid skal isoleringsmaterialet også være beskyttet mod fugtabsorbering. Derfor bør specifikationsansvarlige og køleanlægskonstruktører betragte den varmeledningsevne, som producenten angiver, som den indledende varmeledningsevne eller som en "tør λ-værdi" og sammenligne materialernes modstand over for vanddampdiffusion, når de skal vælge et produkt.

I FEF-materialerne bygges vanddampdiffusionsmodstanden op igennem hele isoleringstykkelsen og har en værdi på 7.000 – eller på hele 10.000 med AF/Armaflex. I mineralfiber- og PUR-produkter er vanddampdiffusionsmodstanden til gengæld begrænset til en tynd dampspærre, som ikke beskytter isoleringsmaterialet effektivt mod fugtabsorption. Selv meget små skader har betydning for dampspærrens effektivitet, og især ved fastgøringspunkter, bøjninger, T-stykker og fittings er det umuligt at undgå kondensdannelse.

Hvis isoleringsmaterialet er helt gennemblødt, vil det øgede energiforbrug ofte være

det mindste problem. Skimmelsvamp, strukturskader, f.eks. på forsænkede lofter, eller driftsafbrydelser på grund af vedligeholdelsesarbejde og nedetid kan resultere i kæmpestore omkostninger.

Når specifikationsansvarlige og installatører anvender isoleringsmaterialer med åbne celler til kuldeisolering, tager de en uberegnelig risiko, som kan koste dem dyrt. I dag findes der mineralfiberprodukter, der bliver markedsført som værende specielt udviklet til kuldeisolering. Selvom mærkningen på disse systemer udtrykkeligt angiver, at der er tale om kuldeisoleringsmaterialer, er der tale om mineralfiberprodukter med åben cellestruktur og en aluminiumsfolie. Producentens garanti på 15 år ændrer ikke på det faktum, at brugeren i tilfælde af en klage skal bevise, at produktet var installeret korrekt.

I Tyskland er brug af mineraluld til kuldeisolering i modstrid med kravene i DIN 4140 (Insulation work on industrial installations and building equipment – Execution of thermal and cold insulation). Det er praktisk set kun tilladt, hvis der installeres en dobbeltbeklædning (en luft- og diffusionstæt, svejset eller loddet beklædning). Dette er imidlertid både tidskrævende og dyrt og bliver sandsynligvis ikke gjort.

På afkølende vandrør tilrådes det på det kraftigste at installere isoleringsmaterialer med lukkede celler, der er kendetegnet af en høj vanddampdiffusionsmodstand og en lav varmeledningsevne. Dette sikrer, at potentielle diffusionsprocesser bliver reduceret til et minimum, også på lang sigt.

## AUTHOR

**Georgios Eleftheriadis**
Armacell Manager Technical Marketing EMEA

Alle data og tekniske informationer er baseret på resultater opnået under de specifikke forhold, der er defineret i henhold til de nævnte teststandarder. Det er kundens ansvar at kontrollere, om produktet egner sig til den tilsigtede anvendelse. Kunden er ansvarlig for professionel og korrekt montering og overholdelse af relevante byggeregulativer. Armacell træffer alle forholdsregler for at sikre nøjagtigheden af de data, der er indeholdt i dette dokument, og alle erklæringer, tekniske informationer og anbefalinger indeholdt heri anses for at være korrekte på tidspunktet for offentliggørelsen. Ved bestilling/modtagelse af produktet, accepterer du Armacells almindelige forretningsbetingelser, der er gældende i din region. Hvis du ikke har modtaget disse betingelser, kan du rekvirere en kopi.

© Armacell, 2020. ® og TM er varemærker tilhørende Armacell-koncernen og er registreret i Den Europæiske Union, USA og andre lande.
00425 | Part-3 Moisture penetration | KnowHow | 102020 | EMEA | DK

# OM ARMACELL

Som opfinder af fleksible skumprodukter til isolering af udstyr og førende producent af tekniske skummaterialer udvikler Armacell innovative og sikre termiske, akustiske og mekaniske løsninger, der skaber bæredygtighed for virksomhedens kunder. Armacells produkter bidrager væsentligt til global energieffektivitet og gør en forskel hver eneste dag i hele verden. Virksomheden, der har 3.100 medarbejdere og 24 fabrikker i 16 lande, arbejder inden for to hovedområder, Advanced Insulation og Engineered Foams. Armacell udvikler isoleringsmaterialer til teknisk udstyr, højtydende skumprodukter til anvendelse i high-tech- og letvægtsprodukter og næste generation af aerogelisoleringstæpper. Du finder flere oplysninger på: www.armacell.com.

Få mere at vide om produkterne på:
**www.armacell.dk**

armacell®
MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD