

# Risiko for korrosion under isoleringen

Korrosion under isolering (CUI) er lumsk, da den ofte først opdages, når der er sket betydelig skade. Som nyere uafhængige undersøgelser har vist, minimerer Armaflex-isoleringsmaterialer risikoen for korrosion under isoleringen. På den anden side er isoleringsmaterialer med åbne celler ikke beskyttet mod fugtabsorption og har derfor en større risiko for CUI.

[www.armacell.dk](http://www.armacell.dk)

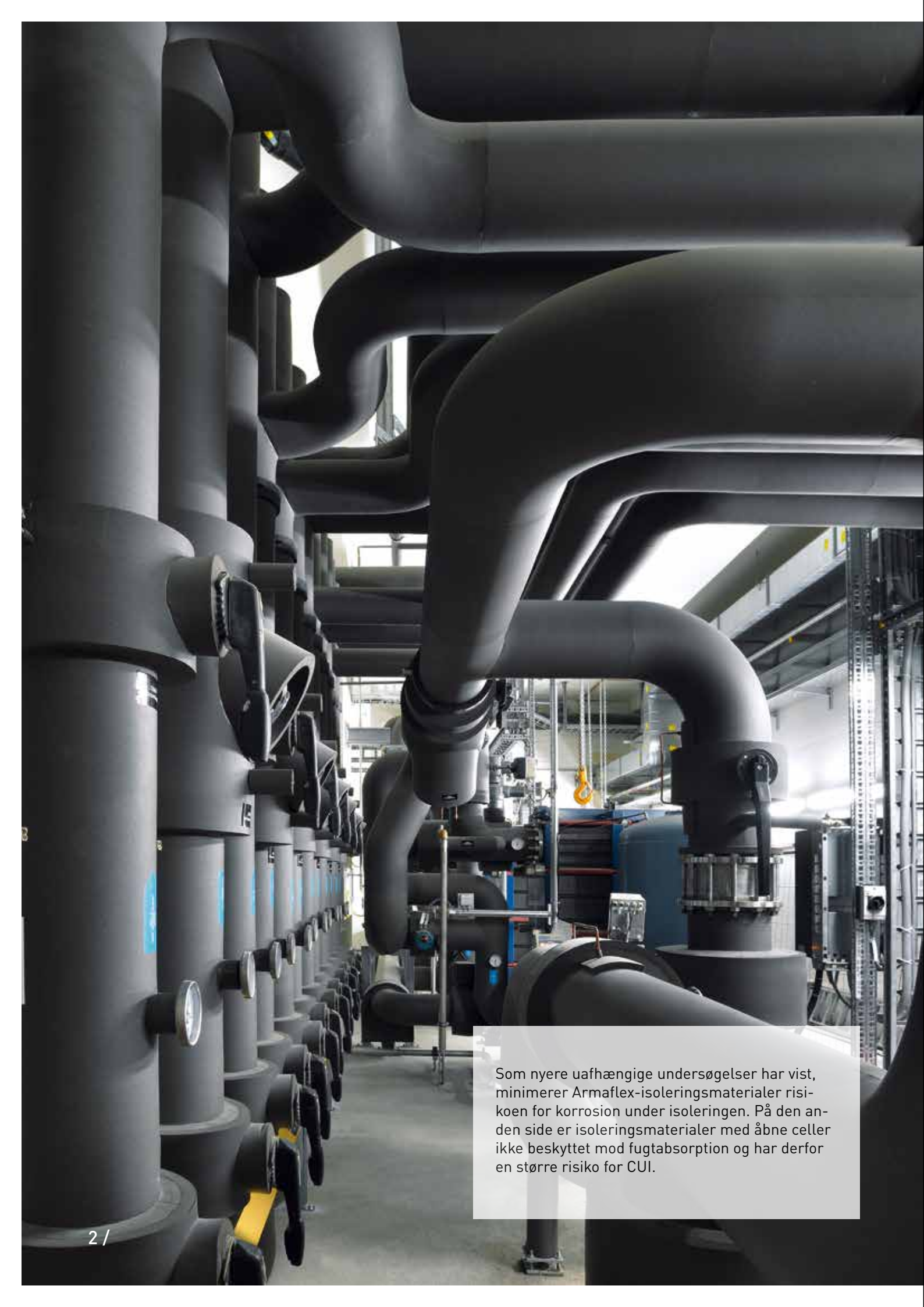


Skader for  
2.5 billioner  
USD



**armacell**<sup>®</sup>

MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD



Som nyere uafhængige undersøgelser har vist, minimerer Armaflex-isoleringsmaterialer risikoen for korrosion under isoleringen. På den anden side er isoleringsmaterialer med åbne celler ikke beskyttet mod fugtabsorption og har derfor en større risiko for CUI.

# RUST SOVER ALDRIG!

**Omkring 40 % af den globale stålproduktion anvendes til udskiftning af dele, der er blevet ødelagt på grund af korrosion. Hvert år koster korrosionsskader den globale økonomi 2,5 billioner USD – det er 3 % af det globale bruttonationalprodukt. Korrosion under isolering (CUI) er lumsk, da den ofte først opdages, når der er sket betydelig skade. Så ved valg af isoleringsmateriale er det helt afgørende spørgsmål, hvor godt det beskytter udstyr mod korrosion.**

## **Korrosion under isolering koster milliarder på globalt plan**

Kampen mod rust har eksisteret i over 3000 år, og der synes ikke at være en løsning i udsigt. Da mennesket lærte at smelte jernmalm, fandt man et alsidigt materiale, som snart erstattede den meget dyrere bronze. Op til i dag er jern stadig et af de vigtigste råmaterialer i den globale økonomi. Jern oxiderer med ilt, når det udsættes for vand eller fugtig luft. I modsætning til oxidlaget på krom, aluminium eller zink er korrosionsproduktet rust ikke porøst. Når metal nedbrydes, bliver det mere og mere skørt, og på grund af den større volumen kan det skalle af, indtil det ødelægges helt. Forvitringen af jernholdige materialer til rust forårsager skader for milliarder af euro hvert år. Omkostningerne til korrosionsskader udgør årligt ca. 3-4 % af et lands nationalprodukt – i Tyskland alene beløber det sig til ca. 70 milliarder euro.





Omkring 45 % af omkostningerne – dvs. ca. 1 billion USD – opstår i olie-, gas- og petrokemibranchen. I henhold til en undersøgelse foretaget af amerikanske ExxonMobil Chemical Company kan 40 til 60 % af vedligeholdelsesomkostningerne til rørledninger henføres til korrosion under isolering (CUI). Og det er uden at medtage indirekte omkostninger på grund af nedetider. Ekspertener inden for mineraloliebranchen vurderer, at CUI er hovedårsagen til ikke planlagte produktionsafbrydelser og ansvarlig for mere nedetid end alle andre årsager tilsammen. I ekstreme tilfælde kan lækager på grund af korrosion endda resultere i brand eller eksplosion og dermed bringe menneskeliv i fare.

### Egnede isoleringssystemer mindsker risikoen for korrosion

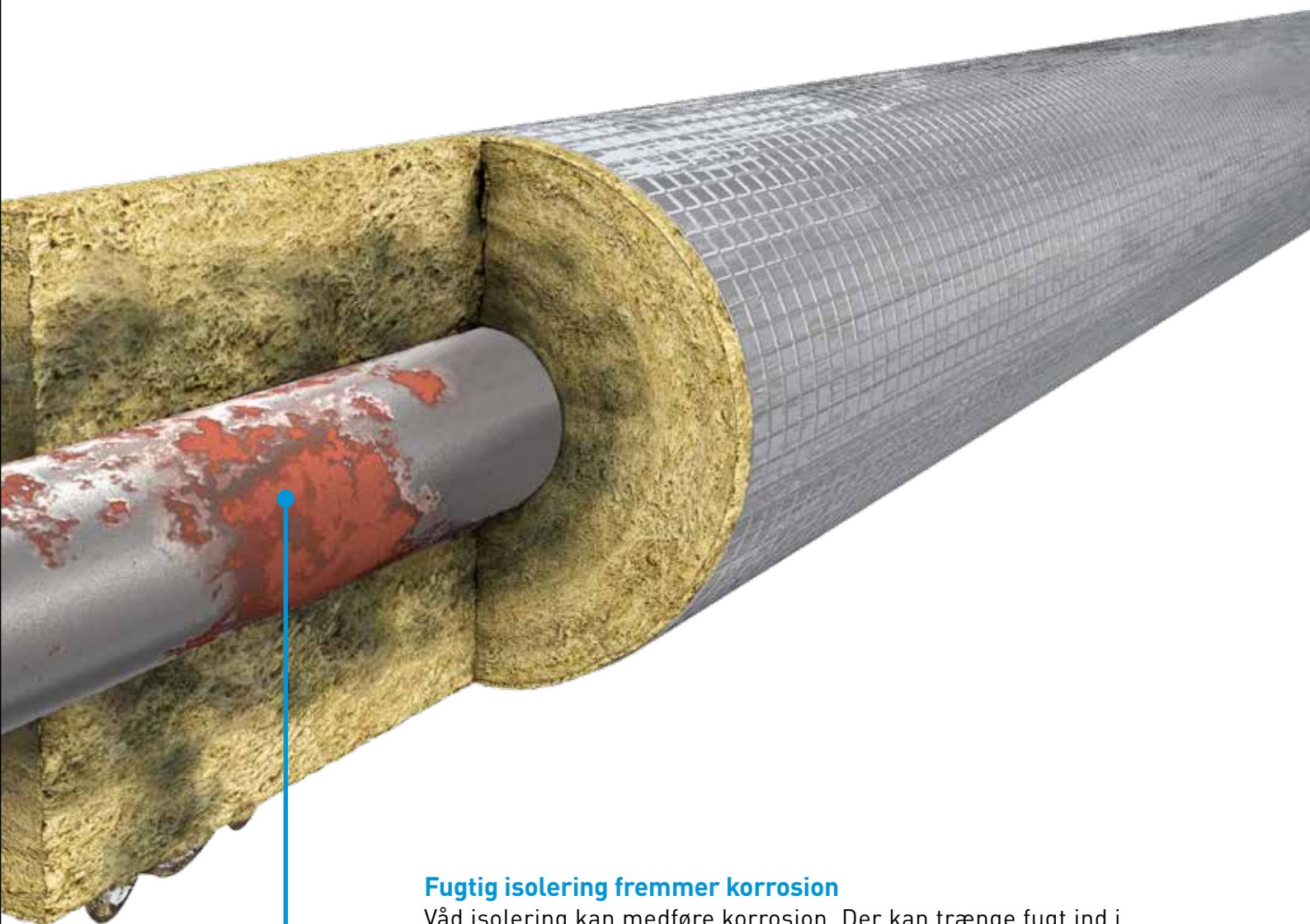
CUI er lumsk: Processerne foregår skjult under isoleringen og opdages ofte først, når der allerede er sket omfattende skader. CUI opstår normalt på rørledninger med en ledningstemperatur mellem 0 °C og 175 °C og er særlig kritisk over 50 °C. Risikoen øges ved udstyr, der ikke anvendes kontinuerligt eller ved køle/fryseledninger. Hvis temperaturen svinger, kan der dannes kondensvand i isoleringsmaterialet, og vand kan nå rørledningernes overflade. I den salte luft omkring offshoreinstallationer til havs er der meget større risiko for, at klorid- eller sulfatholdigt vand trænger ind i isoleringen og udløser korrosionsprocesser.

Isoleringen alene kan ikke beskytte anlægskomponenter mod korrosion, men egnede isoleringssystemer kan effektivt understøtte beskyttelsen mod korrosion. Materialevalget afgør, om isoleringen mindsker risikoen for korrosion eller fremmer korrosionsprocesserne.

#### CUI-fakta:

- 40 til 60 % af omkostningerne til vedligeholdelse af rørledninger kan henføres til CUI.
- CUI er hovedårsagen til ikke planlagte driftsafbrydelser og er ansvarlig for mere nedetid end alle andre årsager tilsammen.





### **Fugtig isolering fremmer korrosion**

Våd isolering kan medføre korrosion. Der kan trænge fugt ind i isoleringen via en beskadiget beklædning eller i form af vanddampdiffusion. På kolde rørledninger medfører forskellen i temperaturen mellem det kolde medie og den varme omgivende luft en forskel i damptrykket, som påvirker isoleringen fra ydersiden. Der er så risiko for, at vanddampen i luften kan trænge ind i isoleringsslaget, hvor der dannes kondensvand, som gør materialet gennemvådt. Følgerne er ikke kun alvorlig forringelse af isoleringsegenskaberne og store energitab; hvis vandet spredes hen over rørledningens metaloverflade, og der er luft til stede, begynder korrosionsprocesserne.

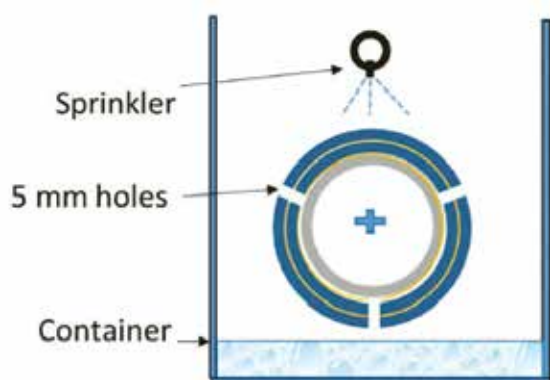
I dag er olie- og gasbranchen opmærksom på det indbyrdes forhold mellem isoleringssystemer og risikoen for CUI. Men mens der findes anerkendte standarder og prøvningsmetoder for vurdering af korrosionsbeskyttelsessystemernes virkning, tages der i internationale standarder næsten ikke højde for isoleringsmaterialernes indvirkning på risikoen for CUI. Og endnu findes der ikke en standardiseret prøvning for undersøgelse af isoleringssystemers indvirkning på reduktion af risikoen for CUI i et installationsscenario.

# ARMAFLEX-ISOLERINGSMATERIALER I CUI-HOLDBARHEDSPRØVNING

I mangel af en sådan standard lader Armacell sine isoleringsmaterialer undersøge i en prøvning udviklet af TNO-ENDURES (Den Helder, Netherlands) for det internationale olie- og gasselskab Shell. Denne prøvning er bredt anerkendt i olie- og gasbranchen.

## Prøvningsopsætning

I den standardiserede prøvning blev Armaflex-isoleringsmaterialerne underkastet et worst case-scenarie: En isoleret, ulegeret stålørledning med en ledningstemperatur på 80 °C blev kontinuerligt påsprøjtet varmt saltvand. Den ene halvdel af rørledningen var isoleret med to lag Armaflex-plader, der hver havde en tykkelse på 25 mm (case A). Den anden halvdel af rørledningen var isoleret på samme måde og derefter beklædt med en glasforstærket plastikspærre til beskyttelse mod vejrliget (case B). For at simulere end fejltilstand blev der i case A boret flere huller gennem hele isoleringens tykkelse. I case B



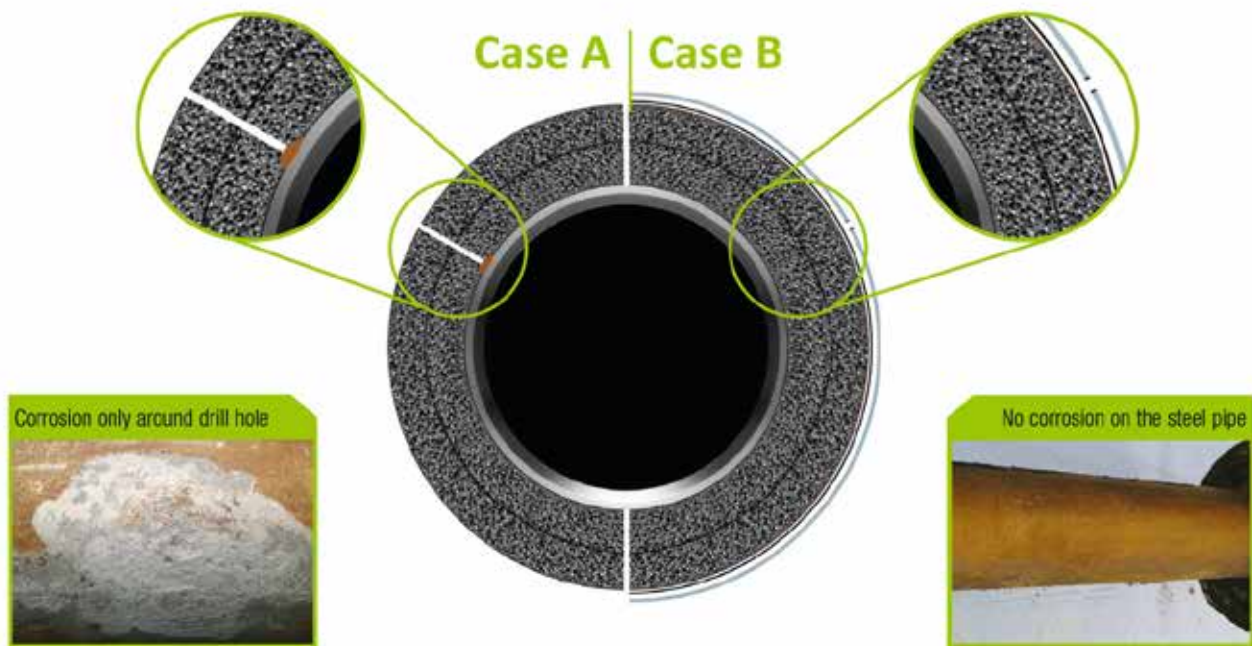
Prøvningsopsætning af CUI-prøvnningen blev udført af TNO/ENDURES

blev der bevidst kun boret huller i beklædningen, hvorimod isoleringen forblev intakt. I begge cases sikrede man, at der kunne trænge vand ind i isoleringen. Disse kunstige forhold, der er ideelle for dannelse af korrosion, blev opretholdt i seks måneder.

## Prøvningsresultater

Ved afslutning af prøvningsfasen blev der foretaget grundig undersøgelse af prøverne. I case A var der som forventet dannet kondensvand – men processerne var begrænset til området omkring borehullerne. Der var ingen tegn på korrosion i andre områder af rørledningen, heller ikke på hele undersiden. Saltvandet var tydeligvis ikke trængt ind i disse områder. Forventningerne blev igen overgået i den anden case, hvor der kun var blevet boret hul i beklædningen. Mens det udvendige isoleringsslag føltes fugtigt hen mod afslutningen af prøvningen, var det inderste isoleringsslag fuldstændigt tørt. Der blev ikke konstateret korrosion på stålørledningen. Armaflex-isoleringen havde forhindret, at der var trængt fugt igennem til rørledningens overflade.

Fysisk kan dette bemærkelsesværdige resultat forklares med den "indbyggede dampspærre" i isoleringsmateriale med lukkede celler. Testen viste på imponerende vis, at Armaflex mindsker CUI-processer selv under de mest ekstreme forhold. Det skal understreges, at korrosionsprocesserne i denne prøvning blev fremkaldt bevidst. Hverken de omgivende betingelser eller den forårsagede beskadigelse af Armaflex-materialet afspejler faktiske betingelser.



I case B viste rørledningen ingen tegn på korrosion på trods af den omfattende beskadigelse af beklædningen. I case A forekom der korrosion som forventet. Men processerne var begrænset til det umiddelbare område omkring borehullerne.



Ved den bevidst forårsagede korrosion i case A blev kun konstateret korrosion i området omkring borehullerne (se også nærbilledet). Der kunne ikke konstateres korrosion i andre områder, såsom hele undersiden af rørledningen (foto 3). Her havde Armaflex-isoleringen effektivt forhindret spredning af korrosionen.



# SAMMENLIGNENDE PRØVNING AF FORSKELLIGE ISOLERINGSYSTEMER

Hvilke isoleringsmaterialer kan mindske risikoen for CUI i hvilket omfang? For at vurdere almindeligt anvendte isoleringssystemers modstand over for indtrængning af vanddamp og dannelse og spredning af korrosion i et miljø med høj fugtighed, anmodede Armacell det anerkendte korrosionsprøvningsinstitut InnCoa (Neustadt/Donau, Tyskland) om at udføre en yderligere prøvning.

Der blev undersøgt fem forskellige isoleringssystemer:

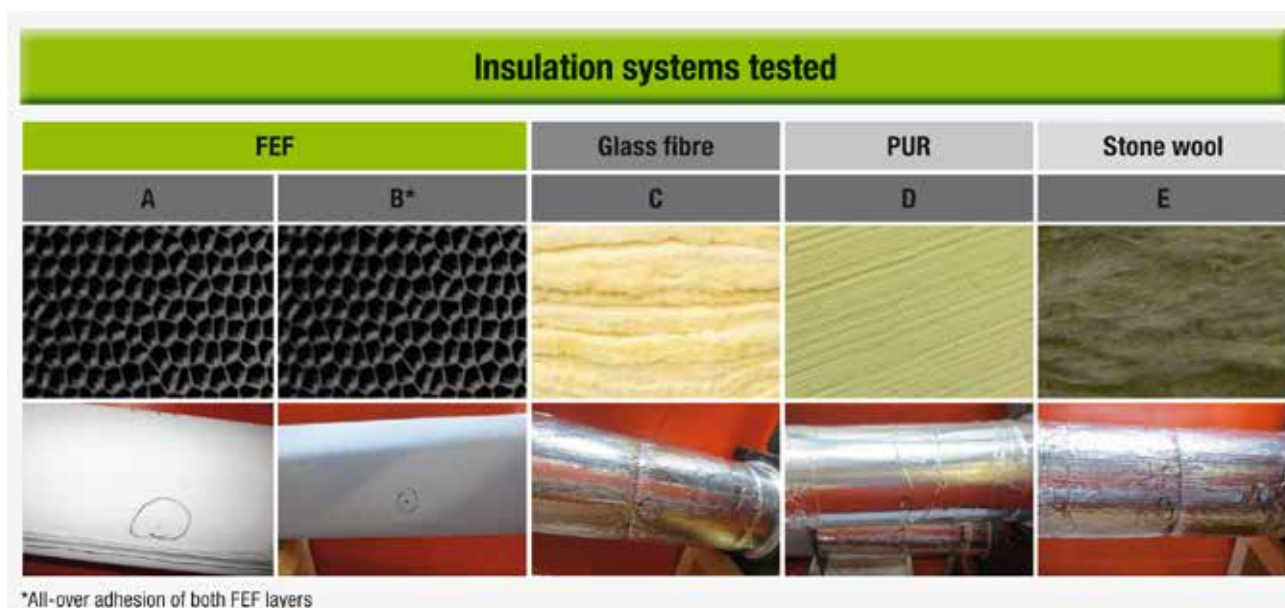
- System A: to lag af fleksibelt elastomereskum (FEF) med en fleksibel polymerafdækning (HT/Armaflex Industrial & Arma-Chek R)
- System B: som A, men med klæbemiddel over hele fladen på begge FEF-lag (HT/Armaflex Industrial & Arma-Chek R)
- System C: glasfiber med aluminiumsafdækning,
- System D: PUR med aluminiumsafdækning, og

- System E: Rockwool med aluminiumsafdækning.

## Prøvningsopsætning

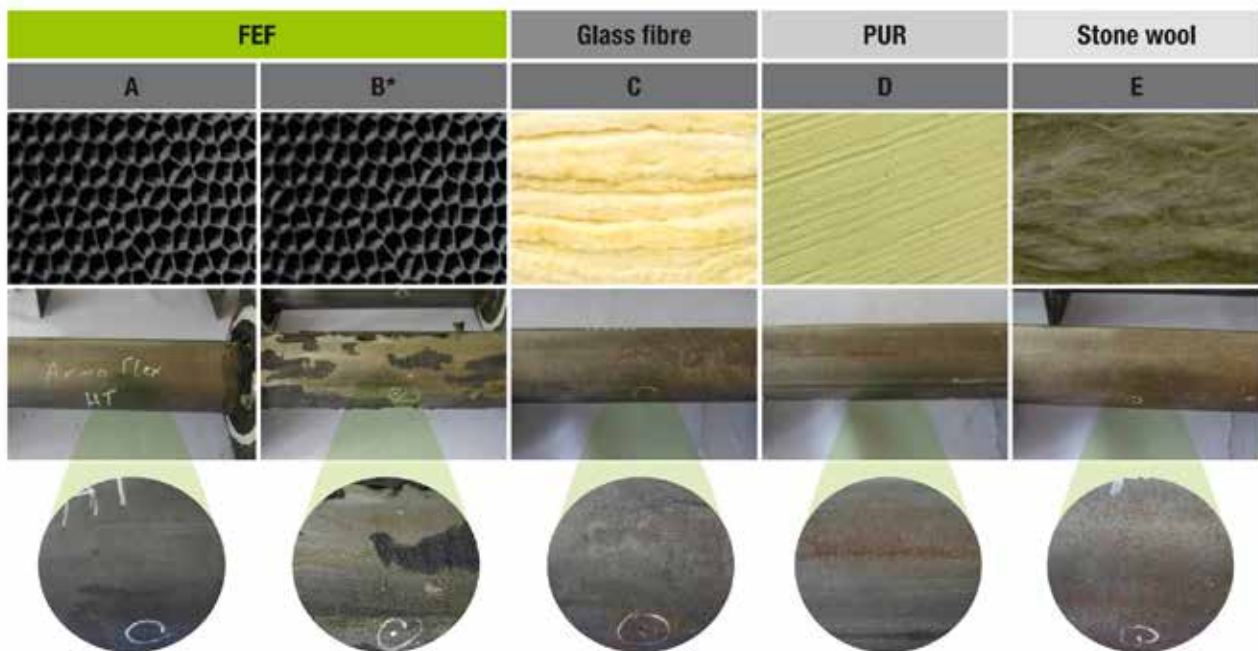
Isoleringsystemerne blev korrekt monteret på stålrørledninger og udsat for et miljø med høj fugtighed i et klimakammer. For at simulere en overfladebeskadigelse af isoleringssystemet blev der udstukket et hul med en diameter på 5 mm og en dybde på ca. 10 mm gennem afdækningen og ind i den udvendige isolering på hver af de fem prøvningsemner. Dermed sikredes det, at der kunne trænge fugt ind i isoleringen under testen.

Rørledningerne blev monteret i en seriekonfiguration med luftcirkulation. En temperatur på  $35\text{ °C} \pm 5\%$  og en relativ fugtighed på  $80\% \pm 10\%$  blev defineret som omgivende betingelser. Fugtigheden blev reguleret af to åbne beholdere med en mættet saltopløsning af svovlsur ammoniumsulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) og fire blæsere med en volumenflowhastighed på ca.  $2,5\text{ m}^3/$





## The pipe surfaces after the test



\*All-over adhesion of both FEF layers

min. Dette sikrede en god cirkulation af luften i kammeret. Vandet løb med en hastighed på ca. 27 l/min i rørledningerne for både køle- og varmecyklerne. Cirkulationsvandstrømmens temperatur blev justeret i en 24 timers cyklus mellem 5 °C og 80 °C, og cyklusserne kørte kontinuerligt i en endeløs sløjfe i prøvningens varighed.

Prøvningsbetingelserne blev opretholdt i en periode på 65 dage. I denne periode blev forholdene samt prøveemnerne kontrolleret visuelt mindst en gang dagligt via klimakammerets klare hætte (dvs. uden at åbne kammeret). Ved afslutningen af prøvningen blev isoleringssystemerne demonteret, og rørledningernes overflade blev fotograferet. Rørledningerne blev undersøgt og omfanget af korrosion vurderet. Derefter blev overfladerne klassificeret i henhold til ISO 10289. Standarden beskriver metoder til korrosionsprøvning af metalliske og andre ikke-organiske belægninger på metalliske substrater og klassificering af prøveemner og fremstillede dele efter korrosionsprøvning. Den definerer beskyttelsesklassificeringen  $R_p$  og beskyttelsesdefekterne og klassificerer udseendet i kategorien  $R_A$ . Beskyttelsesgraden  $R_p$  klassificeres på en

simpel skala fra 0 til 10. En beskyttelsesklassificering ( $R_p$ ) på 10 betyder, at 0 % af overfladen udviser korrosion eller andre fejl (bedste klassificering). En beskyttelsesklassificering ( $R_p$ ) på 0 betyder, at 50 % eller mere af overfladen udviser korrosion (dårligste klassificering).

### Corrosion protection rating ( $R_p$ ) and assessment of the appearance ( $R_A$ ) acc. to ISO 10289

Area of defects A (%)	Rating $R_p$ or $R_A$
no defects	10
$0 < A \leq 0.1$	9
$0.1 < A \leq 0.25$	8
$0.25 < A \leq 0.5$	7
$0.5 < A \leq 1.0$	6
$1.0 < A \leq 2.5$	5
$2.5 < A \leq 5.0$	4
$5.0 < A \leq 10$	3
$10 < A \leq 25$	2
$25 < A \leq 50$	1
$50 < A$	0

## Prøvningsresultater

De fem prøveemner blev klassificeret i henhold til ISO 10289, og evnen til at beskytte mod korrosion blev målt. Korrosionsprodukterne blev analyseret ved hjælp af Scanning Elektron Mikroskopi (SEM), og den kemiske sammensætning blev undersøgt med energidispersiv røntgenspektroskopi (EDX).

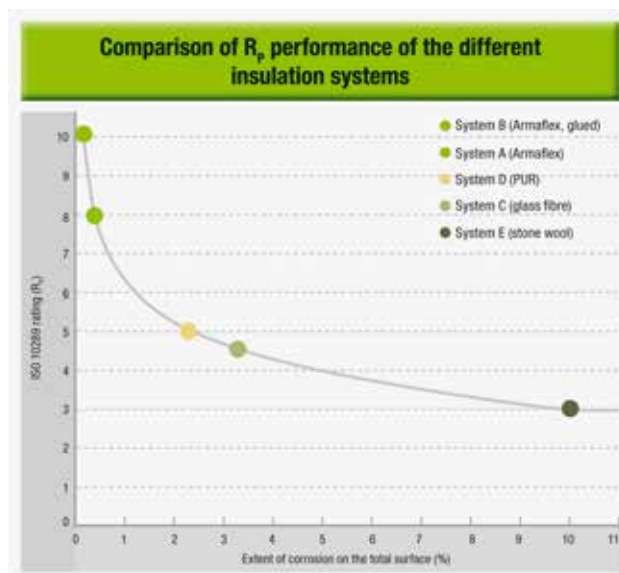
## Korrosionsbeskyttelsesklassificering for isoleringssystemer

De to FEF-isoleringssystemer klarede sig bedst i testen. Mens system A opnåede en beskyttelsesklassificering på RP 8, opnåede elastomereskummet med klæbemiddel over hele fladen (system B) den bedste klassificering på RP 10. Der blev ikke fundet tegn på korrosion på noget sted på rørledningens overflade efter 65 dages prøvning. Klæbemiddel over hele fladen af isoleringsmaterialet øger den allerede høje korrosionsbeskyttelse, der kendetegner FEF'er.

Glasfiberisoleringssystemet (system C) derimod opnåede kun en RP på 4 til 5. Der var opstået korrosion på rørledningen i området under beskadigelsen (hullet). Analysen påviste jernoxider med silikonerester (muligvis fra glasfibrene). På polyuretanisoleringen (system D) blev der registreret øget korrosion på rørledningen i området under sømmene på isoleringsskapperne. Dette viser, at sømmen er et potentielt svagt led i dette isoleringssys-

tem. System D opnåede en RP på 5. Den største korrosionsskade blev registreret på Rockwoolprøven (aftagende hen mod enden af rørledningen). Det defekte overfladeområde udgjorde mellem 5 og 10 % af den samlede rørledningsoverflade, hvilket resulterede i en RP på 3.

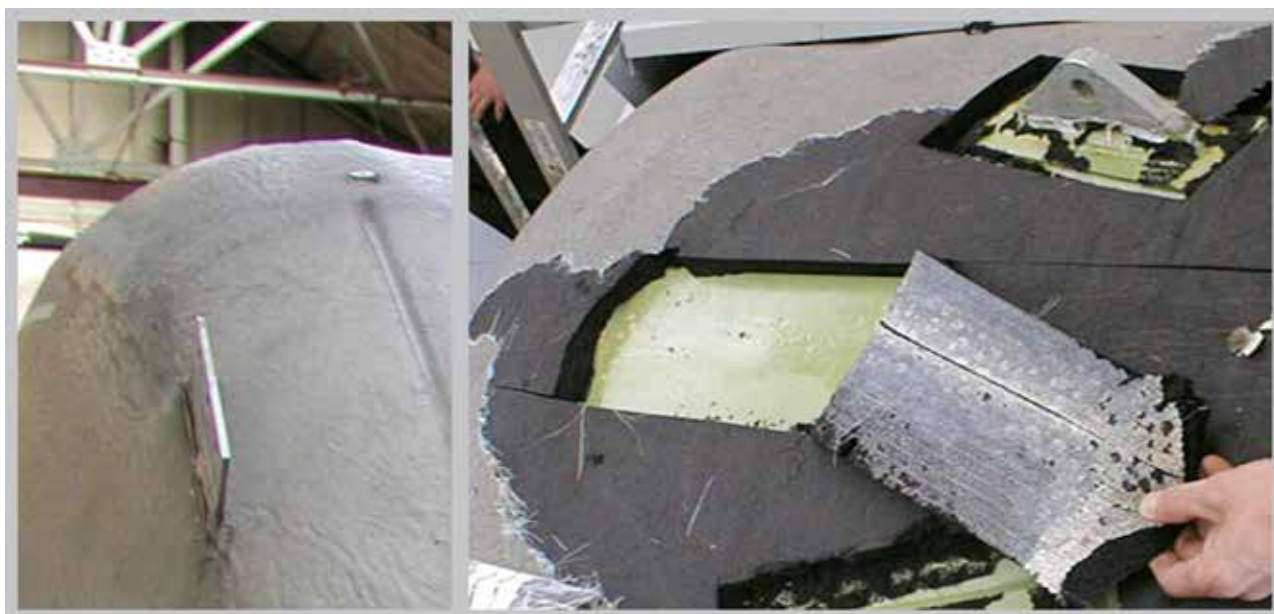
Prøvningen viste tydeligt, at fleksible elastomere skumprodukter med lukkede celler, som har en 'integreret dampspærre', tåler små defekter i beklædningen og isoleringen bedre end andre isoleringssystemer. Hvis der trænger fugt gennem disse andre isoleringssystemer og når rørledningens overflade, medfører dette normalt CUI.



**Corrosion protection ratings of the various insulation systems\***

FEF		Glass fibre	PUR	Stone wool
A	B**	C	D	E
8	10	5 - 4	5	3

\*Corrosion protection classes (R<sub>p</sub>) acc. to ISO 10289 (10 = no corrosion)      \*\*All-over adhesion of both FEF layers



Armaflex-isoleringsmaterialer mindsker risikoen for korrosion: I service blev dekompressionskammeret, der var isoleret med Armaflex og afdækket med Arma-Chek, regelmæssigt udsat for overskylning med grøn-vand. Armaflex-isoleringen blev skåret op efter aflevering af kammeret. Som det ses på billedet til højre, er kammerets metaloverflade fuldstændig fri for korrosion.

### Lang levetid for elastomere isoleringssystemer

CUI-prøvninger gennemført af uafhængige eksterne institutter bekræfter de fremragende resultater, der er opnået med Armaflex-isoleringsmaterialer gennem årtier. Isoleringsmaterialet med lukkede celler har en lav varmeledningsevne og en høj modstandsdygtighed over for vanddampdiffusion og giver anlægskomponenterne en langvarig beskyttelse mod kondensdannelse og energitab. Det meget fleksible materiale tilpasses perfekt omkring selv meget komplekse komponenter og monteres nemt under meget vanskelige forhold på byggepladsen. Som det ofte bemærkes i forbindelse med vedligeholdelsesarbejde, udviser udstyr, der er isoleret med Armaflex, ingen tegn på korrosion flere årtier efter monteringen. Interne og eksterne prøvninger har vist, at Armaflex selv efter mere end 25 års brug stadig opfylder de værdier, der blev garanteret på produktionstidspunktet. For at sikre, at isoleringssystemet fungerer pålideligt i mange år fremover, er det helt afgørende, at isoleringstykkelsen beregnes korrekt, at der anvendes systemkompatibelt tilbehør, og at materialerne monteres professionelt i henhold til producentens anvisninger.



### 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. 00429 | Part-4 Risk of CUI | 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](http://www.armacell.com).

Få mere at vide om produkterne på:  
[www.armacell.dk](http://www.armacell.dk)