

# Eristeen alla esiintyvä korroosio

Eristeen alla esiintyvä korroosio (CUI) on erityisen ikävää, sillä se havaitaan usein vasta sitten, kun laajoja vahinkoja on jo syntynyt. Riippumattomissa tutkimuksissa on todettu, että Armaflexin eristemateriaalit minimoivat eristeen alla esiintyvän korroosion riskin. Avosoluisissa eristemateriaaleissa ei ole suojausta kosteuden imeytymiseltä, joten niiden CUI-riski on suurempi.

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

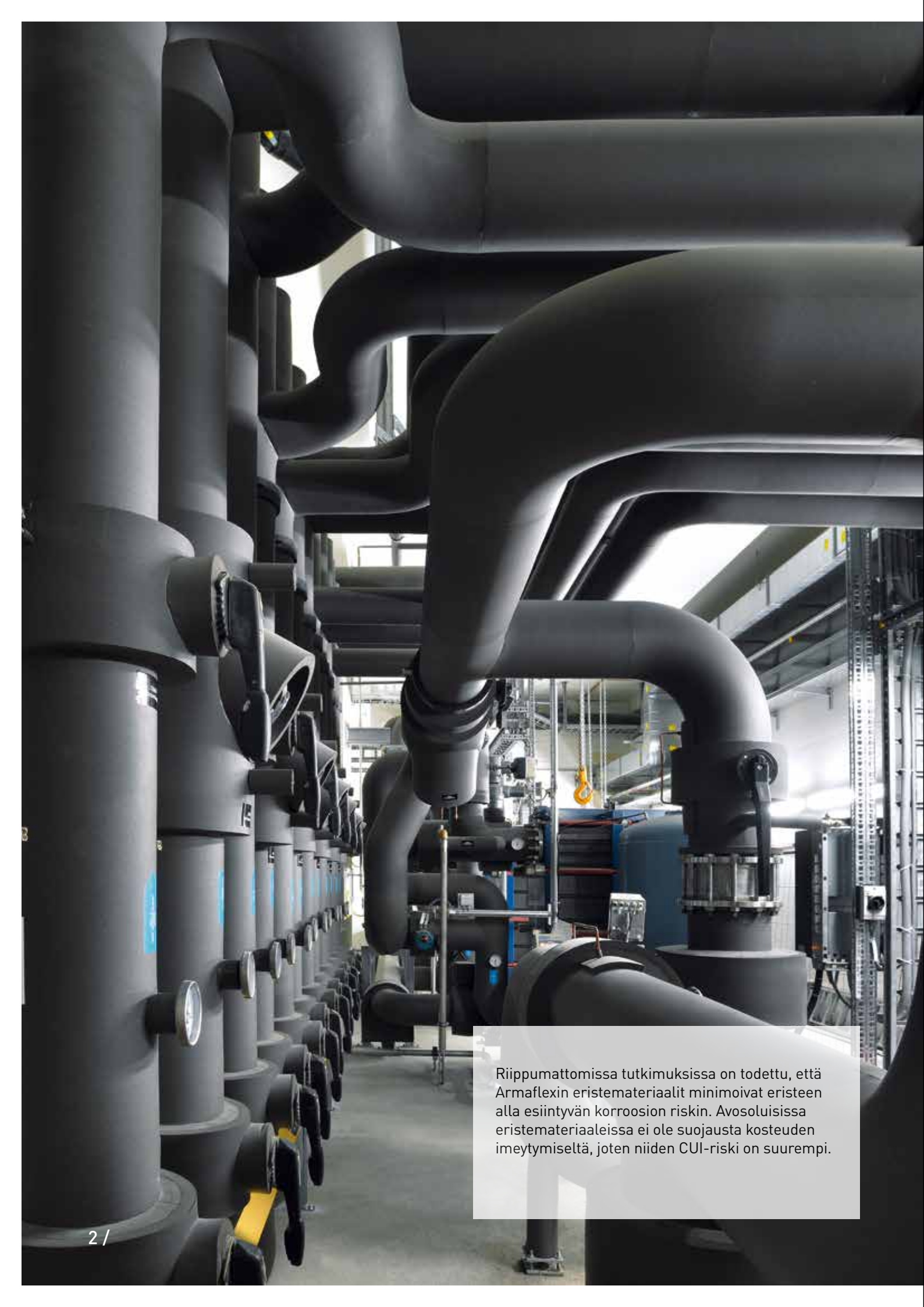


2.5  
biljoonaa  
Yhdysvaltain  
\$ arvosta  
vahinkoina



**armacell**<sup>®</sup>

MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD



Riippumattomissa tutkimuksissa on todettu, että Armaflexin eristemateriaalit minimoivat eristeen alla esiintyvän korroosion riskin. Avosoluisissa eristemateriaaleissa ei ole suojaa kosteuden imeytymiseltä, joten niiden CUI-riski on suurempi.

# RUOSTUMISEN VAARA ON ALITUINEN

Noin 40 % maailman terästuotannosta käytetään korroosion tuhoamien osien korvaamiseen. Ruostevauriot maksavat joka vuosi maailmanlaajuisesti 2,5 biljoonaa Yhdysvaltain dollaria - 3 % maailman bruttokansantuotteesta. Eristeen alla esiintyvä korroosio (CUI) on erityisen ikävää, sillä se havaitaan usein vasta sitten, kun laajoja vahinkoja on jo syntynyt. Eristemateriaalin valinnassa kriittinen kysymys on siis sen kyky suojata laitteistoa korroosiolta.

## Eristeen alla esiintyvä korroosio maksaa maailmanlaajuisesti miljardeja

Ruostetta vastaan on taisteltu jo yli 3 000 vuotta eikä taistelulle ole vielä loppua näkyvissä. Kun ihminen oppi sulattamaan rautamalmaa, hän keksi laajalle levinneen materiaalin, joka pian korvasi paljon kalliimman pronssin. Vielä nykyisinkin rauta on eräs globaalin talouden tärkeimmistä raaka-aineista. Vedelle tai kostealle ilmalle altistuessaan rauta reagoi hapen kanssa ja hapettuu. Toisin kuin kromin, alumiinin tai sinkin oksidikerros, raudan korroosiotuote – ruoste – on huokoista. Metallin hajotessa ruosteeksi se muuttuu jatkuvasti hauraammaksi, ja ruosteen suuremman tilavuuden vuoksi se voi irrota hiutaleina, kunnes koko rakenne tuhoutuu. Rautapitoisten materiaalien muuttuminen ruosteeksi aiheuttaa miljardien eurojen vahingot vuosittain. Korroosion vuosittainen hinta on noin kolmesta neljään prosenttia taloudesta – jo pelkästään Saksassa tämä on yli 70 miljardia euroa.



Noin 45 % kustannuksista – siis noin biljoona Yhdysvaltain dollaria – syntyy öljy-, kaasu- ja petrokemian teollisuudessa. Yhdysvaltalaisen American ExxonMobil Chemical Companyn mukaan 40–60 % putkistojen huoltokustannuksista on eristeen alla esiintyvän korroosion (CUI) aiheuttamaa. Tämä luku ei vielä sisällä käyttökatkosten aiheuttamia epäsuoria kustannuksia. Mineraaliöljyalan asiantuntijat arvioivat, että CUI on yleisin syy laitojen suunnittelemattomille sulkemisille, ja se aiheuttaa enemmän käyttökatkoksia kuin kaikki muut syyt yhteensä. Äärimmäisissä tapauksissa korroosion aiheuttamat vuodot voivat jopa aiheuttaa hengenvaarallisia tulipaloja tai räjähdyksiä.

### Sopivat eristysjärjestelmät pienentävät korroosion riskiä

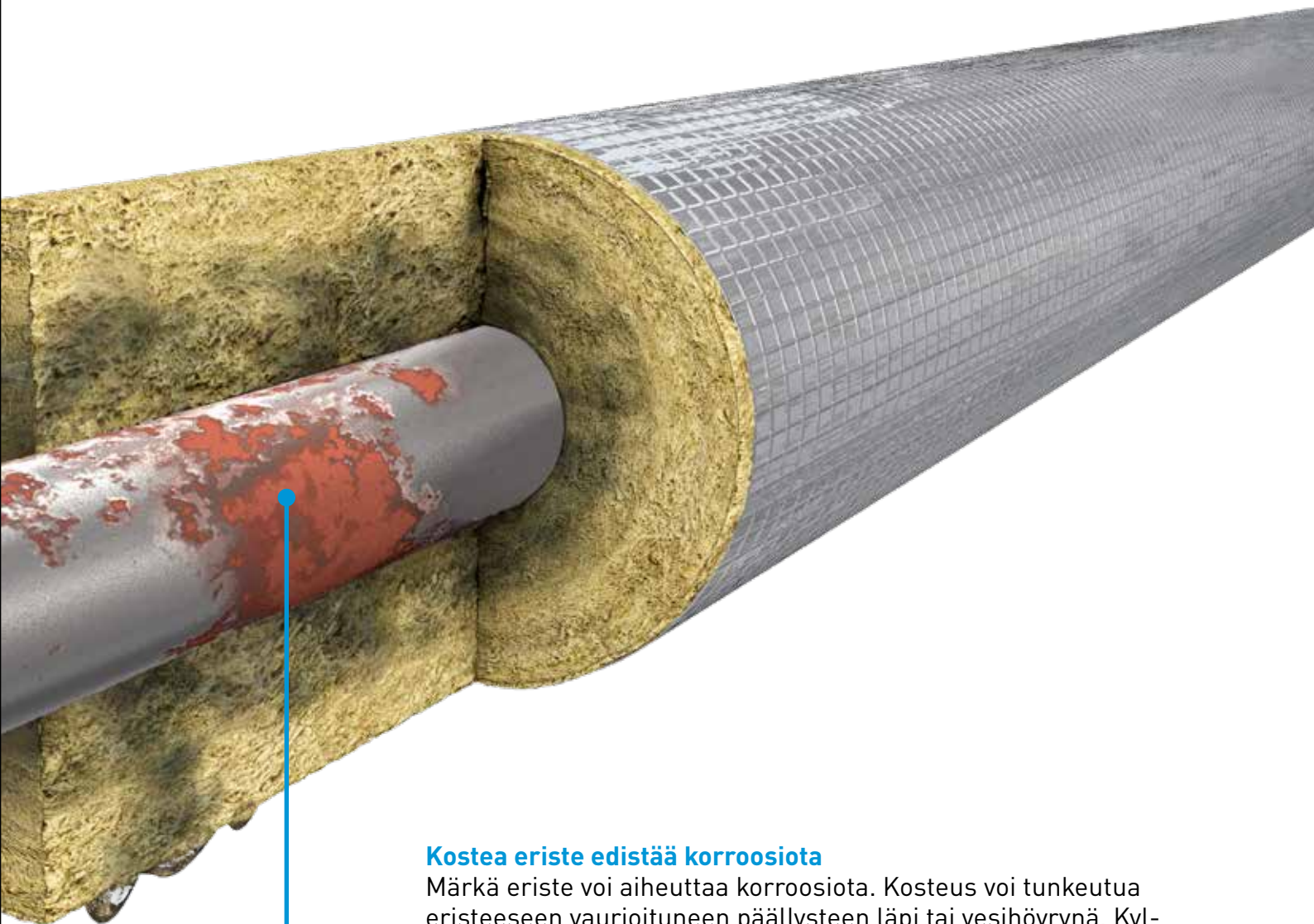
CUI on salakavala: prosessit ovat käynnissä näkymättömissä eristeen alla ja ne havaitaan usein vasta, kun laajoja vaurioita on jo päässyt syntymään. Yleensä eristeen alla olevaa korroosiota esiintyy putkissa, joiden linjalämpötila on 0–175 °C ja se on erityisen kriittistä yli 50 °C:n lämpötilassa. Riski suurenee laitteissa, joita käytetään ajoittain tai kahdessa eri lämpötilassa. Jos lämpötila vaihtelee, kondenssia voi muodostua eristemateriaaliin ja vesi saattaa päästä putkien pinnoille. Avomerellä olevien offshore-laitosten suolaisessa ilmassa on paljon suurempi riski siitä, että klorideja tai sulfaatteja sisältävä vesi pääsee eristeen läpi ja käynnistää korroosioprosessit.

Pelkkä eriste ei voi suojata laitoksen komponentteja korroosiolta, mutta sopivat eristysjärjestelmät voivat tehokkaasti tukea korroosiolta suojautumista. Materiaalin valinta määrittää, vähentääkö vai suurentako eriste korroosioprosessien riskiä.

### Eristeen alla esiintyvää korroosiota (CUI) koskevia tosiasioita:

- CUI aiheuttaa 40–60 % putkistojen yläpitokustannuksista.
- CUI on laitojen ennakoimattomien sammutusten tärkein syy ja se aiheuttaa enemmän käyttökatkoksia kuin kaikki muut syyt yhteensä.





### **Kosteaa eriste edistää korroosiota**

Märkä eriste voi aiheuttaa korroosiota. Kosteus voi tunkeutua eristeeseen vaurioituneen päällysteen läpi tai vesihöyrynä. Kylmissä putkissa kylmän väliaineen ja lämpimän ympäristön ilman välinen lämpötilaero aiheuttaa höyrynpaineen eron, joka vaikuttaa eristeeseen ulkopuolelta. Tällöin ilman sisältämä vesihöyry saattaa päästä tunkeutumaan eristekerrokseen, kondensoitumaan sinne ja kastelemaan materiaalin. Tämän seurauksena ei ole pelkästään eristeen ominaisuuksien nopea heikkeneminen ja suuret energiahäviöt; korroosioprosessit alkavat, jos vesi pääsee leviämään putken metallipinnalle ja myös ilmaa on käytettävissä.

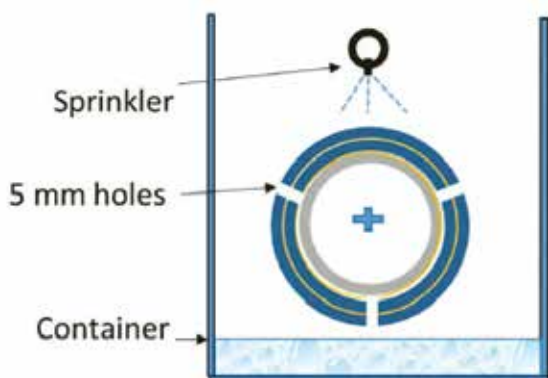
Nykyisin öljy- ja kaasuteollisuus tietävät eristysjärjestelmien ja CUI:n riskin väliset suhteet. Vaikka korroosionestojärjestelmien suorituskyvyn arvioimista varten onkin tunnustettuja standardeja ja testimenetelmiä, kansainvälisissä standardeissa ei juurikaan oteta huomioon eristemateriaalien vaikutusta CUI:hin. Tällä hetkellä ei vielä ole olemassa standardoitua menetelmää, jolla voitaisiin testata asennettujen eristysjärjestelmien suorituskykyä CUI:n riskin vähentämisessä.

# ARMAFLEX-ERISTEMATERIAALIT CUI-KESTOTESTISSÄ

Koska standardia ei ole, Armacell on tutkituttanut eristemateriaalinsa TNO-ENDURES-testilaitoksen (Den Helder, Alankomaat) kansainväliselle kaas- ja öljy-yritys Shellille kehittämässä testissä. Tämä testi on yleisesti tunnustettu öljy- ja kaasuteollisuudessa.

## Testijärjestely

Armaflexin materiaalit altistettiin standardoidussa testissä pahimmalle mahdolliselle kohtelulle: eristetylle, seostamattomalle teräsputkelle, jonka linjalämpötila oli 80 °C, ruiskutettiin jatkuvasti lämmintä suolavettä. Puolet putkesta eristettiin kahdella Armaflex-levyjen kerroksella, joista kumpikin oli paksuudeltaan 25 mm (tapaus A). Putken toinen puoli valmistettiin samalla tavalla ja päällystettiin sitten lasikuituisella sääsuojauksella (tapaus B). Vikatilanteen simuloimiseksi tapauksessa A porattiin useita reikiä koko



TNO/ENDURESin tekemän CUI-testin testijärjestelyt

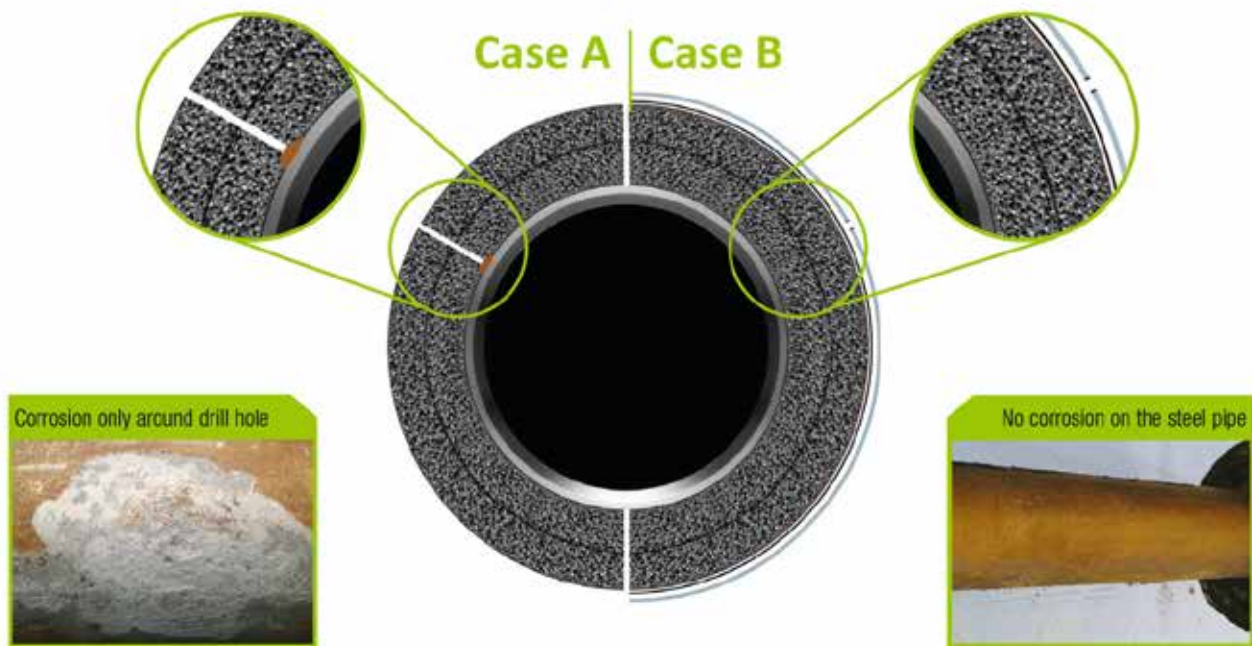
eristeen paksuuden läpi. Tapauksessa B taas reiät porattiin tarkoituksella ainoastaan päällysteen läpi ja eriste jätettiin ehjäksi. Kummassakin tapauksessa varmistettiin, että vesi pääsee tunkeutumaan eristeen läpi. Nämä korroosion muodostumiselle ihanteelliset olosuhteet pidettiin yllä kuuden kuukauden ajan.

## Testin tulokset

Testivaiheen jälkeen näytteet tutkittiin huolellisesti. Tapauksessa A esiintyi kondenssia odotetusti – mutta prosessit rajoituivat porausreikien välittömään läheisyyteen. Korroosiosta ei ollut jälkiä putken muilla osilla, koko alapuoli mukaan lukien. Suolavesi ei siis ilmeisesti ollut päässyt näille alueille. Odotukset ylittyivät myös toisessa tutkimuksessa tapauksessa, jossa reiät oli porattu ainoastaan päällysteeseen. Vaikka sisempi eristekerros tuntui testin lopussa kostealta, sisempi eristekerros oli täysin kuiva. Teräsputkella ei havaittu korroosiota. Armaflex-eriste oli estänyt kosteuden pääsyn putken pinnalle.

Fysikaalisesti tämän huomattavan tuloksen voi katsoa aiheutuvan umpisoluisen eristemateriaalin "sisäisestä höyrystelystä". Testi osoitti vakuuttavasti, että Armaflex vähentää CUI-prosesseja vaativimmisakin olosuhteissa. On kuitenkin huomautettava, että tässä testissä korroosioprosessit aiheutettiin tarkoituksella. Ympäristöolosuhteet tai Armaflex-materiaalille aiheutuneet vauriot eivät vastanneet todellisia käyttöolosuhteita.

Mitkä eristemateriaalit voivat vähentää CUI:n riskiä ja missä määrin? Armacell pysyi tunnettua korroosioalan asiantuntijainstituuttia, InnCoaa (Neustadt/Donau,



Päällysteen suurista vaurioista huolimatta tapauksen B putkessa ei ole havaittavia jälkiä korroosiosta. Tapauksessa A korroosiota löytyi odotetusti. Korroosioprosessit kuitenkin rajoittuivat porausreikien välittömään läheisyyteen.



Tapauksen A tahallisesti aiheutettu korrosio oli havaittavissa ainoastaan porausreikien lähellä (katso myös lähikuvat). Muilla alueilla, kuten putken koko alapinnalla, ei korroosiota ollut havaittavissa (valokuva 3). Tässä Armaflex-eriste on tehokkaasti estänyt korroosion leviämisen.

# ERI ERISTYSJÄRJESTELMIEN VERTAILUTESTI

Saksa) arvioimaan yleisesti käytössä olevien eristysjärjestelmien vesihöyryn tunkeutumsvastusta ja korroosion alkamisen ja leviämisen estämistä.

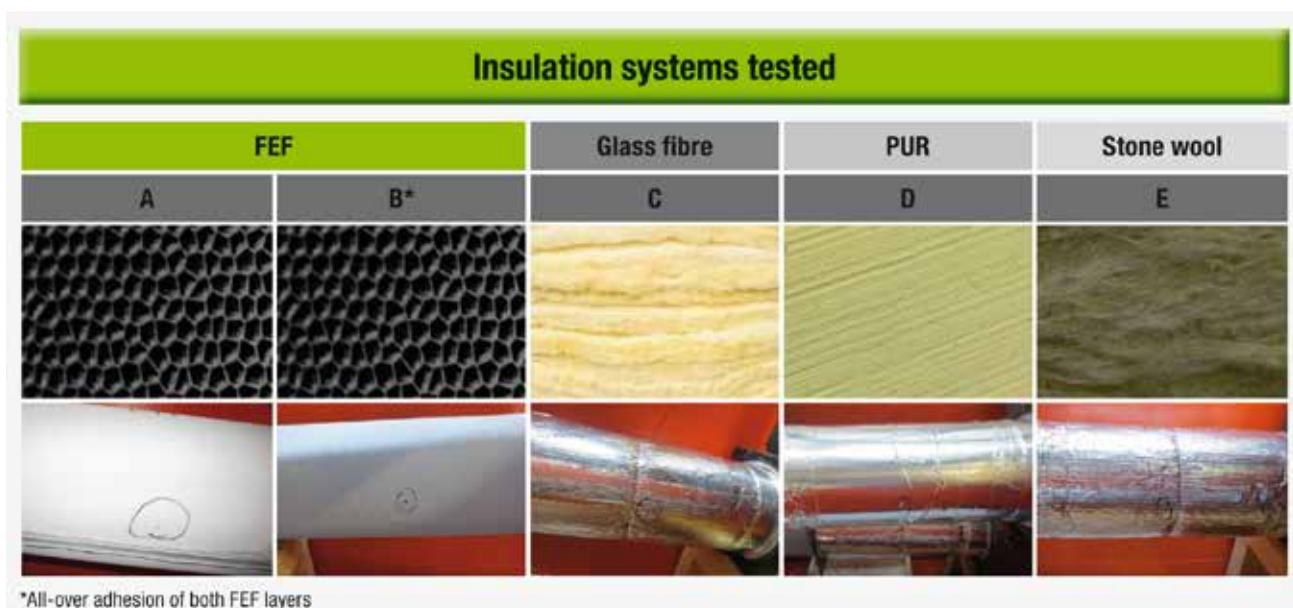
Testissä tutkittiin viittä erilaista eristysjärjestelmää:

- Järjestelmä A: kaksi kerrosta joustavaa elastomeerivaahtoa (FEF) joustavan polymeeripäällysteen (HT/ Armaflex Industrial ja Arma-Chek R) kanssa
- Järjestelmä B: kuten A, mutta kummankin FEF-kerroksen (HT/Armaflex Industrial ja Arma-Chek R) liimaus koko alalta
- Järjestelmä C: alumiinipäällystetty lasikuitu,
- Järjestelmä D: alumiinipäällystetty PUR, ja
- Järjestelmä E: alumiinipäällystetty kivivilla.

## Testijärjestely

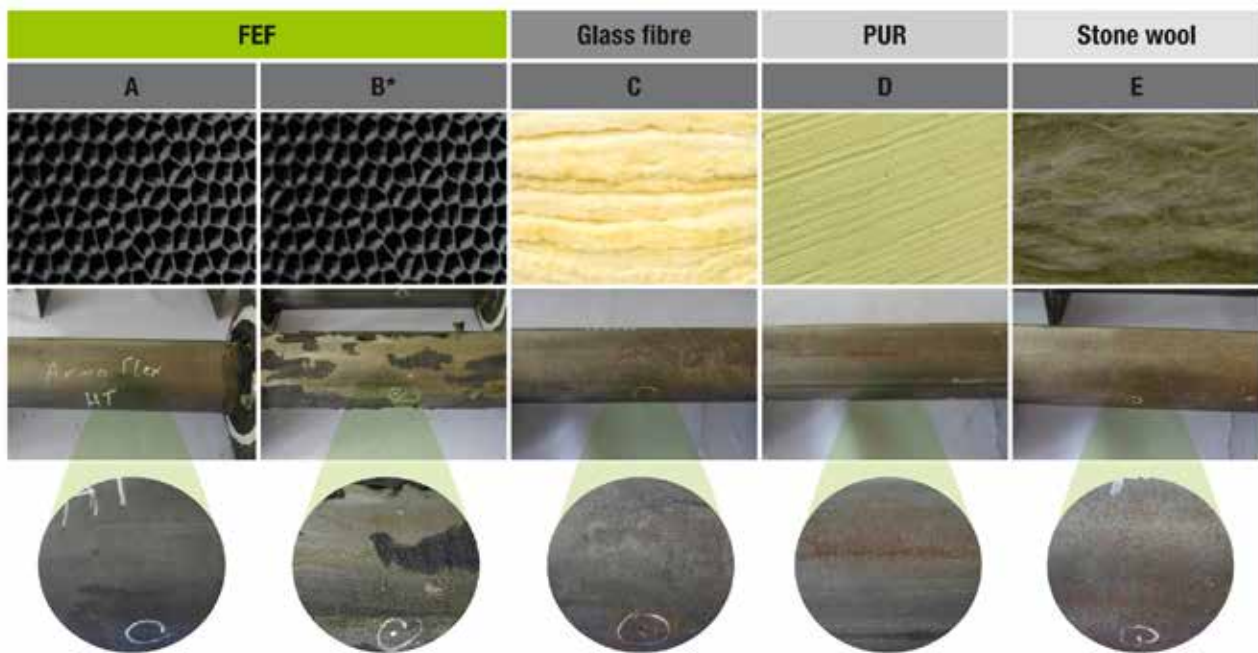
Eristysjärjestelmät asennettiin teräsputkille oikein ja ne altistettiin sääkammiossa kostealle ympäristölle. Eristysjärjestelmän vaurion simuloimiseksi kunkin viiden testikohteen päällysteen läpi lyötiin ulompaan eristeeseen asti halkaisijaltaan 5 mm oleva reikä noin 10 mm:n syvyyteen. Tämä varmisti, että kosteus pääsi tunkeutumaan testin aikana eristeeseen.

Putket asennettiin sarjakonfiguraatioon ilmankierron kanssa. Ympäristön lämpötilaksi määritettiin  $35\text{ °C} \pm 5\%$  ja suhteelliseksi kosteudeksi  $80\% \pm 10\%$ . Kosteutta säädettiin kahdella kylläistä ammoniumsulfaattiliuosta  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  sisältävällä astialla ja neljällä puhaltimella, joiden tilavuusvirtaus oli noin  $2,5\text{ m}^3/\text{min}$ . Tämä varmisti, että ilman kierto kammiossa oli riittävää. Veden virtaus putkissa oli noin 27 litraa minuutissa sekä jäähdytys- että lämmitysjakson aikana. Kiertävän veden lämpötilaa säädettiin 24 tunnin jaksoissa  $5\text{ °C:n}$  ja  $80\text{ °C:n}$  välillä ja jaksoja suoritettiin jatkuvasti koko testin ajan.





## The pipe surfaces after the test



\*All-over adhesion of both FEF layers

Testiolosuhteita pidettiin yllä 65 päivän ajan. Tänä aikana olosuhteet ja näytteet tarkistettiin visuaalisesti vähintään kerran päivässä sääkammion läpinäkyvän suojuksen kautta kammiota avaamatta.

Testin lopussa eristysjärjestelmät purettiin ja putkien pinta valokuvattiin. Putket tutkittiin ja korrosio arvioitiin. Tämän jälkeen pinnat luokiteltiin standardin ISO 10289 mukaisesti. Standardi kuvaa metallisten ja muiden epäorgaanisten päällysteiden korroosiotestimenetelmät metallisilla substraateilla ja korroosiotestattujen testinäytteiden sekä valmistettujen tuotteiden luokittelun. Se määrittää suojausluokan  $R_p$  sekä suojauksen viat ja arvioi ulkoasun luokassa  $R_A$ .

Suojausluokka  $R_p$  luokitellaan yksinkertaisella asteikolla 0–10.  $R_p$ -luokka 10 tarkoittaa, että 0 %:lla pinnasta näkyy korrosiota tai muita vikoja (paras luokka).  $R_p$ -luokka 0 tarkoittaa, että vähintään 50 %:lla pinnasta on korrosiota (huonoin luokka).

### 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

## Testin tulokset

Viisi näytettä arvioitiin standardin ISO 10289 mukaisesti ja korroosiolta suojaamisen kapasiteetti arvioitiin. Korroosiotuotteet analysoitiin pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM) ja kemiallinen koostumus tutkittiin energiadiispersiivisellä röntgenspektroskopiolla (EDX).

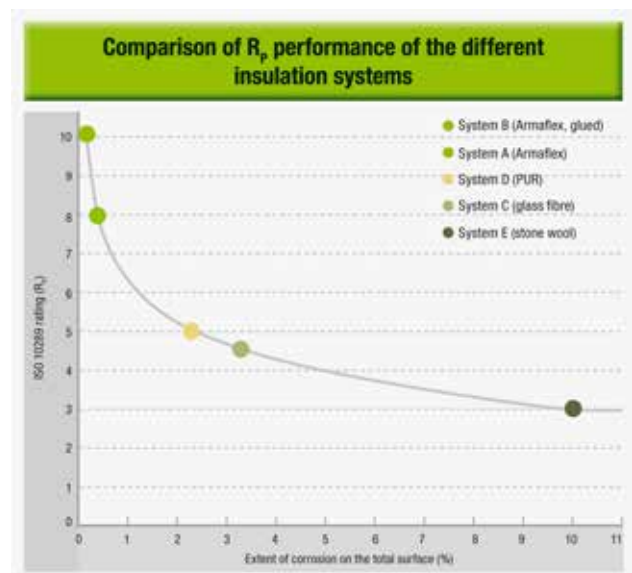
## Eristysjärjestelmien korroosiosuojausluokat

Kaksi FEF-eristysjärjestelmää toimivat testissä parhaiten. Järjestelmä A sai suojausluokan RP 8, mutta koko alaltaan liimattu elastomeerivahto (järjestelmä B) sai jopa korkeimman mahdollisen arvostelun, RP 10. Putken pinnan miltään kohdalta ei löytynyt merkkejä korroosiosta 65 päivän testauksen jälkeen. Eristemateriaalin liimaaminen koko pinnaltaan parantaa FEF-materiaalien jo ennestään hyvää korroosiosuojausta.

Lasikuituisen eristysjärjestelmän (järjestelmä C) RP-luokka taas oli ainoastaan 4–5. Korroosiotuotteita oli muodostunut putkelle reiän alla olevalle alueelle. Analyysissä havaittiin rautaoksideja ja hieman piitä, mahdollisesti lasikuiduista. Polyuretaanieristeen (järjestelmä D) tapauksessa putkistossa havaittiin korroosion lisääntymistä eriste-vaippojen sauman alla olevalle alueella. Tämä ilmaisee, että sauma on tämän eristysjärjestelmän mahdollisesti heikko kohta. Järjestelmä D saavutti RP-arvon 5. Suurin korroosioaurio havaittiin kivivil-

lanäytteessä, ja siinä korroosio lisääntyi putken päätä kohti. Vikojen pinta-ala oli 5–10 % putken kokonaispinta-alasta, jolloin RP-luokaksi tuli 3.

Testissä ilmeni vakuuttavasti, että umpisoluiset joustavat elastomeerivaahdot, joissa on "integroitu höyrösulku", kestävät muita eristysjärjestelmiä paremmin päällysteen ja pinnoitteen pieniä vikoja. Jos kosteus pääsee tunkeutumaan näihin muihin eristysjärjestelmiin ja se pääsee putken pinnalle, eristeen alle yleensä muodostuu korroosiotuotteita.



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



Armaflexin eristysmateriaalit pienentävät korroosion riskiä: käytön aikana Armaflexillä eristetty ja Arma-Chekillä päällystetty painekammio altistui säännöllisesti yli aaltoilevalle merivedelle. Kun painekammio poistettiin käytöstä, Armaflex-eriste leikattiin auki. Kuten oikealla olevassa kuvassa näkyy, kammion metallipinnassa ei ole lainkaan korroosiota.

### Elastomeerieristejärjestelmien pitkä käyttöikä

Riippumattomien ulkoisten tutkimuslaitosten tekemät CUI-testit vahvistavat Armaflex-eristemateriaaleilla jo vuosikymmenien ajan saavutetut erinomaiset tulokset. Umpisolainen eristemateriaali, jonka lämmönjohtavuus on alhainen ja vesihöyryn läpäisyvastus korkea, tuottaa laitoksen komponenteille kestävän suojauksen kondenssia ja energiahäviöitä vastaan. Koska materiaali on erittäin joustavaa, se muotoutuu hyvin monimutkaistenkin komponenttien ympärille ja se on helppo asentaa vaativissa työmaaolosuhteissa. Kuten huoltotöiden aikana on havaittu, Armaflexillä eristetyissä laitteissa ei ole korroosion jälkiä edes kymmeniä vuosia asennuksen jälkeen. Sisäisissä ja ulkoisissa testeissä on havaittu, että vielä 25 vuotta asennuksen jälkeen Armaflexin arvot ovat valmistusaikana luvattujen mukaiset. Eristysjärjestelmän luotettavan toiminnan takaamiseksi tulevien vuosien ajaksi on tärkeää, että eristeen paksuus lasketaan oikein, käytetään järjestelmän kanssa yhteensopivia tarvikkeita ja materiaalit asennetaan ammattimaisesti, valmistajan ohjeiden mukaisesti.



### KIRJOITTAJA

**Georgios Eleftheriadis**

Armacell Manager Technical Marketing EMEA

Kaikki tiedot ja tekniset erittelyt perustuvat tuloksiin, jotka on saatu testausstandardeissa määritellyissä olosuhteissa. Tuotteen sopiminen kulloiseenkin käyttökohteeseen on asiakkaan vastuulla. Asiakas on vastuussa myös ammattimaisesta ja oikeasta asennuksesta ja rakennusmääräysten noudattamisesta. Armacell on tehnyt parhaansa varmistaakseen, että tämän asiakirjan tiedot ovat paikkansapitäviä, ja kaikkien tässä asiakirjassa olevien lausuntojen, teknisten tietojen ja suositusten uskotaan olevan oikeita julkaisuhetkellä. Tilaamalla/vastaanottamalla tuotteita hyväksyt **Armacellin yleiset myyntiehdot**, jotka ovat voimassa alueellasi. Pyydä kopio myyntiehdosta, mikäli et ole vielä saanut niitä.

© Armacell, 2020. © ja TM ovat Armacell Groupin tavaramerkkejä ja ne on rekisteröity Euroopan unionissa, Amerikan yhdysvalloissa ja muissa maissa.  
00432 | Part-4 Risk of CUI | KnowHow | 102020 | EMEA | FI

## TIETOA ARMACELLISTA

---

Armacell, laitteiden eristykseen tarkoitetun joustavan vaahdon keksijä ja teknisten vaahtojen johtava toimittaja, kehittää innovatiivisia ja turvallisia termisiä, akustisia ja mekaanisia ratkaisuja, jotka luovat lisäarvoa Armacellin asiakkaille. Armacellin tuotteet edistävät globaalia energiatehokkuutta ja tuottavat käyttäjilleen kestäväää arvoa joka päivä. Yrityksellä on 3 100 työntekijää 24 tuotantolaitoksessa 16 eri maassa. Yrityksellä on kaksi päätoimialaa: kehittynyt eristys ja tekniset vaahtot. Armacell keskittyy teknisten laitteiden eristemateriaaleihin, tehokkaiisiin vaahtoihin, joita käytetään high tech-sovelluksissa ja kevyissä sovelluksissa ja uuden sukupolven aergeeli eristehuopateknologiaan. Lisätietoja: [www.armacell.com](http://www.armacell.com).

Saat lisätietoja vierailemalla osoitteessa:  
[www.armacell.fi](http://www.armacell.fi)