

Isoleringsløsninger og sikkerhetsmessige utfordringer i et historisk perspektiv

Dato: 2018-01-26 | **Rapportnr:** 2017/957

RAPPORT

Rapportnr:	2017/957
Dokumentnr (internt):	186480-REP-001
Versjon:	A
Dato:	2018-01-26
Oppdragsgiver:	Petroleumstilsynet
Konfidensialitet:	Offentlig
Status:	Utgitt for bruk

OCEANEERING

Integrity
Otto Nielsens veg 12
7052 Trondheim

Tlf: (47) 56 31 60 00
www.oceaneering.com

Navn	Signatur	Utarbeidet	Gjennomgått	Godkjenning
Øyvind Ryen		X		
Jan Følling m.fl			X	
Kjersti Husby Løken				X

SAMMENDRAG

En historisk oversikt over isoleringsløsninger brukt i norsk petroleumsindustri siden oppstarten rundt 1970 er presentert. Rapporten fokuserer på de mest brukte og tidstypiske løsningene, og på sikkerhetsutfordringer knyttet til korrosjon under isolasjon (KUI). Utviklingen i bransjen gjennom disse årene har gått i retning av større oppmerksomhet rundt KUI-problematikken, samt andre utfordringer som HMS, vekt og plass. I hovedtrekk har det beveget seg fra fiberisolasjon installert rett på overflatene, via celleglass som førstelagsisolasjon, til aerogel og noe bruk av avstandsisolering. I tillegg har det vært en utvikling i overflatebehandling og materialvalg, fra bruk av umalt karbonstål til stadig mer korrosjonsbestandige legeringer, mer holdbare malingsprodukter og metallisering.

Likevel er det stor grad av bekymring for tilstanden til aldrende isolert utstyr. Dette skyldes i stor grad erkjennelsen av at ingen isoleringsløsninger er vanntette. Tilstandskontroll og rehabilitering gjøres i varierende grad, og er gode verktøy for å avdekke skadet isolasjon og områder med forhøyet fare for KUI på eksisterende installasjoner. Prioritering av dette arbeidet kan forbedres gjennom risikovurderinger for å sikre at integriteten av viktige systemer ivaretas. Mye kan også gjøres for å hindre vanninntrenging i isolasjonen ved å sikre kvaliteten i det utførende ledd, enten det dreier seg om kontraktsform, partssamarbeid eller kompetanse. Samtidig bør alle som er involvert i isolasjon ta høyde for at vann kan trenge inn, og derfor planlegge seg bort fra problemet eller bygge robuste løsninger som minimerer risikoen for KUI. Det mest effektive tiltaket er å redusere omfanget av isolasjon så langt det er mulig. Dersom isolasjon er nødvendig vil mye av risikoen tas bort gjennom å tillate vannet å dreneres unna de isolerte overflatene ved hjelp av avstandselementer og dreneringsplugg.

ENGLISH SUMMARY

A historical overview of insulation solutions used in the Norwegian petroleum industry since the start-up around 1970 is presented. The report focuses on the most used solutions typical for its time, and on safety challenges related to corrosion under insulation (CUI). The trend in the industry over these years has led to greater awareness of the CUI problem, as well as other challenges such as HSE, weight and space. In essence, there has been a development from fiber insulation installed directly on the surfaces, via cellular glass as a first-layer insulation, to aerogel and some use of distance insulation. In addition, there has been a development in surface treatment and materials selection, from the use of uncoated carbon steel to increasingly more corrosion-resistant alloys, more durable paint products and metallization.

Nevertheless, there is a great deal of concern about the state of aging insulated equipment. This is largely due to the recognition that no insulation solutions are watertight. Condition control and rehabilitation are done to varying degrees, and are good tools for detecting damaged insulation and areas with increased risk of CUI on existing installations. Prioritization of this work can be improved through risk assessments to ensure that the integrity of important systems is maintained. Much can be done also to prevent water ingress into the insulation by ensuring the quality of the execution, whether it is about contractual aspects, partnership or competence. At the same time, anyone involved in insulation should take into account that water can find its way in, thus design away from the problem or build robust solutions that minimize the risk of CUI. The most effective measure is to reduce the extent of insulation as far as possible. If insulation is necessary, much of the risk will be eliminated by allowing the water to drain away from the insulated surfaces using spacers and drainage plugs.

INNHold

SAMMENDRAG.....	iii
1. INNLEDNING	6
1.1. Formål	6
1.2. Isoleringsfunksjon	6
1.3. Sikkerhetsutfordringer knyttet til isolasjon og KUI.....	7
1.4. Andre utfordringer ved isolering	8
2. OVERSIKT HISTORISK UTVIKLING	9
2.1. Generell utvikling	9
2.2. Sikkerhetsutfordringer ved tidstypiske løsninger	9
2.3. Oversikt isolasjonsmaterialer.....	10
2.4. Oversikt kapslingsmaterialer	12
2.5. Oversikt isoleringsløsninger	12
3. BESKRIVELSE AV ISOLERINGSLØSNINGER	15
3.1. Mineralull, eventuelt med bly.....	15
3.2. Kalsiumsilikat, eventuelt med asbest.....	17
3.3. Keramiske fiber	18
3.4. AES-fiber.....	18
3.5. Avstandsisolering med mineralull.....	19
3.6. Celleglass-løsninger.....	20
3.7. Celleglass totalløsning.....	25
3.8. Cellegummi	25
3.9. Skumisolasjon	26
3.10. Isolasjonspalter for brann.....	27
3.11. Isolasjonspalter for termisk og støy.....	28
3.12. Isolasjonskasser.....	29
3.13. Personellbeskyttelse	32
3.14. Støykassetter.....	32
3.15. Gjennomføringer.....	33
3.16. Sprøytet brannisolasjon	34
4. BESKRIVELSE AV LØSNINGER FOR OVERFLATEBEHANDLING	36
4.1. Karbonstål	36
4.2. Rustfritt stål.....	36
5. NYE LØSNINGER FOR ISOLASJON OG OVERFLATE	37
5.1. Polyuretanskum totalløsning	37

5.2.	Aerogel	37
5.3.	Celleglass totalløsning med avstandselementer.....	38
5.4.	Boltkopper	39
5.5.	Brannpanel	39
5.6.	Overflateløsninger	40
6.	UTFØRELSE, OPPFØLGING OG REHABILITERING	41
6.1.	Utfordringer under utførelse	41
6.2.	Oppfølging.....	42
6.3.	Tilstandskontroll og inspeksjon.....	43
6.4.	Rehabilitering og levetidsforlengelse.....	44
7.	TILTAK FOR RISIKOREDUKSJON OG LEVETIDSFORLENGELSE	46
7.1.	Tiltak for å redusere omfanget av isolasjon.....	46
7.2.	Tiltak for å forbedre løsninger	47
7.3.	Prinsipielle tiltak.....	49
7.4.	Kontrollspørsmål vedrørende isolasjon.....	50
8.	REFERANSER	51

FORKORTELSER

AES	Alkalisk jordsilikat
CSCC	Klorindusert spenningskorrosjon
FROSIO	Faglig Råd for Opplæring og Sertifisering av Inspektører innen Overflatebehandling
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
ISO	Isolering, stillas og overflatebehandling
KUI	Korrosjon under isolasjon
LCC	Livssyklus kostnad
NDT	Ikke-destruktiv testing
PA	Lydanlegg (Public Address)
PBB	Passiv brannbeskyttelse
PUF	Polyuretanskum
PVC	Polyvinylklorid
RBI	Risikobasert inspeksjon
TSA	Termisk sprøytet aluminium
UV	Ultrafiolett

DEFINISJONER

Funksjon	Formålet med isolasjonen, dvs. det den skal isolere mot.
Isoleringsløsning	Materialbruk og kombinasjon av ulike produkter som til sammen oppfyller et funksjonskrav til isolasjon.
Korrosjon under isolasjon	Korrosjonsfenomen som oppstår på isolerte flater.

1. INNLEDNING

1.1. Formål

Formålet med denne rapporten er å gi en fremstilling av isoleringsløsninger i norsk petroleumsindustri siden oppstarten rundt 1970. Fokuset ligger på de mest brukte og tidstypiske løsningene og sikkerhetsutfordringer ved dem. Rapporten belyser både egenskaper og utfordringer knyttet til de respektive løsninger, herunder også overflatebehandling under isolasjon. Den berører i tillegg aspekter knyttet til utførelse, oppfølging og rehabilitering, samt risikoreduksjon og levetidsforlengelse. Omfanget er begrenset til topside-installasjoner og landanlegg, mens løsninger spesifikke for undervannsinstallasjoner ikke berøres.

Rapporten baserer seg på kunnskap og erfaring innen isolasjon og overflate opparbeidet i Oceaneering. Dette gjenspeiler praksis som i stor grad har vært gjeldende på installasjoner som sorterer innunder de store operatørene. Rapporten tilstreber å dekke eventuelle betydelige forskjeller til andre operatører ved hjelp fra eksterne kilder. Videre bemerkes det at antall aktører innen isolasjonsfaget i disse nesten 50 årene er mange. Det presiseres at rapporten således ikke kan forventes å gi en fyllestgjørende oversikt over absolutt alle mulige løsninger benyttet opp gjennom tidene. Rapporten er heller ikke utarbeidet med det formål å gi endelige konklusjoner på noen deler av isolasjonsfaget.

1.2. Isoleringsfunksjon

Både rørsystemer, beholdere og strukturer isoleres, og formålet med isoleringen defineres av funksjonen. Isoleringsløsninger er i denne rapporten delt inn etter følgende hovedfunksjoner:

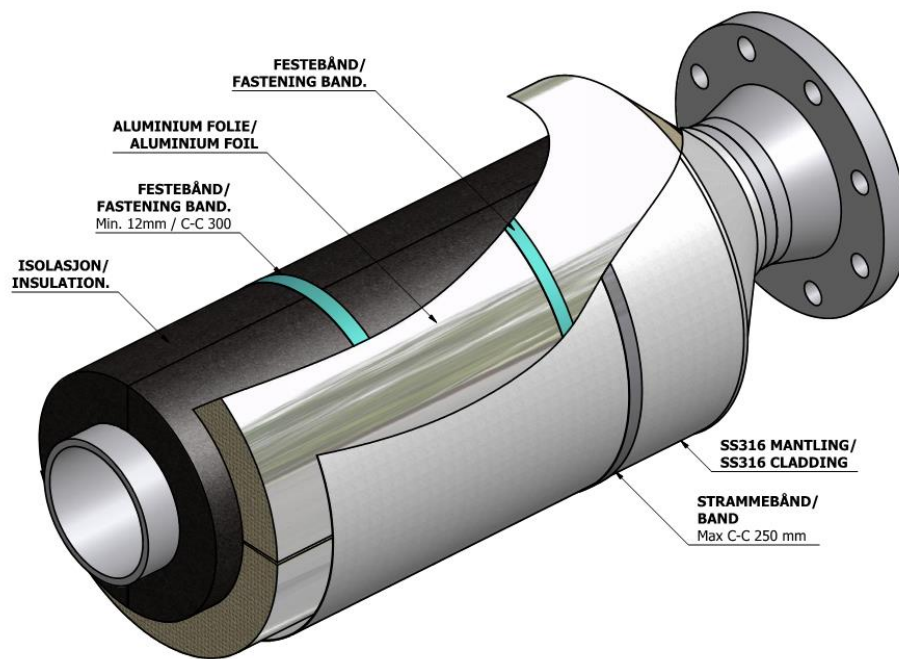
- Brannisolasjon
 - Med formål å hindre eller forsinke tap av integritet av rør eller strukturer pga. brann.
- Termisk isolasjon
 - Med formål å sikre optimal operasjon og/ eller beskyttelse av personell.
 - Det skilles gjerne mellom varmebevaring, kuldebevaring, frostbeskyttelse, anti-kondensering/-ising og personellbeskyttelse.
- Støyisolasjon
 - Med formål å redusere støybelastning på personell.
- Isolasjon av gjennomføringer
 - Benyttes i dekk og vegg for å hindre spredning av brann mellom områder.

I noen tilfeller tilstrebes flere funksjoner dekket av samme isoleringsløsning.

Isolasjonsklasser brukes i stor grad i industrien, f.eks. i henhold til NORSOK R-004 [1] eller operatørspesifikke inndelinger. Det er verdt å merke seg at slik klassifisering ikke er entydig definert i industrien, og må derfor brukes med noe varsomhet.

Isolasjon utformes i mange ulike varianter avhengig av funksjonen og objektet. Et eksempel på en vanlig oppbygging på rør er vist i Figur 1, her med to isolasjonslag, hvor det ytterste er kledd i

aluminiumsfolie, samt kapsling i rustfritt stål. De to isolasjonslagene kan ha ulik funksjon, f.eks. termisk og brann. Aluminiumsfolien fungerer her som en innpakning av andrelagsisolasjonen, mens kapslingen beskytter mot vanninntrenging fra ytre miljø.



Figur 1 – Eksempel på oppbygging av isolasjonssystem på rør, her to lag isolasjon med aluminiumsfolie og kapsling i rustfritt stål.

1.3. Sikkerhetsutfordringer knyttet til isolasjon og KUI

Isolasjon er gjerne forbundet med fenomenet *korrosjon under isolasjon* (KUI), som vist i eksemplene i Figur 2. I kombinasjon med tids- og kostnadskrevende oppfølging og vedlikehold kan KUI gi noen sikkerhetsmessige utfordringer. KUI er i de fleste tilfeller et skjult problem siden selve korrosjonen dekkes av isolasjonen. Dermed oppdages det som oftest ikke ved generell visuell inspeksjon, men krever enten avisolering eller spesielle inspeksjonsmetoder. I tillegg er det store variasjoner mellom ulike anlegg og operatører når det gjelder praksis for systematisk oppfølging av isolering, for eksempel innen kvalitet på utførelse, tilstandskontroll og datafangst. KUI er hovedsakelig en utfordring for lavlegerte stål, men kan også forekomme på rustfrie stål. Sannsynligheten for KUI er gjerne ansett som størst i lavpunkt, bypass-linjer, dødlegger og kuldebroer, men er heller ikke begrenset til slike områder. Det har vist seg vanskelig å forutsi hvor og når fenomenet oppstår, og risikoen for KUI har derfor vist seg utfordrende å håndtere. Det totale omfanget av KUI i industrien er vanskelig å tallfeste, men i en spørreundersøkelse blant driftsinspektører i Oceaneering svarte samtlige at de hadde avdekket KUI. Anslått andel isolerte rør med KUI varierte mellom 1 og 90 % [2].



Figur 2 – Eksempler på rør og ventil utsatt for kraftig KUI, avdekket ved fjerning av isolasjon.

En rekke forutsetninger må være til stede for at KUI skal oppstå og utvikle seg på den isolerte overflaten, og dermed utgjøre en utfordring for sikkerheten:

- Tilgang på vann, salter og forurensninger. Dette kan komme fra nedbør, høy luftfuktighet, kondens, vasking av anlegget og testing av sprinkleranlegg.
- Vanninntrenging gjennom åpninger og skader i kapslingen.
- Vannansamling pga. geometri, egenskaper ved isolasjonsmaterialet eller manglende drenering.
- Manglende eller degradert overflatebehandling.
- Temperatur. KUI regnes gjerne ikke som et problem ved driftstemperaturer rundt 0°C eller lavere, men øker til betydelige korrosjonsrater rundt 100°C, i størrelsesorden 1 mm/ år [3]. Ved enda høyere temperaturer avtar KUI-problemet igjen ettersom vannet i større grad fordampes fra overflaten, f.eks. [4]. Systemer med varierende driftstemperatur er spesielt utsatt, trolig pga. gjentatt fordampning og kondensering inne i isolasjonen.

1.4. Andre utfordringer ved isolering

I tillegg til KUI er det flere utfordringer knyttet til isolasjon. Våt isolasjon har betydelig lavere isoleringsevne enn tørr isolasjon, samtidig som vekten av den øker. Isolasjonsmaterialer kan ha noen HMS-utfordringer ved håndtering som det er nødvendig å være klar over. Noen materialer er kjent som helseskadelige og brukes ikke lenger, men kan fortsatt finnes igjen i eldre anlegg. Andre materialer forårsaker mye støv, mens helseeffekten av nyere materialer kan være uavklart.

Isolasjon koster penger, både til anskaffelse og installasjon i investeringsfasen og til oppfølging og vedlikehold i operasjonsfasen. Det er verdt å merke seg at besparelser i den ene fasen kan få stor betydning for behovet i den andre fasen. Tiden som kreves for å installere isolasjonen har også stor betydning for det initielle kostnadsbildet, noe som ikke minst kommer til uttrykk i forbindelse med prosjektavslutning og leveranse. Det er videre uunngåelig at isolasjonen både tar plass og bidrar til ekstra vekt. Spesielt på kompakte offshoreinstallasjoner har dette stor betydning for valg av løsning.

2. OVERSIKT HISTORISK UTVIKLING

2.1. Generell utvikling

Den historiske utviklingen av isoleringsløsninger har i hovedtrekk beveget seg fra fiberisolasjon installert rett på overflatene, via celleglass som førstelagsisolasjon, til aerogel og mer bruk av avstandsisolering. Parallelt med dette har mange ulike løsninger og produkter blitt benyttet, eksempelvis skum, puter, kasser og cellegummi. Noen løsninger har kommet og gått, mens andre har vært i bruk helt til i dag. En mer detaljert beskrivelse av de mest vanlige løsningene er beskrevet i kapittel 3.

Så lenge isolasjon har vært brukt i petroleumsindustrien har operatørene operert med isolasjonsfilosofier og -spesifikasjoner. Formålet med disse har vært å sette felles krav til isolasjon, enten for den enkelte installasjon eller for hele selskapet. Dette til tross, praksisen har variert mellom installasjonene, også etter innføringen av NORSOK på 1990-tallet. Innholdet og omfanget i de respektive filosofier og spesifikasjoner varierer, og har endret seg over tid. Eksempel på dette er isolasjonsfilosofier som har gått fra å være spesifikke på funksjon og materialer i 1986 [5] til å gå mer inn på muligheter for å unngå KUI-problematikk og begrense isolasjonsmengden i 2015 [6]. Samtidig har det de siste årene blitt definert en rekke selskapsspesifikke krav i prosedyrene. Vurderinger av livssyklus kostnader (LCC) utover de rene investeringskostnadene har også vært en bakenforliggende faktor som har endret praksisen for isolering. Likevel viser det seg at dette elementet ikke alltid inkorporeres, selv i nybygg fra de siste årene.

Det bemerkes at selv om spesifikasjonene er tydelige på hva som er tillatte og ikke-tillatte produkter, representerer de på ingen måte en garanti for hva som faktisk har vært benyttet av løsninger i felt. Det er eksempelvis erfart at en del av de eldste installasjonene, dvs. fra 1970-tallet, har brukt asbestholdige materialer selv om disse er forbudt iht. spesifikasjonene.

2.2. Sikkerhetsutfordringer ved tidstypiske løsninger

De viktigste sikkerhetsutfordringene knyttet til ulike tidstypiske løsninger kan oppsummeres som følger:

- Fiberisolasjon og kalsiumsilikat: Materialene absorberer og holder på vann og går til dels i oppløsning, noe som kan gi økt fare for KUI. Noen av de eldre installasjonene kan også ha rester av helseskadelige materialer, som asbest og bly, og som personell kan bli eksponert for ved arbeid med isolasjonen.
- Skumisolasjon: Materialet er brennbart og helseskadelig.
- Celleglass: Oppsprekking pga. dimensjonsavvik, mekanisk skade eller rask oppvarming kan gi vanninntrenging og fare for KUI. Materialet drenerer ikke bort vann. Fugemasse og lim kan degraderes og gi vanninntrenging dersom driftstemperaturen ligger over det disse produktene tåler.
- Cellegummi: Ved valg av feil type cellegummi i forhold til driftstemperatur kan materialet degraderes og gi vanninntrenging og fare for KUI.
- Avstandsisolering: Det er en viss fare for gassansamling i ringrommet mellom rør og isolasjon ved feil montering av isolasjonen.

- Isolasjonsputer og –kasser: Dårlig passform til objektene kan gi åpninger og vanninntrenging, og dermed fare for KUI. Festeordninger kan ha dårlig korrosjons- eller brannbestandighet.

2.3. Oversikt isolasjonsmaterialer

En lang rekke produkter og isolasjonsmaterialer har vært på markedet siden 1970, og en oversikt over noen av dem er gitt i Tabell 1. I denne rapporten er det valgt å kategorisere materialene i hovedgrupper, undergrupper og eksempler på produktnavn, sammen med de funksjonene produktene dekker. I nærmere beskrivelser utover i rapporten vil det i hovedsak bli referert til undergruppene. Produktnavnene er tatt med i referanseøyemed siden det er vanlig i industrien å forholde seg til disse.

Tabell 1¹ – Oversikt over hovedgrupper, undergrupper, eksempler på produkt navn og funksjon til ulike isolasjonsmaterialer.

Hovedgruppe	Undergruppe	Produktnavn	Funksjon ²
Celleglass	Celleglass	Foamglass	B, T, S
	Celleglass totalløsning	Benarx, Terostat	B, T, S
Fiberisolasjon	AES-fiber	Firemaster, Insulfrax, Fyrewrap	B, T, S
	Keramiske fiber	Fiberfrax, Cerafiber, Ceraboard, Kaowool	B, T, S
	Kompaktfiber (keramiske fiber)	Interam	B, T, S
	Mineralull	Glava, Rockwool	T, S
Cellegummi	Cellegummi	Armaflex, Kaiflex, Glavaflex	T
Aerogel	Aerogel	Pyrogel XTE	T, S
	Aerogel	Pyrogel XTF	B
Vulkaniserte produkter	Vulkanisert strømpe	Elastoshield	B
	Boltkopper	Firenuts	B
Kalsiumsilikat	Kalsiumsilikat	Silca	T
Sprøytet isolasjon	Epoksy	Chartek, Pittcher	B
	Sement	Pyrokret, Mandolite	B
	PUF totalløsning (halvskåler)	Pir/ Pur, Stenca	T
	Ekspanderende skumisolasjon		T
Aluminiumsfolie	Ren Al for varmekabel		T
	Al med plastbelegg for dampsperre		T
Lydmatter	Gummi	Soundstop	S
	Bly		S
Avtagbar isolasjon	Isolasjonsputer/ -jakker	Lambda Jacket, Ulva jacket m.fl. Fyllstoff: AES, Microtherm	B, T, S
	Isolasjonskasser	Benarx Epoxy box, Lambda box m.fl	B, T, S
Personellbeskyttelse	Perforerte rustfritt stål	Perforert SS316	T
Mansjettløsning		HPT Trelleborg, Bestobell, Lambda PPS	G
Hulromsisolasjon	Skum	Studsvik	G
	Betong	Novasit Bio	G
	Gummi	Nofirno, Rise	G
MCT (kabelgjennomføring)		Hawke, Brattberg, Roxtec	G

¹ Rapporten fokuserer på de mest brukte løsningene på offshoreinstallasjoner og landanlegg. Tabellen er således ikke fyllestgjørende med tanke på alle mulige løsninger.

² B: Brann. T: Termisk. S: Støy. G: Gjennomføring

2.4. Oversikt kapslingsmaterialer

Også innenfor kapslingsløsninger har det vært flere materialer på markedet. En oversikt over noen av disse er gitt i Tabell 2. Selv om aluminium var det dominerende materialet i tidlige år, er det i dag rustfritt stål som utgjør det største volumet. Overflatebehandlet stål har i all hovedsak vært brukt på landanlegg.

Tabell 2 – Oversikt over hovedgrupper, eksempler på produkt navn og funksjon til ulike kapslingsmaterialer.

Hovedgruppe	Produktnavn	Funksjon
Aluminium (plastbelagt)		T, S
Overflatebehandlet stål	Aluzinc	T, S
Rustfritt stål	SS301, SS302, SS316	B, T, S
PVC-tape	3M, Venture guard	B, T, S
Polymeriske	Glassfiber, Ulvashield, FibaClad	T, S
Andre	Erfoguard, silikonduk m.fl.	B, T, S

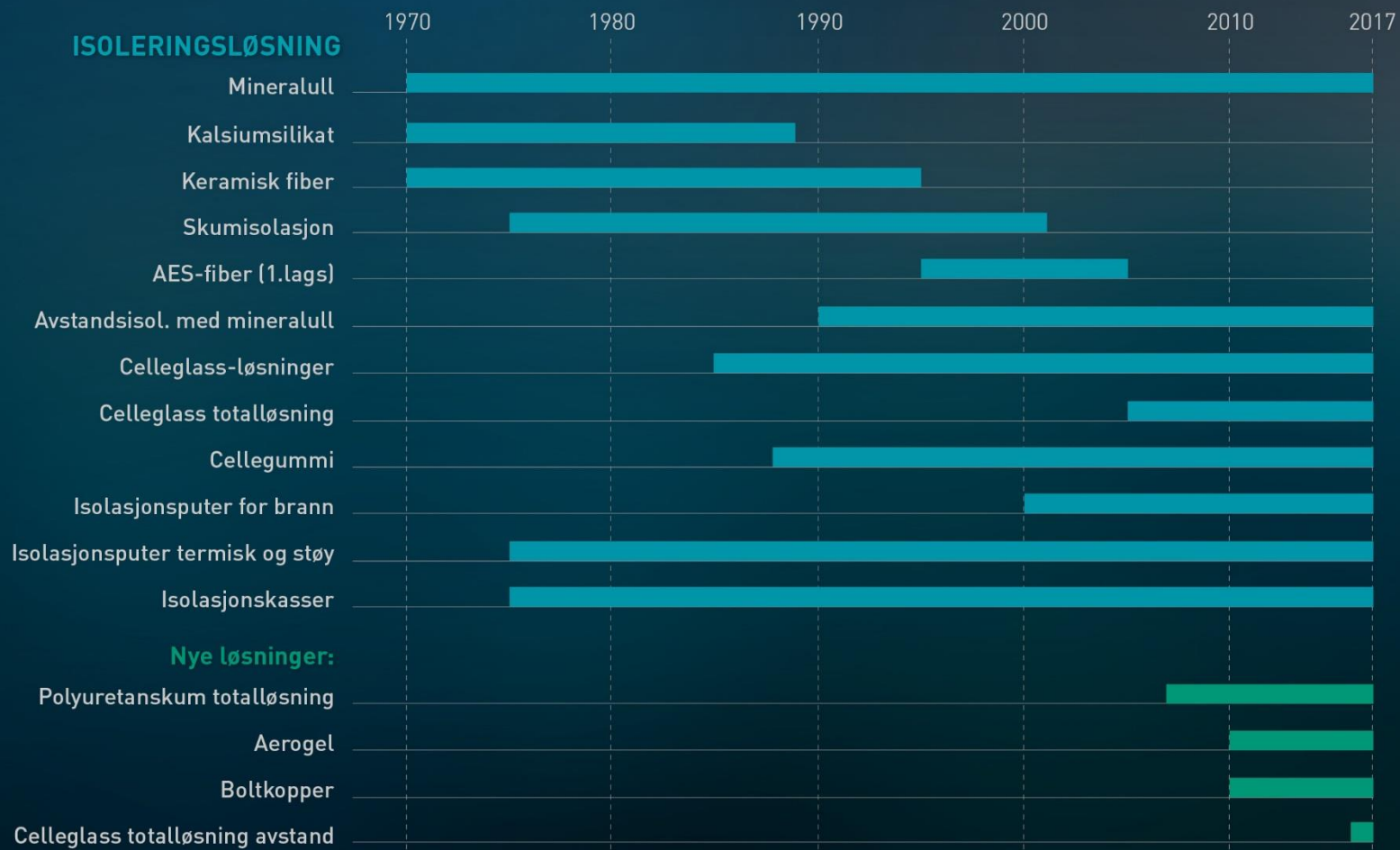
2.5. Oversikt isoleringsløsninger

Et stort antall ulike kombinasjoner av isolasjons- og kapslingsmaterialene presentert i Tabell 1 og Tabell 2 har vært benyttet i petroleumsindustrien. I denne rapporten er det fokusert på de mest brukte løsningene på offshoreinstallasjoner og landanlegg, noe som har resultert i utvalget av tidstypiske løsninger vist i Figur 3. En omtrentlig angivelse av bruksperiode for hvert system er angitt. Det bemerkes at dette er til dels usikkert og upresist, blant annet pga. følgende:

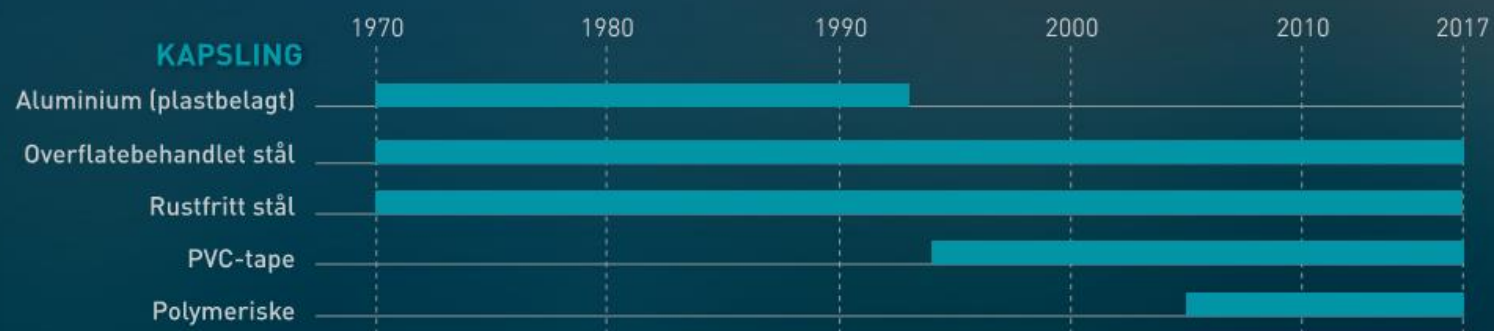
- Inn- og utfasing av løsninger foregår vanligvis over en viss tidsperiode.
- Produkter og løsninger kan ha vært i bruk senere enn angitt, f.eks. til spesifikke formål og rehabilitering.
- Popularitet av en løsning kan ha kommet og gått over tid.
- Ulike operatører og installasjoner kan ha forskjellig praksis og foretrukne løsninger.
- Oversikten er forenklet, og ulike varianter innenfor samme løsning kan ha ulike bruksperioder. Dette detaljeres ytterligere i kapittel 3.

Figur 3 (neste to sider) - Historisk oversikt over de tidstypiske isoleringsløsningene og kapslingsmaterialene som er beskrevet i denne rapporten. Også et utvalg nyere løsninger er vist.

Isoleringsløsninger - Historisk oversikt



Kapslingsmaterialer - Historisk oversikt



3. BESKRIVELSE AV ISOLERINGSLØSNINGER

Denne seksjonen er en systematisk gjennomgang av de historisk mest vanlige isoleringsløsningene. Omtalen er gjort med henblikk på å beskrive selve oppbyggingen, herunder isolasjonslag, kapsling, funksjon og tidsepoke, samt mer inngående beskrivelser av løsning, utfordringer knyttet til løsning og benyttet omfang på sokkelen og landanlegg.

Isoleringsløsningene som gjennomgås i dette kapittelet, og som er gjengitt i Figur 3, er:

- Mineralull, evt. med bly (3.1)
- Kalsiumsilikat, evt. med asbest (3.2)
- Keramiske fiber (3.3)
- AES-fiber som førstelagsisolasjon (3.4)
- Avstandsisolering med mineralull (3.5)
- Celleglass-løsninger (3.6, 3.7)
- Cellegummi (3.8)
- Skumisolasjon (3.9)
- Isolasjonsputer (3.10, 3.11)
- Isolasjonskasser (3.12)

I tillegg presenteres følgende løsninger for å komplettere bildet av isoleringsløsninger:

- Personellbeskyttelse (3.13)
- Støykassetter (3.14)
- Gjennomføringer (3.15)
- Sprøytet brannisolasjon (3.16)

3.1. Mineralull, eventuelt med bly

A			
Isolasjonslag 1:	Mineralull	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Aluminium, overflatebehandlet stål, rustfritt stål eller plast		

B			
Isolasjonslag 1:	Mineralull	Funksjon:	Termisk og støy
Isolasjonslag 2:	Bly	I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	Ca 1985
Kapsling:	Rustfritt stål		

Beskrivelse

På 1970-tallet var det hovedsakelig ulike typer mineralull, som glassull og steinull, som ble brukt til termisk isolering. Kapslingen var ofte utført i aluminium, med unntak av landanlegg som brukte overflatebehandlet stål. Ved behov for støyisolering ble det lagt blykappe utenpå mineralullen (variant B), og i disse tilfellene ble rustfritt stål benyttet i kapslingen pga. fare for galvanisk korrosjon av denne. Det ble etter hvert utviklet noe mer vannavstøtende produkter av mineralull, og omfanget av rustfritt stål i kapslingen økte for å unngå korrosjonsproblemer. Det har også blitt tatt i bruk ulike typer plastbaserte belegg som kapsling siden sent på 1990-tallet, da disse har noen fordeler i form av fleksibilitet og prefabrikkerte detaljer. Mineralull er fleksibelt og dermed enkelt å installere. Utviklingen av mineralull, spesielt med tanke på vannavstøtende egenskaper, pågår fortsatt.



Figur 4 –Steinull brukt på rør og ventiler, før montering av kapsling.

Utfordringer

Mineralull absorberer vann. I tillegg aldres mineralull ved at bindemiddelet løses opp ved høye temperaturer. Dette medfører at mineralull gjerne klister seg til utstyret det skal isolere når den blir fuktig, og på den måten holder på vannet som kommer inn. Spesielt flenser, bolter, påstikk og ventiler er utsatt for dette. KUI kan oppleves som mer uforutsigbar ved at isolasjonen kan klistre seg fast også andre steder, eksempelvis pga. rørstøtter, varmekabler eller geometriendring, og kan holde på fuktighet i et ikke-typisk område med påfølgende KUI. Mineralull tåler lite mekanisk belastning og er f.eks. utsatt for tråkkskader.

Helseskadelige gasser kan utvikles fra mineralullen, særlig ved første gangs oppvarming over ca 175°C. Bruk av maske og områdeavsperring er derfor påkrevd ved håndtering av isolasjon på varme flater. I tillegg krever håndtering av bly spesielle hensyn for å unngå risiko for forgiftning ved avisolering.

Overflatebehandlet stål ble i noen tilfeller benyttet som kapsling også offshore. Spesielt i værutsatte områder har dette vist seg å være en utfordring, og det finnes eksempler på at 80% av all kapsling korroderer bort i løpet av få år. Også aluminiumskapsling har erfart noe korrosjon i marin atmosfære. Plastbaserte kapslinger er noe mer tidkrevende å installere og vedlikeholde enn metallkapslingene. Noe oppsprekking er også observert.

Rustfrie strammebånd har til dels vært benyttet på kapsling i aluminium eller overflatebehandlet stål, som igjen har forårsaket galvanisk korrosjon på kapslingen. Problemet kan unngås med bruk av tape mellom kapsling og strammebånd, men dette er ikke å anse som en robust løsning.

Omfang

Mineralull hadde sin storhetstid på 1970-tallet og et stykke ut på 1980-tallet, og ble i denne perioden installert i et stort omfang. Selv om utfordringene med absorbering av fuktighet og KUI tidlig var kjent, var andre isoleringsløsninger dyre og mer plasskrevende. Det meste av hydrokarbonførende rør og beholdere med krav til termisk isolering eller støyisolering ble derfor installert med mineralullisolasjon. Pga. de nevnte utfordringer brukes mineralull i mindre grad i dag, med unntak av tilfeller der det av andre grunner er lav risiko for KUI, f.eks. høy temperatur (over 200°C) eller tørt miljø. Det brukes også som andrelagsisolasjon (se også avsnitt 3.5).

3.2. Kalsiumsilikat, eventuelt med asbest

Isolasjonslag 1:	Kalsiumsilikat	Funksjon:	Termisk og brann
Isolasjonslag 2:	Sement	I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	Ca 1990
Kapsling:	Aluminium eller rustfritt stål		

Beskrivelse

Kalsiumsilikat har gode termiske egenskaper, og i kombinasjon med asbest også gode branntekniske egenskaper. Løsninger med aluminium eller rustfri kapsling ble brukt på 1970-tallet og fram til slutten av 1980-tallet. De ble levert som staver eller preformede halvskåler tilpasset rørdimensjonene, og var enkle å tilpasse.

På de første installasjonene som ble bygget tidlig på 1970-tallet ble det benyttet kalsiumsilikat som var asbestholdig både til termisk og brannisolasjon. Denne isolasjonstypen ble gjerne påført en «finish cement» som også var asbestholdig. Bruken av asbest til brannisolasjon har vist seg å være større i omfang enn tidligere forutsett [7]. Et forbud mot asbest trådte i kraft tidlig på 1980-tallet pga. dens kreftfremkallende egenskaper. Mye av materialet er antageligvis fjernet, men pga. vesentlig helserisiko ved håndtering er det verdt å kjenne til at det har vært i bruk på installasjoner fra oljealderens barndom. På tidlig 1980-tall ser vi av isolasjonsspesifikasjoner at materialene skal være av asbestfri type, f.eks. [8].

Utfordringer

Kalsiumsilikat trekker vann og holder på fuktigheten, og KUI har derfor vært en utfordring. Produktet løser seg delvis opp og blir tungt når det først er blitt fuktig. Dersom isolasjonen har blitt våt er den krevende å fjerne.

Den vil ikke være gjenkjennelig som asbestholdig, og det må tas laboratorieprøver for å finne ut av om det er helseskadelige stoffer i isolasjonen.

Omfang

Løsningen er kjent fra enkelte tidlige installasjoner.

3.3. Keramiske fiber

Isolasjonslag 1:	Keramiske fiber og asbest	Funksjon:	Brann (+støy)
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	Ca 1995
Kapsling:	Rustfritt stål		

Beskrivelse

Parallelt med bruken av mineralull til termisk isolasjon ble matter med ildfaste keramiske fiber benyttet til brannisolasjon, samt i noen områder med støykrav. Spesielt fra tidlig på 1980-tallet ble disse materialene mye brukt. Dette varte frem til midten av 1990-tallet da AES-fiber ble introdusert, se avsnitt 3.4. I løpet av bruksperioden ble det utviklet noe mer vannavstøtende produkter av keramiske fiber. Som kapsling har rustfritt stål vært det eneste materialet som har tilfredsstilt brannkrav. SS316 først ble vanlig fra midten på 1980-tallet, mens de tidligere variantene, dvs SS301 og 302, hadde dårligere korrosjonsmotstand i marint miljø.

Utfordringer

Utfordringene med keramiske fiber er tilsvarende som mineralull, avsnitt 3.1. I motsetning til mineralull inneholder de ikke bindemiddel og utfordringene med klistring til utstyret har ikke vært like stort. Omfanget av KUI har derfor vært noe mindre, men er likevel betydelig.

Materialene består av lange, tynne fiber som er helseskadelige ved at de ikke forsvinner ut av kroppen etter innånding. På bakgrunn av dette er de ikke lenger tillatt brukt offshore. Materialet betraktes på lik linje med asbest, og håndtering krever heldekkende verneutstyr. Laboratorieprøving er nødvendig for å skille keramiske fiber fra annen fiberisolasjon.

Omfang

Keramiske fiber ble brukt på det meste av brannisolasjon i denne epoken (ca 1975-1995), både på hydrokarbonførende rør og ved tørrisolering av struktur. Alle installasjoner med brannkrav fra før 1995 har disse materialene, med mindre de er erstattet av AES.

3.4. AES-fiber

Isolasjonslag 1:	AES-fiber (alkalisk jordsilikat)	Funksjon:	Brann
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1995
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	Ca 2005
Kapsling:	Rustfritt stål		

Beskrivelse

Som følge av kunnskap om helserisiko ved keramiske fiber overtok AES-fiberisolasjon på midten av 1990-tallet. Til tross for kjennskap til KUI allerede på dette tidspunktet ble isolasjonen lagt direkte på malte overflater, se Figur 5. En kombinasjonsløsning med celleglass, se avsnitt 3.6, ble imidlertid innfaset i denne perioden.

Utfordringer

Utfordringene med KUI ved bruk av AES-fiberisolasjon er tilsvarende som mineralull, avsnitt 3.1.

Omfang

AES-fiber ble brukt på det meste av brannisolasjon på hydrokarbonførende rør i denne epoken. Materialet er også benyttet i stor grad ved utskifting av tidligere løsninger med keramiske fiber og kalsiumsilikat.



Figur 5 – AES-fiber installert direkte mot røroverflate.

3.5. Avstandsisolering med mineralull

Isolasjonslag 1:	Avstandsklosser/ plater	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:	Mineralull	I bruk fra:	Ca 1990
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Overflatebehandlet stål		

Beskrivelse

Landanlegg var tidlig ute med bruk av avstandsisolering. Allerede rundt 1990 ble mineralull forsøkt installert utenpå perforerte plater i rustfritt stål som med teflonklosser ble montert med en avstand til røret. Hensikten med dette var å redusere kontaktflaten mellom røroverflaten og isolasjonen, og dermed unngå KUI-problemer. Etter gode erfaringer ble løsningen tatt ytterligere i bruk på øvrige anlegg fra tidlig 2000-tallet. Kapsling som er benyttet er hovedsakelig i overflatebehandlet stål, da miljøet er mindre korrosivt på land enn offshore.

Pga. de gode KUI-erfaringene har løsningen gradvis vunnet innpass i operatørers kravspesifikasjoner, fortrinnsvis for bruk ved temperaturer over ca 120°C, f.eks. [9]. For kuldeisolering egner den seg ikke.



Figur 6 – Rør isolert med avstandsringer, perforert rustfri plate og mineralull.

Utfordringer

Løsningen er tidkrevende å installere og er forholdsvis kostbar. I tillegg krever den mer plass enn tilsvarende løsning uten avstand, noe som har gjort den mindre attraktiv i offshore-anlegg med strengere geometribegrensninger. Løsningen er også spesielt sårbar for tråkkaskader, da avstandsplatene i rustfritt stål kan komme i kontakt med karbonstålrørene og forårsake galvanisk korrosjon.

Det har vært noe diskusjon rundt avstandsisolering og muligheten for at eventuelle gasslekkasjer kan bre seg i ringrommet. Det er erfart at feil utført endeavslutning på røret har medført at gass har kommet inn i ringrommet. Dette knyttes derfor til utfordringer i utførelse, se også avsnitt 6.1.

Omfang

Løsningen er utbredt i noe varierende grad i varme systemer på landanlegg.

3.6. Celleglass-løsninger

A			
Isolasjonslag 1:	Celleglass	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1985
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Aluminium, rustfritt stål eller PVC-tape		

B			
Isolasjonslag 1:	Celleglass	Funksjon:	Termisk og støy
Isolasjonslag 2:	Bly	I bruk fra:	Ca 1985
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	Ca 1995
Kapsling:	Rustfritt stål		

C			
Isolasjonslag 1:	Celleglass	Funksjon:	Termisk og støy
Isolasjonslag 2:	Gummi	I bruk fra:	Ca 1995
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Aluminium eller rustfritt stål		

D			
Isolasjonslag 1:	Celleglass	Funksjon:	Brann
Isolasjonslag 2:	AES-fiber	I bruk fra:	Ca 1995
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Rustfritt stål		

E			
Isolasjonslag 1:	Celleglass	Funksjon:	Brann
Isolasjonslag 2:	Kompaktfiberisolasjon	I bruk fra:	Ca 1997
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	Ca 2005
Kapsling:	PVC-tape		

F			
Isolasjonslag 1:	Celleglass	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:	Aluminiumsfolie	I bruk fra:	Ca 2000
Isolasjonslag 3:	Cellegummi	I bruk til:	-
Kapsling:	Aluminium eller rustfritt stål		

G			
Isolasjonslag 1:	Varmekabel med aluminiumsfolie	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:	Celleglass	I bruk fra:	Ca 1985
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Rustfritt stål		

Beskrivelse

Flere varianter av celleglass-løsninger er beskrevet her, herunder også celleglass-løsninger i kombinasjon med andre materialer for ulike funksjonskrav. Felles for dem er at celleglass utgjør det innerste laget og dermed kontakt med overflaten som skal isoleres. Med tanke på sikkerhetsmessige utfordringer er det naturlig å beskrive dem samlet. Løsning G har i tillegg varmekabel innenfor celleglassen.

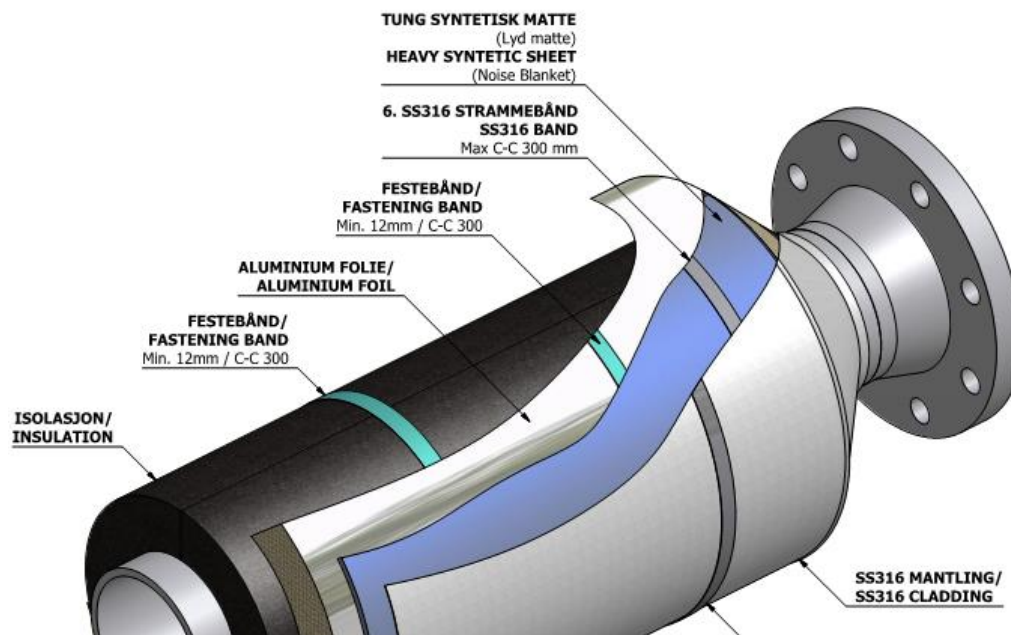
Celleglass ble tatt i bruk fra midten av 1980-tallet, men da i liten utstrekning fordi produktet var kostbart i innkjøp. På midten av 1990-tallet var prisene på produktet kommet betydelig ned, og løsningen ble etterhvert benyttet i større omfang. Celleglass ble introdusert med tanke på å erstatte de fiberbaserte løsningene, jfr. avsnitt 3.1, 3.3 og 3.4. Den største forskjellen er den lukkede cellestrukturen til celleglass som gjør at materialet ikke absorberer vann. Det har i tillegg høyere trykkfasthet og beholder således sin form og isolasjonsevne bedre enn fibermaterialer. Isolasjonen kommer i form av preformede skåler eller paneler som passer til gitte dimensjoner. Materialet brukes primært pga. sine termiske egenskaper, men også som førstelagsisolasjon under andre materialer for å redusere risiko for KUI.

Løsning A er brukt i stort omfang i hele industrien og av alle operatører der formålet er kun varmeisolering. For støyisolering ble det tidligere brukt blykappe utenpå celleglassen, løsning B. Pga. fare for forgiftning ble dette senere erstattet med gummi, løsning C, Figur 7. Der det er brannkrav legges det AES-fiber som andrelagsisolasjon, løsning D, Figur 8. Variant E var en mye brukt løsning over en begrenset periode, bl.a. pga. liten byggehøyde, gode høytemperaturoegenskaper og lett håndterlig PVC-tape som kapsling. Kompaktfiberisolasjonen er ikke lenger tillatt offshore grunnet tilsvarende helseutfordringer som keramiske fiber, avsnitt 3.3. For kuldeisolasjon legges en dampspærre, vanligvis aluminiumsfolie, samt et lag cellegummi, evt. fiberisolasjon, utenpå for å unngå punktering av dampspærren, løsning F, Figur 9. Ved behov for frostsikring legges en varmekabel rundt røret før det kles i polyesterbelagt aluminiumsfolie som fordeler varmen og beskytter kabelen mot slitasje fra celleglassen. Celleglass legges utenpå dette, løsning G, Figur 10.

Den mest vesentlige utviklingen av celleglass-løsningene har vært bruk av dreneringshull som slipper ut vannet som eventuelt kommer inn i isolasjonen. Dette er først og fremst relevant på undersiden av lavpunkter og horisontale rørstrekk. Det har også vært en utvikling av selve materialene. Celleglassstrukturen har skarpe, harde kanter som kan slite på malingsbelegg. Anti-abrasive belegg er derfor utviklet for å påføres på innsiden av skålene. En annen type belegg er tatt i bruk for å gjøre materialet bestandig mot høye og varierende temperaturer og dermed unngå problemer ved sjokkoppvarming.

Folien som brukes på varmekabler har også vært gjenstand for utvikling. Tidligere hadde den polyester på den ene siden, noe som medførte at den ofte ble lagt feil vei. Dette har senere blitt løst ved å ha polyester på begge sider.

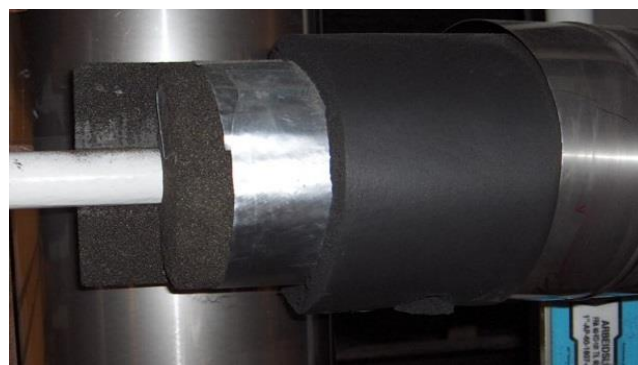
Håndtering av celleglass, spesielt kutting, produserer støv som er skadelig for øyne. Heldekkende briller og støvmasker er derfor nødvendig.



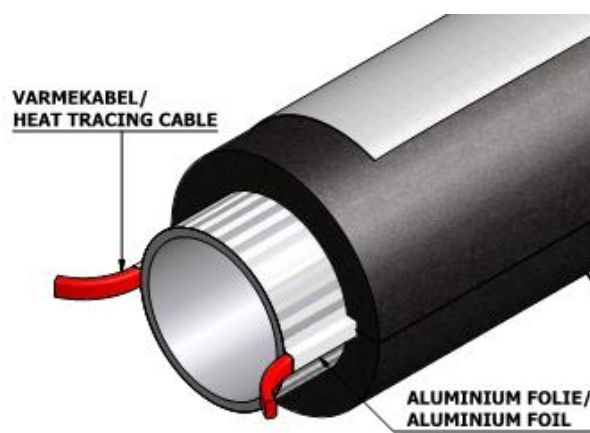
Figur 7 – Illustrasjon av støyisolasjon med lyddempende matte (tilsvarende variant C).



Figur 8 – Eksempel på celleglassløsning. Brannisolasjon med celleglass og AES-fiber (variant D).



Figur 9 - Eksempel på celleglassløsning. Kuldeisolasjon med celleglass, dampsperre og cellegummi (F).



Figur 10 – Venstre: Løsning med varmekabel, aluminiumsfolie og ett lag isolasjon (variant G).

Utfordringer

Ved introduksjon av løsningene med celleglass var det klare forventninger til at KUI-problematikken nærmest skulle elimineres. Selv om forekomsten av KUI er mindre enn med mineralull eller keramiske fiber er det likevel erfart en del tilfeller. Celleglassmaterialet absorberer ikke vann, men strukturen kan gjøre at vannet som kommer inn ikke blir drenert ut. Det blir dermed liggende med direkte kontakt mot overflaten som isoleres. Noe mekanisk skade er erfart, f.eks. fra tråkk, som gir økt risiko for vanninntrenging. Samme utfordring kan oppstå ved sjokkoppvarming, f.eks. ved rask oppkjøring etter stans eller ved isolering av varme rør i drift. Ettersom celleglass er et stivt produkt er det også følsomt for variasjoner i dimensjonen på rørene, eksempelvis som følge av valsetoleranse. Sveisesømmer, malingstykkelse eller ovale rør kan være tilstrekkelig til at skålene ikke passer til rørene, og tilpasningene som må gjøres kan skade isolasjonen eller kapslingen. Lim og fugemasse har gjerne begrensninger på temperatur, og kan degraderes raskt hvis disse ikke overholdes.

Løsning G med varmekabler er erfart å holde på mer fuktighet og salt enn de andre løsningene. Det er utfordringer knyttet til revnet folie som medfører at vann slippes inn. En annen risiko er skader på varmekabel og mulighet for tennkilde gjennom lysbue.

PVC-tape har i seg selv noen utfordringer når den brukes som kapsling. Den aldres ved ultrafiolett stråling, og får en del rifter og hakk pga. lavere mekanisk styrke enn metalløsninger. Tape bør derfor unngås utendørs og i værutsatte områder. Det bemerkes imidlertid at fuktighet i isolasjon kan vises utenpå som buler eller sig, og at dette muliggjør å oppdage fukt i forbindelse med denne kapslingsløsningen.

Omfang

Celleglass-løsningene finnes i dag stort sett overalt på offshore-installasjoner på norsk sokkel, og er i bruk for alle isolasjonsklasser og funksjoner. Celleglass finnes i mindre grad på landanlegg enn offshore. Med unntak av løsning B og E brukes alle de nevnte løsninger fortsatt. Noen operatører har sluttet å bruke PVC-tape som kapsling, også i forbindelse med rehabilitering. Andre aktører bruker tape fortsatt, men gjerne begrenset til lite værutsatte områder.

3.7. Celleglass totalløsning

Isolasjonslag 1:	Celleglass	Funksjon:	Brann/ termisk
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 2005
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Epoksy eller vulkanisert		

Beskrivelse

Totalløsning med celleglass er et konsept utviklet for å redusere installasjonstid ved at kapslingen er fabrikkpåført og således integrert i isolasjonen. Den første løsningen som ble introdusert rundt 2005 var brannisolasjon med et epoksybasert belegg limt på celleglass-skåler. Senere kom det også løsninger for termiske isolasjonsklasser med celleglass-skåler sprøytet med vulkaniseringsbelegg på utsiden. Isolasjonsskåler leveres iht. dimensjon på rørene og skjøteflatene limes og forsegles med silikon, epoksy eller lignende produkter under installasjon. Erfaring tilsier anslagsvis en halvering av monteringstiden sammenlignet med de tradisjonelle celleglass-løsningene beskrevet i avsnitt 3.6.

Utfordringer

Skjøtene har vært en utfordring med epoksy-variantene. Noen av de tidlig installerte var av dårlig kvalitet, noe som ble forbedret fra ca 2013. Den vulkaniserte kapslingen har begrenset mekanisk styrke, og må beskyttes med metallkapsling langs gangveier. Epoksybasert kapsling har bedre mekanisk styrke.

Pga. de nevnte utfordringene har KUI-forekomst med disse løsningene vært på tilsvarende nivå som med andre celleglassløsninger, avsnitt 3.6. En forbedring med tanke på dette er nylig utviklet, og er under utprøving, se avsnitt 5.3.

Omfang

Løsningen er tatt i bruk av enkelte operatører og finnes på noen anlegg, samt at den er tatt i bruk på landanlegg i nyere tid.

3.8. Cellegummi

Isolasjonslag 1:	Cellegummi	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1985
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Maling, duk, metall		

Beskrivelse

Cellegummi benyttes hovedsakelig som termisk isolasjon av instrumentrør. Materialet ble tatt i bruk utendørs fra slutten av 1980-tallet. Det ble brukt tidligere enn dette offshore, men da innvendig i boligkvarter. Anvendelsesområdene er kuldeisolering for å bevare lav temperatur i rørene, og varmeisolering for å hindre at instrument fryser, da ofte med varmekabler under. Materialet er fleksibelt og dermed enkelt å installere. Alle skjøter i produktet blir limt med kontaktkim, og utklipp fuges.

Produktet består av celler tilsvarende en svamp, men cellene er mer lukket. Det finnes et stort utvalg av produkter ut fra bruksområde og temperatur det skal tåle. Cellegummi trekker fuktighet, og derfor ble det i starten enten malt eller montert duk utenpå cellegummi som står i værutsatte områder. Noen ganger er det også montert metallkapsling utenpå for å hindre vanninntrenging.

I dag leveres cellegummi med fabrikkpåført kapsling, og da ofte i form av en duk. Duken forekommer i mange forskjellige kvaliteter, og mekanisk styrke og levetid er derfor avhengig av hvilken type som velges.

Utfordringer

Med et stort utvalg av produkter på markedet er det en betydelig utfordring å velge riktig type i forhold til temperaturen på overflaten som skal isoleres. Ved for lav temperatur punkteres cellene, og ved for høy temperatur blir cellegummien sprø og knekker. Disse faktorene øker faren for vanninntrenging. Risikoen for at fuktighet og salter trekker inn og blir liggende i isolasjonen gir økt fare for KUI. Dette kan også skade varmekablene, som i verste fall kan resultere i lysbue og dermed tennkilde.

Omfang

Løsningen finnes i stor utstrekning offshore, samt på noen landanlegg.

3.9. Skumisolasjon

Isolasjonslag 1:	Polyuretanskum (PUF)	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	Ca 2000
Kapsling:	Overflatebehandlet stål		

Beskrivelse

Skumisolasjon er en isoleringsløsning bestående av to-komponent polyuretanskum (PUF) som tidligere var benyttet mye på landanlegg som kuldeisolering. Isolering foregikk ved at man bygget forskaling av en overflatebehandlet stålkapsling og PUF ble pumpet inn under forskalingen. Når de to komponentene ble blandet sammen i en skummaskin startet en prosess hvor skummet begynte å ekspandere og til slutt fylte ut forskaling og hulrom rundt ventiler og flenser. Installasjonen er således enkel, men skummet er vanskelig å fjerne.

Utfordringer

Selv om materialet absorberer vann er det lite kjent KUI knyttet til systemer med denne løsningen. Det skyldes trolig at den brukes på kalde systemer der korrosjonsraten vil være lav til tross for tilstedeværelse av vann. Skumisolasjon er lite inspeksjonsvennlig, og inneholder isocyanater som er beskrevet som svært helseskadelige av Arbeidstilsynet [10]. Materialet er i tillegg brennbart, og man sluttet å bruke flytende polyuretanskum rundt år 2000.

Omfang

Skumisolasjon finnes hovedsakelig på kalde systemer på landanlegg.

3.10. Isolasjonsputer for brann

Generelt om løsninger for brannisolasjon

For brannisolasjon stilles det strenge krav til testing før et produkt kan tas i bruk. Testing av produkter er dyrt og har medført høye kostnader på leveranser. I den senere tid har det utviklet seg en praksis å ekstrapolere basert på kjente testede løsninger som vil motstå et brannscenario i en gitt tid inntil installasjonen er nedstengt, og gitt aksept for disse. Å ekstrapolere er ikke iht. krav i NORSOK R-004 pkt. 7.5.

Isolasjonslag 1:	Silikonduk	Funksjon:	Brann
Isolasjonslag 2:	AES-fiber el.l.	I bruk fra:	Ca 2000
Isolasjonslag 3:	Folie rustfritt stål	I bruk til:	-
Kapsling:	Silikonduk		

Beskrivelse

Isolasjonsputer (også kalt isolasjonsjakker) er en type avtakbar isolasjon, der AES-fiber, eller andre typer isolasjonsmateriale, er pakket i en pute av silikonduk som legges rundt objektet som skal isoleres. For å forbedre brannegenskapene er det i tillegg en folie av rustfritt stål mellom duken og fiberisolasjonen. Putene sys sammen med metalltråd og har ulike anordninger for å feste dem til objektene (borrelås, kroker, spenner o.l.). De brukes hovedsakelig på ventiler og flenser, se Figur 11. Isolasjonsputer er en svært plassbesparende løsning sammenlignet med kasseløsninger, se avsnitt 3.12, og gir enkel tilkomst for inspeksjon.



Figur 11 – Ventiler brannisolert med puter.

Utfordringer

Festeanordningene har i flere tilfeller vist seg å ikke tåle sterk varme. For å sikre brannintegritet kreves det derfor bruk av metallstrammebånd i tillegg. Galvanisk korrosjon mellom folie, sytråd og strammebånd kan være en utfordring.

Putene har noen ganger dårlig passform til objektet som skal isoleres, og særlig ventiler er problematiske. Dette gir til dels store åpninger i isolasjonen, og siden putene ikke egner seg for fugging kan deler av objektet bli eksponert. Vann kan også trenge inn i disse åpningene og gi KUI-problematikk. Det er heller ikke enkelt å sikre god drenering med denne løsningen. Putene er i tillegg relativt tunge og dermed krevende å håndtere. Dette forverres ytterligere når de trekker vann. På bakgrunn av disse utfordringene er bruk av putene i noen grad begrenset til innvendige områder, f.eks. [11].

Omfang

Løsningen var mye i bruk på brannisolerte systemer fra rundt år 2000 til slutten på 2000-tallet. Siden da har bruken vært vesentlig mindre. En del installasjoner fra denne tiden har brannputer. Omfanget varierer mellom installasjoner og de respektive operatører.

3.11. Isolasjonsputer for termisk og støy

Isolasjonslag 1:	Glassfiberduk eller silikon	Funksjon:	Termisk og støy
Isolasjonslag 2:	Fiberisolasjon	I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Glassfiberduk eller silikon		

Beskrivelse

Isolasjonsputer for termisk isolering og støyisolering har vært benyttet siden 1970-tallet. I perioden fra midt på 1990-tallet til midt på 2000-tallet var det en økning i bruken av puter. De er bygd på samme prinsipp som brannputene, men med litt andre materialvalg og krav. I de tidlige løsningene var det gjerne glassfiberduk som ble brukt som ytterkledning, mens det siden slutten av 2000-tallet er endret til silikonduk som er mer vannavstøtende.



Figur 12 – Isolasjonspute for varmeisolering av ventil.

Utfordringer

Utfordringene knyttet til passform, eksponering og vanninntrenging som beskrevet i avsnitt 3.10 er like relevante her. Da isolasjonsputer ikke vil sikre tilstrekkelig dekning av utstyret som skal isoleres brukes ikke puter for kuldeisolering.

Omfang

Løsningen er brukt i stor utstrekning for varmeisolering. Det er i senere tid kommet begrensninger med hensyn på bruk i værutsatte områder.

3.12. Isolasjonskasser

A			
Isolasjonslag 1:	Keramiske fiber, AES-fiber	Funksjon:	Brann
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Kasse rustfritt stål		

B			
Isolasjonslag 1:		Funksjon:	Brann
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Kasse perforert rustfritt/eksperanderende epoksy		

C			
Isolasjonslag 1:	Fiber eller cellegummi	Funksjon:	Termisk og støy
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Kasse rustfritt stål, aluminium eller overflatebehandlet stål		

Beskrivelse

Isolasjonskasser for brann-, støy og termisk isolasjon har vært i bruk siden 1970-tallet. Dette er, i likhet med isolasjonsputer, avtakbar isolasjon som hovedsakelig brukes på flenser og ventiler, se illustrasjoner i Figur 13. I mange sammenhenger benyttes kassene i kombinasjon med andre isoleringsløsninger på tilknyttede rør. Dersom rørene er frostbeskyttet med varmekabel vil varmekabelen gjerne fortsette gjennom isolasjonskassen.

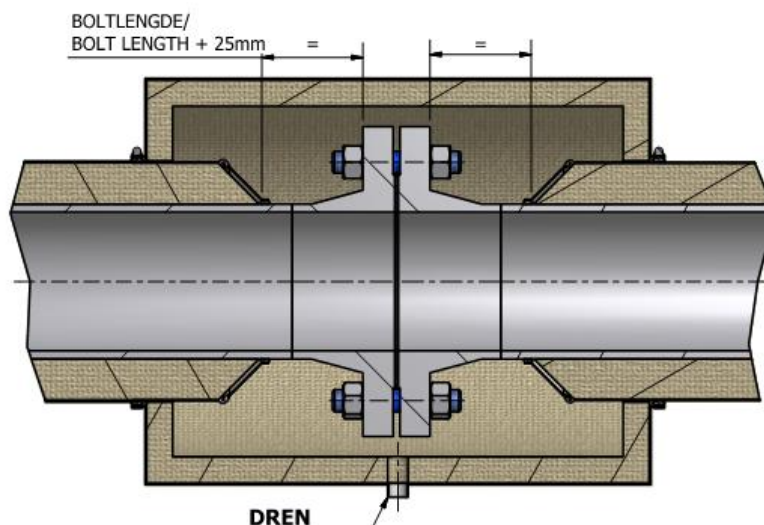
Løsning A og C har kasser kledd innvendig med ulike isolasjonsmaterialer, mens løsning B skiller seg ut ved at kassene er dekket innvendig og utvendig med et epoksybasert, ekspanderende belegg som virker brannhemmende. Ved krav til termisk eller støyisolering kan disse kassene bli montert med fiberisolasjon i tillegg.

Kassene festes til objektene med koffertlåser eller strammebånd. Kapsling for brannisolasjon er i rustfritt stål, mens ulike materialer har vært benyttet for termisk og støy. Løsningen stiller strenge krav til oppmåling da det er lite fleksibilitet ved installasjon, og den er derfor forholdsvis tidkrevende å montere.

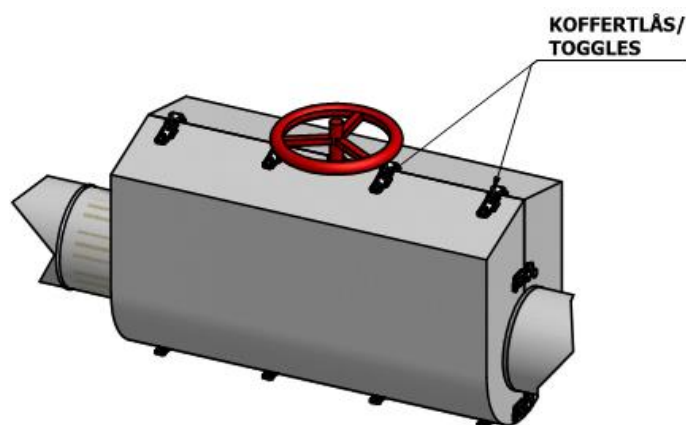
Isolasjonskasser gir en robust utforming som tåler ytre påkjenning og vær godt, såfremt de er installert korrekt. Samtidig kan de tillate enkel tilkomst for innvendig inspeksjon.

Det har vært en utvikling i isolasjonsmaterialer brukt innvendig i kassene. For brann har dette f.eks. gått fra keramiske fibre til AES-fiber, jfr. utviklingen beskrevet i avsnitt 3.3 og 3.4. Ved bruk av fiberisolasjon pakkes denne i folie. Cellegummi brukes bare på instrumenter som krever termisk isolering.

Koffertlåsene har også vært gjennom en utvikling og standardisering mot rustfrie løsninger. Isolasjonskasser montert høyere enn 2 m skal nå sikres med strammebånd. Siden 2006 har det vært et krav at alle utklipp i kassene forsterkes med uttrekkskanter. Det stilles også krav om at nyere isolasjonskasser skal ha sertifiserte dreneringsplugg.



Figur 13 –Flenskasse med innvendig isolasjon og dreneringsplugg.



Figur 14 - Ventilkasse med koffertlåser.

Utfordringer

Geometrien er en utfordring med isolasjonskasser. Skarpe kanter på kassene kan skade varmekabler og maling under montering. Utformingen gir store overflater som har betydning ved eventuelle eksplosjonslaster. Nøyaktig oppmåling er viktig, det må gjøres utsparinger i kapslingen, fuging kan være krevende og manglende avrenning kan forårsake vanninntrenging og dermed KUI. Eldre isolasjonskasser mangler ofte drenering. Det er også en del eksempler på at ikke-godkjente inspeksjonsluker er ettermontert på kassene.

Koffertlåser har til dels vært laget i lavlegerte varianter som har lett for å korrodere eller knekke. Dagens kasseløsninger med et stort antall ulike koffertlåser kan vanskeliggjøre driftsoppgaver for operatører som smøring av ventiler, inspeksjon etc.

Omfang

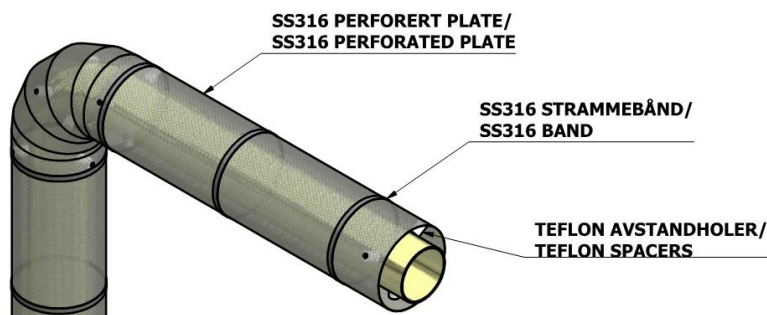
Isolasjonskasser brukes praktisk talt over alt.

3.13. Personellbeskyttelse

Isolasjonslag 1:	(Avstandselementer)	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 1970
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Perforert rustfritt stål		

Beskrivelse

Perforerte plater installeres med en avstand til varme overflater for å unngå brannskader på personell, se Figur 15. Kontaktflaten mellom isolasjonen og overflaten begrenses dermed til de små avstandselementene, og faren for KUI er minimal. Industrien har lenge operert med krav om at overflater varmere enn ca 70°C skal beskyttes på denne måten. Det har imidlertid vært vurdert å øke denne grensen for å begrense omfanget, det finnes eksempel på at grense på 100°C er innført [6].



Figur 15 – Illustrasjon av personellbeskyttelse. Perforert plate er montert med avstand til røret med teflonklosser.

Utfordringer

Selv om KUI ikke er et utbredt problem under denne typen isolasjon gjør platene det utfordrende å oppdage eventuell korrosjon på rør eller tank, i tillegg at de krever vedlikehold. Omfanget bør derfor begrenses også for personellbeskyttelse.

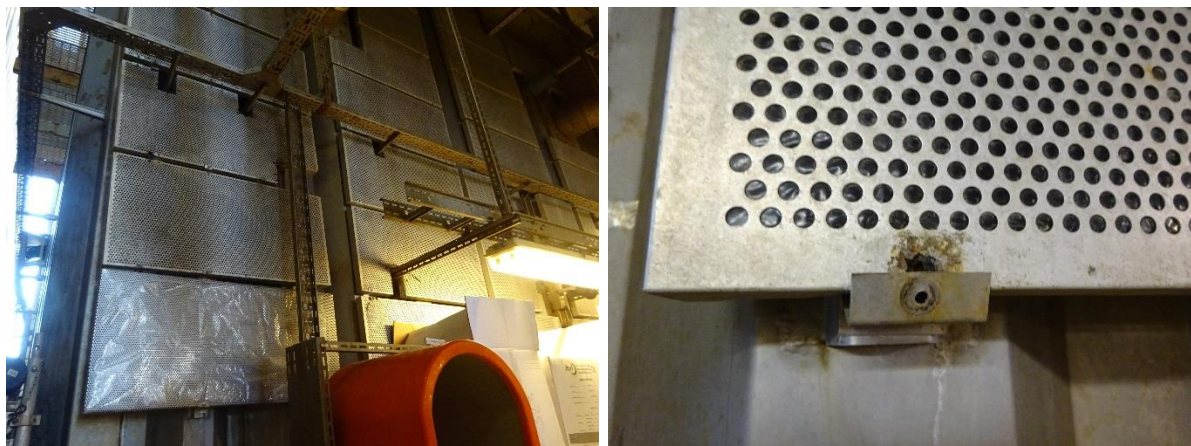
Omfang

Personellbeskyttelse har vært i bruk fra de eldste installasjonene og finnes praktisk talt over alt.

3.14. Støykassetter

Beskrivelse

Støykassetter brukes for å forbedre arbeidsmiljø, tydeliggjøre PA-meldinger og redusere gjenklang fra stålstrukturer. Perforert plate blir knekt som kassett med baksiden åpen, og innpakket steinull blir lagt i kassetten. Perforert plate kan enten være aluminium, galvanisert stål eller rustfritt stål. Støykassetter monteres på både vegger og i tak med vinkler, Figur 16.



Figur 16 – Støykassetter på vegg. Kassetten nederst til venstre er skiftet til rustfritt stål, resten er i aluminium. Høyre bilde viser galvanisk korrosjon i innfesting.

Utfordringer

For å redusere kostnader og vekt er det gjerne montert støykassetter i aluminium, mens vinkler de festes med er i rustfritt stål. Dette kan skape galvanisk korrosjon i innfestingen, Figur 16, og kassetten blir potensielt fallende gjenstander. Det er ikke kjent at løsningen gir fare for KUI.

Omfang

Støykassetter er mye brukt offshore.

3.15. Gjennomføringer

En viktig del av isolasjonsfaget omhandler gjennomføringer i dekk og vegger som har brannkrav. Bakgrunnen for dette er at brannintegriteten til en vegg, brannskille eller dekk skal være bevart selv om den er penetrert av rør eller kabler. Mellom røret/ kabelen og en foringshylse skapes et hulrom som må isoleres på en tilfredsstillende måte. Det er utviklet en lang rekke løsninger for dette, og her presenteres en overordnet oversikt, hhv. hulromsisolasjon, mansjettløsning og kabelgjennomføringer.

Hulromsisolasjon

Fra 1980-tallet til rundt år 2000 ble mineralull eller ekspanderende skum brukt til å fylle hulrommet. I tillegg ble duk eller forseglingsmasse benyttet til ytterkapsling. Det har vært til dels store utfordringer knyttet til at duken ødelegges og vann trenger inn i isolasjonen med påfølgende KUI-problematikk. Isolasjon er flere steder skiftet ut under KUI-kampanjer, men produktene finnes fortsatt. Skumløsningen har hatt en tendens til å glippe i kontaktflater som blir fuktige, og den er da ikke tett. Den absorberer også fuktighet som øker faren for KUI. Fuktigheten er ofte ikke synlig før man presser mot gjennomføringen og det kommer ut vann.

Senere kom det løsninger der hulrommet fylles med gummistaver og forsegles med en fugemaske. Disse har vesentlig bedre egenskaper når det gjelder fuktighet og er en foretrukket løsning på mange installasjoner i dag. Hvis rørene er varmere enn ca. 65°C kan dette påvirke herding av produktet. Dersom det er for stort areal som skal tettes kan isolasjonen sige sammen i en brann. Det har også vært noe utfordring med at gjennomføringshylsene er for korte til at gummistavene får plass. Rør med

høy eller lav temperatur kan også gjøre at fugemassen ikke fester seg rundt røret. Da vil vann kunne renne ned i gjennomføringen og forårsake KUI, se eksempel i Figur 17.



Figur 17 – Eksempel på korrosjon i dekksgjennomføring.

Mansjettløsning

Fra ca år 2000 kom mansjettløsninger på markedet. Disse tetter gjennomføringene på utsiden av hylsen, og da på den eksponerte siden. Unntaket er store rørdimensjoner som skal tettes på begge sider av gjennomføringen. Mansjettene festes med strammebånd rundt rør og hylse, og er derfor raske og enkle å installere. Det gjør også løsningen mer inspeksjonsvennlig enn hulromsisolasjonen. Den er imidlertid sårbar for mekanisk skade og krever i eksponerte områder ekstra beskyttelse. Det er også begrensninger i eksplosjonstrykk og jetbrannmotstand sammenlignet med hulromsisolasjonen. Hvis strammebåndene ikke er godt nok festet vil ikke løsningen holde seg på plass ved en brann.

Kabelgjennomføringer

Noen løsninger er utviklet primært for kabelgjennomføringer, men brukes også på instrumentrør og mindre prosessrør. Dette er modulbaserte løsninger av gummi med god brannbestandighet. De har vært i bruk siden 1970-tallet og brukes fortsatt. Den største utfordringen med disse er feilmontering som gjør at brannintegriteten ikke ivaretas. Det har i den senere tid blitt avdekket at rammer for gjennomføringer i vegg og dekk i stor skala har vært montert feil vei. Branntester av feilmonterte rammer med gummiklosser viser at de kolliderer i løpet av kort tid. Der hvor det er fare for at en kabelgjennomføring kan bli truffet av en jetbrann er det krav til at denne skal ha forlenget ramme og dobbelt sett med gummiklosser. Også denne er utsatt for feilmontering.

3.16. Sprøytet brannisolasjon

Beskrivelse

Sprøytet brannisolasjon har vært brukt på strukturstål siden 1980-tallet. I starten var sementbaserte i bruk, men pga. utfordringer med rask degradering kom epoksybaserte, ekspanderende løsninger på markedet rundt 1985. Disse er fortsatt i bruk i stor grad. Prinsippet er at materialet ekspanderer i en brannsituasjon og beskytter stålet mot høye temperaturer tilstrekkelig lenge til at integriteten er sikret inntil slukking eller evakuering.

Utfordringer

Det har forekommet tilfeller av KUI på overflater med sprøytet brannisolasjon, da i forbindelse med bruk av galvanisert netting for armering eller uheldig overflatebehandling utenpå isolasjonen.

Forbedringer på dette har redusert problematikken på nyere installasjoner. Isolasjonen er svært vanskelig å fjerne.

Omfang

Løsningen er i bruk i stort omfang på de fleste installasjoner.

4. BESKRIVELSE AV LØSNINGER FOR OVERFLATEBEHANDLING

4.1. Karbonstål

I de første årene av norsk petroleumsindustri var det en gjengs oppfatning at isolasjonen på rør i praksis var vanntett. Dermed ble det ikke ansett som nødvendig å male slike rør, selv om de var i karbonstål, annet enn det tynne overflatebelegget fra rørleverandørene (ca 20 µm “shop primer”). Dette var den rådende praksis før ca 1983.

KUI var imidlertid en kjent problemstilling allerede på denne tiden, og er bl.a. nevnt i en isolasjonsspesifikasjon fra 1983 [8]. Fra denne tiden ble det tatt i bruk malingssystemer under isolasjon, i hovedsak sinketylsilikat-primer med toppstrøk i vinyl, for å begrense Kui-problemene. Sinketylsilikat var imidlertid krevende å påføre, og forårsaket i kombinasjon med salt fra luften og tilsetningsstoffene i mineralull et surt miljø som bidro til korrosjon. Løsningen var dessuten utsatt for degradering ved høyere temperaturer, noe som ofte er tilstede på isolerte rør.

Rundt 1992 kom nye produkter på markedet som viste seg å ha gode egenskaper også ved temperaturer over 100°C. Disse har vært dominerende siden da:

- Fenolepoksy, et produkt som kommer godt ut i prekvalifiseringstester som NORSOK M-501 [12].
- Termisk sprøytet aluminium (TSA). Anses som et vesentlig mer holdbart og slitesterkt belegg enn polymeriske malingsprodukter, spesielt ved høye temperaturer.

4.2. Rustfritt stål

Rustfrie stålrør med isolasjon ble installert umalt fram til ca 1992. Det viste seg imidlertid at også disse materialene var utsatt for Kui, og ikke minst klorindusert spenningskorrosjon (CSCC) som oppstår ved en kombinasjon av fuktighet, salt, høy temperatur og strekkspenninger i stålet. Det ble på bakgrunn av dette innført krav om overflatebehandling under isolasjon, bl.a. gjennom innføringen av NORSOK på 1990-tallet.

Også på rustfrie stål er det termisk sprøytet metallbelegg eller fenolepoksybelegg som brukes. Praktiseringen av dette kravet er imidlertid noe varierende, og særlig ventiler og annet utstyr fra leverandører som er mindre kjent med NORSOK-krav kan ha en risiko for at overflatebehandling mangler.

5. NYE LØSNINGER FOR ISOLASJON OG OVERFLATE

I dette kapitlet er noen utvalgte løsninger og produkter av nyere dato presentert. De er alle tatt i bruk i petroleumsindustrien, men erfaringen med dem er begrenset.

5.1. Polyuretanskum totalløsning

Isolasjonslag 1:	Polyuretanskum (PUF)	Funksjon:	Termisk
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 2008
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Glassfiberduk (integrert)		

Beskrivelse

Totalløsning med polyuretanskum (PUF) er ferdigherdete skåler med not- og pinneløsning. Rundt PUF-skålene er det lagt en vanntett glassfiberduk som limes på langskjøten. Slik får man en ferdig isoleringsløsning uten metallkapsling utenpå. Montering av isolasjonsmateriale og kapsling gjøres dermed i én operasjon og er tidsbesparende sammenlignet med separat kapsling, herunder anslagsvis halvering av monterings tid. Skålene kan fabrikeres med spor for varmekabel. Produktet har også god mekanisk styrke og tåler ytre påkjenninger bedre enn f.eks. celleglass-løsninger.

I motsetning til skumisolasjonen beskrevet i 3.9 er denne løsningen godkjent. Produktet prefabrikeres under kontrollerte forhold hvor helserisikoen ved isocyanater håndteres. I tillegg er det utviklet med brannhemmende egenskaper.

Omfang

Selv om løsningen har vært på markedet i ca ti år er bruken av den begrenset. I forbindelse med økende fokus på kostnader ser den ut til å ha tatt seg opp de siste årene, bl.a. på nye borerigger fra Østen.

5.2. Aerogel

Isolasjonslag 1:	Aerogel	Funksjon:	Brann/ termisk/ støy
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	Ca 2010
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Rustfritt stål		

Beskrivelse

Aerogel er en produktgruppe som i de senere år er tatt i bruk som isolasjonssystem i oljeindustrien. Produktene har meget gode egenskaper på brannisolasjon, termisk isolasjon og støyreduksjon, og blir nå benyttet i stor skala på nye installasjoner. Aerogel har meget høy isolasjonsevne og leveres i tynne matter, noe som kommer til uttrykk i form av redusert volum og vekt på isoleringsløsningen. Til tross for at selve materialet er relativt kostbart anses det likevel som en økonomisk gunstig løsning ut fra en helhetlig betraktning. Materialet absorberer ikke vann, men holder på fuktighet.

Utfordringer

Det pågår en diskusjon i bransjen i dag om man på sikt kan få samme KUI-problematikk som med celleglass, dvs. at isolasjonen vil holde på fuktighet som kommer inn mellom isolasjon og rørvegg uten at dette vannet blir drenert ut på lavpunkt. Avstandsisolering har ikke vært benyttet til nå, selv om dette har vært en trend for andre produkter og løsninger de senere årene. Det bemerkes at løsningen ikke er grundig utprøvd i mindre skala før den er installert i stort omfang på offshoreinstallasjoner. Pga. støvdannelse er det krav til personlig verneutstyr og områdeavsperring ved håndtering av aerogel.

Det er også noe usikkerhet rundt hvilke effekter løsningen har i et mer langsiktig perspektiv når det gjelder vedlikehold. Det er begrenset med erfaring knyttet til hva dette materialvalget innebærer av vedlikeholdskostnader og -utfordringer i driftsfasen.

Omfang

Alle nye installasjoner produsert i Østen har stort omfang av aerogel.

5.3. Celleglass totalløsning med avstandselementer

Isolasjonslag 1:	Avstandselementer	Funksjon:	Brann/ termisk
Isolasjonslag 2:	Celleglass	I bruk fra:	2017
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	Fabrikkpåført/ integrert		

Dette er en nylig utviklet variant av løsningen beskrevet i avsnitt 3.7. Som tidligere nevnt er det erfart KUI-problemer også med celleglass direkte mot den isolerte overflaten. Produsentene av celleglass har derfor begynt å se på løsninger hvor man limer avstandselementer innvendig på celleglass-skålene for å få avstand mellom skål og rør, Figur 18, jfr. andre gode erfaringer med avstandsisolering. Dersom dette viser seg å være gyldig også her, er det potensiale for en installasjonsvennlig, kostnadseffektiv og lite KUI-utsatt løsning. Løsningen er imidlertid nylig tatt i bruk, og således er det høstet lite erfaring til nå.



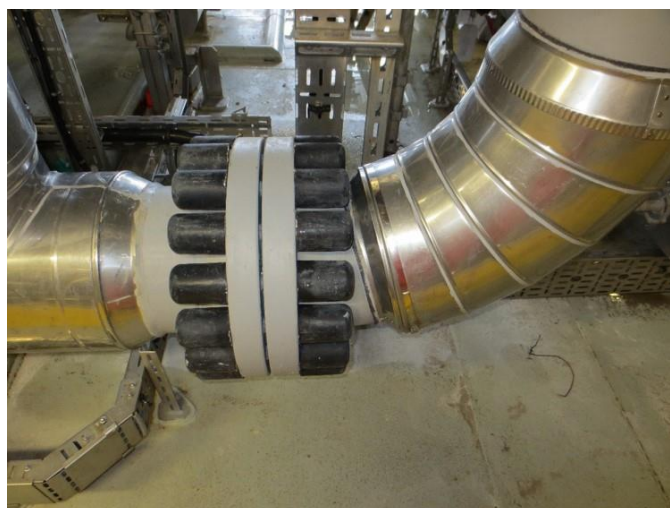
Figur 18 – Eksempler på rørskåler av celleglass totalløsning med avstandselementer og integrert kapsling (illustrasjon fra Foamglas).

5.4. Boltkopper

Isolasjonslag 1:	Vulkanisert gummi	Funksjon:	Brann
Isolasjonslag 2:		I bruk fra:	2010
Isolasjonslag 3:		I bruk til:	-
Kapsling:	-		

Beskrivelse

En løsning med boltkopper er utviklet som erstatning for isolasjonskasser og -puter for å unngå brudd på ventiler og flenser. Kopper av vulkanisert gummi monteres utenpå bolter og muttere i flensede forbindelser for å forlenge levetiden på dem i tilfelle brann. Løsningen gir en vesentlig plass- og vektbesparelse sammenlignet med kasseløsninger, og er i tillegg mer inspeksjonsvennlig.



Figur 19 – Eksempel på boltkopper på en flensforbindelse.

Utfordringer

Det er begrenset med erfaringer fra bruk av løsningen, men det er erfart noe vannansamling i kopper montert på undersiden av flenser på vertikale rør. Dette kan medføre KUI som må følges opp i drift. Lange bolter og plassmangel kan skape behov for lokale tilpasninger med tilhørende fare for vanninntrenging og manglende brannbeskyttelse.

Omfang

Løsningen er tatt i bruk på en del nyere installasjoner.

5.5. Brannpanel

Beskrivelse

Brannpaneler er utviklet for å beskytte beholdere ved en brann. Paneler med fiberisolasjon (AES eller kompaktfiber) blir montert på en ramme som festes rundt beholderen med luft mellom overflaten og isolasjonen for å redusere sannsynligheten for KUI. Panelene er demonterbare eller utstyres med luker

for inspeksjon. Løsningen er ikke ny, men har vært lite i bruk, og det er derfor begrenset erfaring med den.

Utfordringer

Relativt høye kostnader kan være årsak til at denne løsningen ikke er mer utbredt.

Omfang

Løsningen har vært i bruk på beholdere i et svært begrenset omfang.

5.6. Overflateløsninger

Maling og annen overflatebehandling som beskrevet i kapittel 4 stiller strenge krav til kontroll under forbehandling og påføring. I de senere år har det vært utviklet overflateløsninger som alternativer til maling. Noen løsninger er basert på elastiske bånd eller belegg som vikles rundt rør og tanker, og som krever mindre av forbehandlingen. Formålet er å skape en tett overflate som hindrer evt. videre korrosjon ved at oksygen ikke slipper til. Dette kan egne seg bra under isolasjon, og har særlig vunnet popularitet i forbindelse med vedlikehold og rehabilitering. En ulempe med slike løsninger er at de kan være krevende å fjerne og dermed vanskeliggjøre inspeksjon, ikke minst med tanke på innvendig korrosjon. Ytterkantene av et område behandlet på denne måten, dvs. overgangen til malt stål, vil også kunne representere en usikkerhet. Det finnes kvalifiserte løsninger, men erfaringene er begrenset.

Ved mindre krav til isolasjonsevne, enten termisk eller støy, har spesielle malingsprodukter blitt utviklet som erstatning for isolasjon. Termisk maling kan f.eks. erstatte personellbeskyttelse i form av avstandsplater som beskrevet i avsnitt 3.13.

6. UTFØRELSE, OPPFØLGING OG REHABILITERING

6.1. Utfordringer under utførelse

Det er betydelige forskjeller i egenskapene til de ulike løsningene for isolering og overflatebehandling. Men uavhengig av disse forskjellene er kvaliteten på utførelse av arbeidet helt essensiell for å unngå KUI eller andre problemer. Menneskelige faktorer vil uunngåelig være til stede, og lokale tilpasninger må ofte gjøres pga. fysiske, miljømessige eller kontraktuelle begrensninger.

Overflatebehandlingen krever god kontroll på forbehandling, renhet, fuktighet og påføring for å oppnå lang levetid og god barriere mot KUI. Mangel på faglig kvalitetskontroll og utførelse i strid med spesifikasjoner og prosedyrer er en svært aktuell problemstilling som har stor betydning for omfang av KUI-problematikk. Områder med vanskelig tilkomst, f.eks. rundt rørstøtter og påstikk, er spesielt utsatt for redusert overflatekvalitet. Valg av riktig system har også vært en utfordring, ofte knyttet til degradering av overflaten på varme systemer.

Ved installasjon av isolasjonsmaterialene og kapslingen er det også en lang rekke faktorer som kan påvirke integriteten til systemet, se Tabell 3.

Tabell 3 – Eksempler på vanlige feil eller mangler ved utførelse av isolasjonsarbeid.

Beskrivelse	Konsekvens
Feil legging av skjøter på isolasjonselementene	Vanninntrenging og dårlig drenering
Feil legging av kapslingsskjøter, f.eks. motskjøt	Feil vannfall, vanninntrenging
Dimensjonstoleranser på prefabrikkerte isolasjonsskåler	Skader/ sprekker i isolasjonen. Feilmontering
Passform på isolasjonspalter og -kasser	Store åpninger, vanninntrenging. Eksempel i Figur 21 (b).
Slakk i montering av kapsling/ sikker	Kapslingselementer glir fra hverandre og gir vanninntrenging. Albuer og vertikale rør spesielt utsatt. Eksempel i Figur 20 (a).
Bruk av feil type fugemasse for tetting av kapsling (tåler f.eks. ikke UV-stråling eller høy temperatur)	Fugemasse sprekker opp/ forvitrer og gir vanninntrenging. Eksempel i Figur 21 (a).
Feil legging av fugemasse av kapslingsskjøter (fugemassen legges på utsiden i stedet for på innsiden, skal ligge klemt mellom platene)	Fugene åpner seg og gir vanninntrenging
Manglende fugemasse på steder med vanskelig tilkomst	Vanninntrenging
Manglende uttrekkskant ved utklipp i kapsling for ventiler, påstikk o.l.	Gir svakhet i platene, fugene åpner seg og gir vanninntrenging. Skader malingen. Eksempel i Figur 20 (b).
Manglende dreneringshull	Hindrer at vann dreneres ut
Manglende strammebånd	Fugene åpner seg og gir vanninntrenging

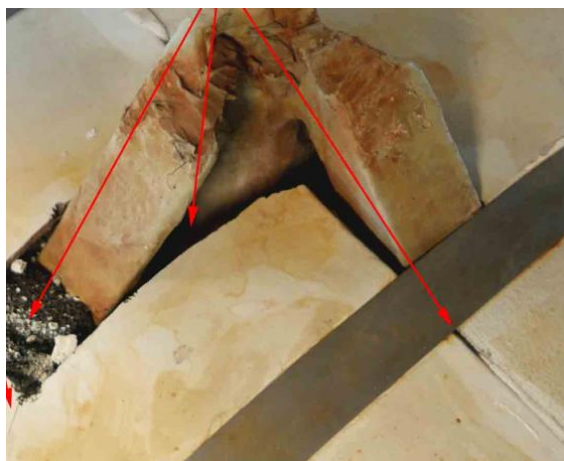


(a)



(b)

**Figur 20 – (a) Feil utført skjøting av kapsling medfører sig og mulighet for vanninntrenging.
(b) Manglende uttrekkskant og fuging mot røret.**



(a)



(b)

**Figur 21 – (a) Forvitret fuge rundt utklipp i kapslingen.
(b) Isolasjonspute med dårlig passform.**

En stor del av utfordringene her kan håndteres ved tettere oppfølging og kvalitetssikring under utførelsen. Dette er beskrevet i avsnitt 6.2. En betydelig andel må likevel tilskrives at det i mange sammenhenger ikke tas tilstrekkelig hensyn til plass og vekt av isolasjon ved prosjektering og fabrikasjon. Forbedret samarbeid på tvers mellom de respektive aktører er nødvendig for å unngå problemer med dette. Dette samarbeidet og hvordan det er tiltenkt å fungere er i svært varierende grad ivarettatt av styrende dokumentasjon og ordlyd i de respektive kontrakter.

6.2. Oppfølging

Som et ledd i å øke kvaliteten på utførelsen ble FROSIO-ordningen innført i bransjen, først for overflatebehandling på slutten av 1980-tallet, og i 2012 også for isolasjon. Formålet er å kvalifisere og sertifisere personell involvert i denne type arbeid. Det er foreløpig ikke nedfelt som et krav at isoleringsinspektører skal være FROSIO-sertifisert på lik linje med overflateinspektører, men dette er

i ferd med å fases inn bl.a. ved at noen aktører i bransjen stiller egne, selskapsspesifikke krav til sertifisering.

Kontraktsformene som ligger til grunn for isolasjonsarbeid tillater ofte ikke tilstrekkelig innsats på kvalitetssikring av utførelsen. Fastprisavtaler uten spesifikke beskrivelser eller krav til kvalitetssikring er vanlig. Oppgaven tilfaller i mange tilfeller personell uten tilstrekkelig kompetanse og kjennskap til isoleringsløsninger og hva som kreves for kvalitetssikring av utførelsen. Særlig de siste årene, der kostnadsfokuset i bransjen legger stort press på ratene til leverandørene, er det en tendens til at denne type oppgaver ikke blir prioritert.

I sammenheng med at en rekke nye installasjoner er bygget i Øst-Asia siden 2010 er det blitt tydelig at kravene og praksisen som gjelder for norske forhold er krevende å implementere andre steder i verden [13]. Eksempelvis har ikke isolasjonsfaget nødvendigvis samme status som et håndverk som det har i Norge, samt at forventninger til levetid for isolasjonen ofte er vesentlig lavere enn i norsk petroleumsindustri. I tillegg er isolasjonsarbeidet noe av det siste som utføres i fabrikkasjon. Med forsinkelser i fabrikkasjon blir det dermed ofte kortere tid enn planlagt til å utføre isolasjonsarbeidet for å nå kravene om prosjektavslutning og «sail-away». Da kompenseres det gjerne med å øke bemanningen, men på bekostning av kompetanse i det utførende ledd og kvalitetssikring.

Også i forbindelse med vedlikehold i anleggene har det blitt vanligere med kampanjer og korte, intensive arbeidsperioder som krever mange mennesker. Utfordringene med bemanning og kompetanse blir tilsvarende som nevnt over.

ISO-fagene utgjør i størrelsesorden 30 % av de totale vedlikeholdsutgiftene i industrien, dvs. rundt 4-5 mrd NOK årlig. Dette tatt i betraktning er det all grunn til å ikke undervurdere betydningen av å investere i kvalitetssikring av arbeidsutførelsen.

6.3. Tilstandskontroll og inspeksjon

Tilstandskontroll er i denne sammenhengen å forstå som en gjennomgang av integriteten til et isolasjonssystem uten å fjerne isolasjonen. Formålet er primært å:

- a. Vurdere risiko for KUI basert på feil eller skader i isolasjonen, først og fremst med tanke på vanninntrenging og vannansamling.
- b. Vurdere om funksjonen til isolasjonen er ivarettatt, f.eks. brannbeskyttelse eller termisk isolering.

Tilstandskontrollen kan inkludere en gjennomgang av underlagsdokumentasjon fra prosjektering, fabrikkasjon og installasjon, samt en oppgang av anlegget i felt. Feltoppgangen vil vanligvis begrenses til en utvendig kontroll av kapsling og drenering, men det kan også tas prøver for å avdekke fuktighet. Identifisering av risikoområder ved tilstandskontroll leder til en vurdering av behov for inspeksjon eller rehabilitering. Dette utføres fortrinnsvis av FROSIO-sertifisert personell, men som nevnt over stilles det ikke nødvendigvis formelle krav til dette.

Det er også vanlig praksis med enklere systemoppganger, der det med generell visuell inspeksjon identifiseres områder med forhøyet fare for vanninntrenging. Dette er en enklere øvelse enn full tilstandskontroll, men er samtidig mindre grundig og utføres ofte av personell uten spesialkompetanse på isolasjon.

Installasjoner som har innført tilstandskontroll rapporterer om betydelige reduksjoner i vedlikeholdskostnader. Omfanget av tilstandskontroll varierer kraftig fra operatør til operatør, men også innenfor én organisasjon eller installasjon. Krav er gjerne ikke nedfelt på overordnet nivå, og kontroll som utføres kan således bli personavhengig. Utvalgelse av områder eller systemer bestemmes i stor grad av HMS-forhold med hovedfokus på hydrokarbonførende rør og tanker. Hjelpesystemer blir ofte nedprioritert selv om de kan ha stor betydning for produksjon og oppetid, og dermed også stor økonomisk betydning. I noen tilfeller styres kontrollen av funnene som gjøres, framfor en mer helhetlig og forebyggende strategi. Det er gjort store kutt i omfanget av tilstandskontroll som følge av kostnadsreduksjonene i industrien de siste årene. Fra 2013 til 2016 var det f.eks. en halvering i antall arbeidstimer som utføres av kontraktører på vedlikehold og drift offshore, til tross for flere og eldre installasjoner å håndtere [14].

Inspeksjonsaktiviteter for å avdekke KUI krever normalt avisolering for å gi tilkomst for visuell inspeksjon av de isolerte overflatene. Dette gjøres til dels i sammenheng med rehabiliteringsjobber, se avsnitt 6.4. I likhet med betraktningene gjort i avsnitt 6.1 kan installasjon av ny isolasjon etter inspeksjon medføre feil og mangler, og dermed gi økt risiko for KUI som en indirekte følge av inspeksjon. Hvis inspeksjonen og historikken på linjene samtidig viser at det ikke har vært korrosjonsproblemer kan det gå lang tid til neste avisolering, samtidig som feilene skaper korrosjonsproblemer. Avisolering for inspeksjon er altså en kostnadsdrivende aktivitet som kan skape nye problemer, samtidig som det er den mest pålitelige metoden for å påvise KUI. I noen tilfeller praktiseres stikkprøvekontroll for å begrense avisoleringsomfanget. Det er imidlertid godt kjent at KUI kan oppstå lokalt, så med mindre man klarer å forutse veldig presist hvor forekomstene vil være, er verdien av slik kontroll begrenset.

Et alternativ til avisolering er ikke-destruktiv testing (NDT), som avhengig av bl.a. omfang, dimensjon og NDT-metode kan være billigere å gjennomføre. Dette er metoder som radiografi, guided-wave ultralyd (GUL) og pulserende virvelstrøm (PEC). De har imidlertid begrensninger på komplekse geometrier, samt på nøyaktighet når de gjøres utenpå isolasjonen, og brukes derfor helst til å søke etter områder med KUI før avisolering. For å få et mest mulig pålitelig resultat er det viktig å ha realistiske forventninger til og forståelse av hva de ulike NDT-metodene kan og ikke kan levere. Manglende innsikt i dette har medført noe skepsis til bruk av NDT.

6.4. Rehabilitering og levetidsforlengelse

Rehabilitering av isolasjon utføres for å øke levetiden av den, men er like mye en aktivitet knyttet til inspeksjon av de isolerte overflatene, jfr. forrige avsnitt. På en installasjon kan det være store mengder isolerte rør og tanker, og selv om det legges planer for omfattende rehabilitering er det ofte utfordrende å rekke over alt i løpet av tiden man har til rådighet. Arbeidet medfører store materialbehov og betydelige mengder avfall, som sammen med begrenset lagringsplass offshore gjør at det kreves mange båtanløp til installasjonene. Et godt samarbeid mellom inspeksjons- og isolasjonskontraktører, i tillegg til plattformledelsen, er en faktor som vil bidra til å sikre godt gjennomførte rehabiliteringsprosjekter.

Strategi og praksis for rehabilitering av isolasjon har historisk sett vært forbundet med store variasjoner mellom de ulike installasjonene og operatørene. I etterkant av celleglassens inntog på midten av 1980-tallet ble dette materialet mange steder brukt til oppgradering der det fra før var fiberisolasjon, enten som full erstatning eller som førstelagsisolasjon. Disse endringene ble imidlertid

fasett inn på ulike tidspunkt, avhengig av faktorer som restlagre av fiberisolasjon, vilje til å ta ekstra kostnader og store KUI-programmer, samt de enkeltes kunnskap om isolasjon og KUI. Omfanget av vedlikeholdsprosjektene, f.eks. i antall kvadratmeter eller prosentandel, har også hatt betydning for om den opprinnelige løsningen har blitt gjentatt eller ikke.

Forventet levetid og levetidsforlengelse er begreper som vanskelig lar seg kvantifisere. Som nevnt ovenfor kan kvaliteten på utførelsen av isolasjonsarbeidet ha vel så stor betydning på levetiden som det selve isolasjonsmaterialet har. I verste fall kan rehabilitering medføre nye problemer. En tommelfingerregel i bransjen har imidlertid vært at fiberisolerte rør og tanker bør avisoleres med åtte års intervaller, mens celleglass har tolv års intervaller. På den annen side har det vært observert betydelig KUI under celleglass etter langt kortere tid enn dette, noe som gjerne tilskrives utett kapsling. Forventninger rundt levetid må derfor inkludere resultater fra en tilstandskontroll.

Kostnader til rehabilitering av isolasjon er avhengig av en lang rekke faktorer, bl.a. isoleringsfunksjon og dimensjoner. Tabell 4 gir et omtrentlig kostnadsbilde for avisolering, reparasjon av overflatebehandling og reisolering av ti løpemeter offshoreinstallerte rør med gjennomsnittlig kompleksitet (ventiler, flenser, albuer). Ulike faktorer, som tilkomst, tilstand, kompleksitet og temperatur vil påvirke kostnadene, og det forekommer variasjoner utover det tabellen angir. Brannbeskyttelse er generelt mer kostbart enn de andre funksjonene. Stillas er ofte nødvendig, og utgjør en betydelig andel av totalkostnaden. Typiske stillaskostnader er inkludert i Tabell 4. For arbeid på landanlegg vil kostnadene ligge på et noe lavere nivå.

Tabell 4 – Eksempler på kostnader for rehabilitering av isolerte rør offshore.

Dimensjon	Totalkostnad (kNOK), 10 løpemeter rør
2"	70-120
8"	100-240
18"	200-700

Omfanget av isolerte rør varierer kraftig fra installasjon til installasjon, noe Tabell 5 indikerer. Her er seks utvalgte offshoreinstallasjoner som er satt i drift mellom 1982 og 2005 vist med resultater fra isolasjonsstudier gjort rundt år 2015 [15]. Omfanget spenner her fra ca 6 til 53 km isolerte rør, en variasjon som skyldes både størrelsen på installasjonen, ulike prosessforhold, gjeldende isolasjonsfilosofi og hvilken operatør som var ansvarlig for utbyggingen. I tillegg er et landanlegg, med langt større omfang av isolasjon, tatt med. Merk at isolerte tanker og strukturer ikke er inkludert i denne oversikten.

Tabell 5 – Noen eksempler på omtrentlig mengde isolerte rør på seks utvalgte offshoreinstallasjoner (A-F) og et landanlegg (G) [15].

Installasjon	A	B	C	D	E	F	G (land)
Antall km isolerte rør	23	6	53	19	19	22	250

7. TILTAK FOR RISIKOREDUKSJON OG LEVETIDSFORLENGELSE

7.1. Tiltak for å redusere omfanget av isolasjon

Som belyst i denne rapporten kan isolasjon medføre betydelige sikkerhetsmessige utfordringer. Ingen av løsningene som er tatt i bruk ser ut til å eliminere risiko for KUI fullstendig. Selv om mange tiltak kan gjøres for å forbedre egenskapene til en løsning, enten ved materialvalg, oppbygging, utførelse eller oppfølging, vil det mest effektive tiltaket for å redusere risikoen være å redusere omfanget av isolasjon. Erfaring viser at der det gjøres en systematisk og strukturert gjennomgang av isolasjonsbehov, inkludert alle relevante funksjoner, blir det totale behovet mindre. I tillegg blir isoleringsløsningen mer riktig i forhold til kravene. Ulike muligheter og aktiviteter gjelder for de forskjellige fasene i en installasjons levetid:

- Nybygg: Grundig vurdering av isolasjonsbehov er nødvendig. Teknologikvalifisering kan utfordre etablert praksis.
- Modifikasjoner: Vurdere betydning av endringer på installasjonen i forhold til opprinnelige krav.
- Avisolering/ inspeksjon: Systematisk gjøre beregninger av behov for reisolering.

Det er vesentlig at slike vurderinger gjøres multidisiplint og involverer prosess og teknisk sikkerhet.

Oppdatering av brannkrav

De fleste installasjoner gjennomgår endringer i prosessforhold og/ eller fysisk utforming i løpet av levetiden. Driftstrykk og –temperatur kan endre seg ved inn-/ utfasing av brønner eller haleproduksjon, og nye moduler og utstyr kan komme til. Pga. dette vil ikke kravene som var gjeldende ved bygging og oppstart nødvendigvis lenger være gyldige. Analysemetoder har også gjennomgått forbedringer, både på prinsipper og presisjon. Brann- og eksplosjonslaster bør derfor oppdateres for eksisterende anlegg. Det finnes nylige eksempler på at brannanalyser og endret filosofi gir et potensiale for reduksjon av passiv brannbeskyttelse (PBB) i størrelsesorden 60-80% [16]. Potensialet for avisolering vil imidlertid variere sterkt, alt etter hvilken filosofi som var rådende ved byggetidspunktet. På nyere installasjoner er kapasiteten på fakkelsystemet økt betraktelig. Dette medfører at trykkavlastningstiden ved en evt. hendelse er redusert og behovet for PBB blir mindre.

Det er også gjort noe teknologiutvikling og kvalifisering i forbindelse med brannkrav. F.eks. er bolter i 25Cr duplex rustfritt stål akseptert for bruk uten brannisolasjon opp til 200 mm nominell rørdimensjon. Det samme gjelder enkelte typer mekaniske koblinger [17].

Det finnes også eksempler på at enkle tiltak eller vurderinger kan redusere isolasjonsbehov:

- I et område med et definert brannkrav kan karbonstål avisoleres mens korrosjonsbestandige legeringer isoleres, da disse har langt lavere risiko for KUI. Forutsetningen er at dette totalt sett ikke øker potensialet for brannskalering.
- Avstandsplater utenpå rør kan erstatte fiberisolasjon dersom det er små brannlaster som skal håndteres.
- Beregninger kan tillate å redusere omfanget til å bare gjelde flensene.
- Bruk av sprøytet brannisolasjon i stedet for fiberisolasjon.

Oppdatering av støykart og støykrav

Hvordan støy genereres og forplanter seg i et anlegg er krevende å forutse presist. Ofte gjøres det antagelser i prosjekteringsfasen, f.eks. om at støyen er lik over en hel rørlinje og det dermed spesifiseres isolasjon på hele linjen for å være på den sikre siden. Teknologien for kartlegging av støy er vesentlig forbedret. I noen tilfeller kan det være hensiktsmessig å avvente støyisolering til en slik kartlegging er gjort under normal drift, og det finnes nylige eksempler på at kun små andeler av det opprinnelige omfanget for støyisolering faktisk trengte det. Også her vil prosessendringer eller ombygginger kunne forandre på støybildet i forhold til det opprinnelige. Tiltak bør også omfatte en vurdering av støybelastning på personell i et helhetlig risikoperspektiv, inkludert økt aktivitet i anlegget. Bruk av mindre støyende utstyr kan vurderes i noen sammenhenger.

Vurdering av termisk isolasjonsbehov

Også behovet for termisk isolasjon bør vurderes. Som for brannisolasjon kan endringer i prosessforhold i løpet av levetiden gi andre driftstrykk og –temperaturer enn de som er lagt til grunn ved bygging. Hvor raskt oppstart og trykkavlastning gjøres på en installasjon kan f.eks. ha betydning for isolasjonsbehovet, der formålet er å hindre kondensering eller hydrat- eller voksdannelser. For personellbeskyttelse kan akseptabel temperaturgrense vurderes, og det åpnes stedvis opp for å endre fra 70 til 100°C. Termisk maling kan være et alternativ til bruk av perforerte plater. Dersom mulig kan man også la være å isolere komplekse og utsatte deler som man vet har større risiko for KUI.

Slike vurderinger gjøres i dag, men det oppfattes i mange tilfeller som en komplisert og tidkrevende prosess. En forenkling av prosedyrer for beslutning på endrede isolasjonskrav anbefales.

7.2. Tiltak for å forbedre løsninger

I mange tilfeller kommer man imidlertid ikke utenom å isolere. Som diskutert i kapittel 6 vil oppfølging under utførelse og drift ha stor betydning for hvorvidt vann vil kunne trenge inn og forårsake KUI. Samtidig er det en erkjennelse i industrien at det i praksis ikke er mulig å sikre seg fullstendig mot vanninntrenging, og et viktig tiltak for å unngå KUI er dermed å etterstrebe så robuste løsninger som mulig. Dette er en særlig relevant problemstilling sett i lys av tankegangen om innsparinger og optimalisering de siste årene. Manglende robusthet skaper noe bekymring i næringen ved at marginene mot restrisikoen, dvs. de usikkerhetsmomentene man ikke har tenkt på under prosjektering, reduseres.

Det trolig mest effektive enkelttiltaket for å øke robustheten av en isoleringsløsning med tanke på KUI, og som det er bred enighet om i bransjen, er avstandsisolering [18], [19]. Bruk av klosser eller ringer som holder isolasjonsmaterialene minst 10-12 mm unna overflaten hindrer at vann blir stående og får forårsake korrosjon, se avsnitt 3.5 og 5.3. Men til tross for at den positive effekten av dette har vært kjent i en årrekke, har implementeringen av avstandsisolering vært beskjeden, også på nye utbygginger de siste årene. Ulempen er naturlig nok at det kreves ekstra plass til isolasjonen, men dette er mulig å kompensere med slankere isolasjonsmaterialer, f.eks. aerogel som beskrevet i avsnitt 5.2. Videre kan utvikling av løsninger med integrerte avstandselementer bidra til å holde installasjonstiden nede.

Andre tiltak for økt robusthet av isoleringsløsninger, og som anbefales vurdert ved valg av løsning eller rehabilitering, er:

- Løsninger for å drenere ut vann som samler seg i isolasjonen. Dette er til en viss grad i bruk i dag.
- Vannstoppere, dvs. ringer rundt røret som hindrer vann i å bre seg unødig langt fra kilden til vanninntrenging.
- Bruk av dobbel værbeskyttelse, f.eks. både tape og stålkapsling.
- Utvikling av produkter som er mindre kritiske til dimensjonstoleranser.
- Forenkling og standardisering av produktene vil gjøre prosjektering som inkluderer isolasjon mindre kompleks, og vil kunne gi et enklere og mer effektivt vedlikehold.
- Luker eller plugger for bedre inspeksjonsvennlighet.

Et eksempel på en robust løsning for termisk isolering av en tank er vist i Figur 22. Her er isolasjonen montert med avstand til overflaten, og den er lett tilgjengelig for inspeksjon.



Figur 22 – Eksempel på robust løsning med avstandsisolering og luke for inspeksjon.

I sammenheng med den økte bruken av korrosjonsbestandige rørmaterialer de siste 20 årene, har problemer med korrosjon av bolter og muttere under isolasjon blitt betydelig. Dette skyldes at det fortsatt brukes bolter og muttere i lavlegert stål som dermed utsettes for galvanisk korrosjon. For uisolerte linjer, der korroderte bolter lett kan oppdages og erstattes, er dette et mindre problem. Isolasjon på flenser og ventiler vil imidlertid skjule denne korrosjonen. Bruk av korrosjonsbestandige boltmaterialer bør derfor vurderes i slike tilfeller.

Teknologi for å oppdage fuktighet i isolasjonen på et tidlig tidspunkt vil være et effektivt virkemiddel, og det foregår en utvikling på dette området. Et eksempel er bruk av hunder som kan detektere korrosjon fra luftprøver tatt i et anlegg. Andre løsninger baserer seg på signalkabler som oppdager fuktighet. Siden fuktighet og KUI kan være lokalisert og begrenset til små områder vil slike metoder være mest pålitelige dersom de gjøres kontinuerlig langs en rørlinje og ikke på diskrete punkter. Dette krever naturlig nok investeringer, særlig hvis det skal etterinstalleres på isolerte linjer.

Med tanke på de store mengdene isolerte overflater hvor tilstanden er ukjent, vil det ha stor verdi å kunne avdekke KUI uten avisolering. Dette kan oppnås ved hjelp av deteksjonsmetoder for fukt og korrosjon som beskrevet i avsnittet over, eller ved NDT-metoder som mer direkte registrerer

metalltap. Det er forventet at det ligger et betydelig potensiale i videreutvikling av metoder og løsninger for monitorering og deteksjon, noe som krever vilje til å investere i utviklingen.

7.3. Prinsipielle tiltak

I tillegg til de tekniske mulighetene drøftet i avsnitt 7.2 kan det gjøres tiltak på et organisatorisk nivå for å redusere risikoen for KUI.

I prosjekteringsfasen til en installasjon eller modifikasjon kan mye gjøres for å sikre at riktige produkter og løsninger benyttes. Med et godt samarbeid mellom kontraktører for prosjektering og isolasjon, i tillegg til sluttbruker, kan omfanget av isolasjon optimaliseres. Det kan også spares mye tid i fabrikkasjon på verft og i oppkoblingsfasen i felt dersom isoleringsløsningene er gjennomtenkte og ses på i helhet. Implementering av nye og forbedrede løsninger bør vurderes, men gjennom gradvis utprøving og høsting av tilstrekkelig erfaring før de tas i bruk i stor skala.

Selv om livssyklus kostnader (LCC) har vært et tema i bransjen i mange år er situasjonen fortsatt at det er størst fokus på investeringskostnadene. Kostnader knyttet til tilstandskontroll, inspeksjon og vedlikehold får mindre betydning, til tross for at det foreligger mye kunnskap og erfaring om nettopp dette. En vurdering av inspeksjonsvennlighet, enten det gjelder av- og re-isolering eller egnede NDT-metoder, bør for eksempel inngå ved valg av løsninger. Det anbefales derfor å se på beslutningene som gjøres i forbindelse med isolasjon i et mer langsiktig perspektiv enn det som har vært vanlig praksis til nå.

Tilstandskontroll og inspeksjon er beskrevet i avsnitt 6.3, og er et viktig bidrag til risikoreduksjon og levetidsforlengelse. Som nevnt varierer praksisen betydelig i bransjen, og en bedre utnyttelse av fagkunnskapen om isolasjon og KUI vil kunne bidra til mer risikobasert planlegging. Omfanget og etterslepet av disse aktivitetene er til dels stort, og det viser seg krevende å rekke over de planene som er lagt. Risikobaserte tilnærminger (RBI) vil, dersom de er pålitelige og representerer virkeligheten i tilstrekkelig grad, gi bedre prioritering og presisjon av innsatsen enn det de tradisjonelle områdebaserte programmene gjør. Det finnes initiativer som forsøker å tilnærme seg dette, f.eks. [4]. Den største utfordringen ligger i den uforutsigbare oppførselen til KUI, noe som vanskeliggjør god prediksjon av både lokalisering og hastighet på korrosjonen. Videre utvikling av metoder og analysemodeller forventes imidlertid å forbedre dette, men krever et mer målrettet samarbeid mellom partene i bransjen. I tillegg kan klassifiseringen av utstyret med tanke på konsekvens ved eventuelle lekkasjer gis større betydning ved prioritering av inspeksjon.

Tiltak for å forhindre skader på isolasjonen er et annet viktig bidrag i denne sammenheng. Tråkkskader er en stor utfordring ved at de medfører økt fare for vanninntrenging og dermed utgjør en sikkerhetsrisiko, se Figur 23 (a). Kostnadene til å reparere slike skader er betydelige. Holdningskampanjer og krav om opplæring av alt personell som oppholder seg i anleggene har vist seg å redusere omfanget av skader, men må gjentas jevnlig. Merking og advarsler, som i eksemplet i Figur 23 (b), kan ha en effekt. På utsatte steder kan det med fordel bygges faste innretninger som trapper eller mekanisk beskyttelse for å unngå tråkkskader.



(a)



(b)

Figur 23 – (a) Eksempel på nedtråkket isolasjon. (b) Eksempel på forebyggende merking.

7.4. Kontrollspørsmål vedrørende isolasjon

Avsnittene over setter fokus på potensiale og muligheter for forbedring innenfor isolasjonsfeltet. I den anledning presenteres det her noen eksempler på kontrollspørsmål som kan stilles for å etablere en innledende status for isolasjonen på en aktuell installasjon. Spørsmålene kan avdekke mangelfulle områder og bidra til bedre innsikt i integriteten til isolert utstyr.

I løpet av de siste 5 årene:

- Er det utarbeidet en oppdatert oversikt over mengde og type isolasjon i anlegget?
- Er det gjort en systematisk kartlegging av tilstanden til isolasjonen?
- Er det faktiske behovet for isolasjon kartlagt og revurdert?
- Er risikoen for KUI vurdert ut fra faktorer som f.eks. tilstand på isolasjon, sannsynlighet for korrosjon og konsekvens av lekkasje?
- Er det gjort fysiske tiltak for å avdekke KUI, f.eks. avisolering eller NDT?
- Er det gjort fysiske tiltak for å redusere risikoen for KUI?

I daglig drift og vedlikehold:

- Blir isolasjonsarbeid planlagt, utført, kvalitetssikret og godkjent av kompetent personell?
- Gjøres det tiltak for å unngå at isolasjon blir skadet?
- Er det klart hvem (funksjoner/ disipliner) i organisasjonen som eier problemstillingene rundt isolasjon og KUI?

8. REFERANSER

- [1] NORSOK R-004 N, Isolering av rør og utstyr (Norsk utgave), Utgave 1, februar 2009. *(Merk: Standarden er under oppdatering, og vil endre benevnelse til M-004).*
- [2] Oceaneering: Spørreundersøkelse om KUI blant driftsinspektører, 2017. ^(*)
- [3] DNV: Recommended practice DNV-RP-G101 Risk based inspection of offshore topsides static mechanical equipment, 2010.
- [4] Statoil: GL0560 Prioritering av vedlikehold for statisk prosessutstyr utsatt for korrosjon under isolasjon, 2015. ^(*)
- [5] Norsk Hydro Oseberg Field Development Project: 11-1-0-KE-EC-PA-203, Insulation and heat tracing philosophy for process piping and equipment. Rev. 06B, 1986. ^(*)
- [6] Statoil: 11-1A-STA-X02-00001, Isoleringsstrategi for Oseberg Feltsenter. Rev. 01L, 2015. ^(*)
- [7] Klima- og forurensningsdirektoratet: Avvikling av utrangerte offshoreinstallasjoner. Rapport TA 2643, 2010.
- [8] Mobil/ Norwegian Petroleum Consultants: Spec.no GT-LB-001, Specification Thermal Insulation, Statfjord Gas Treating & Transportation Project, 1983. ^(*)
- [9] Statoil: TR1660 Piping and equipment insulation, 2014. ^(*)
- [10] www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/isocyaentaer
- [11] ConocoPhillips: Document no: 4294E, Piping and Equipment Insulation, 2013. ^(*)
- [12] NORSOK: M-501 Surface preparation and protective coating, 2012.
- [13] Eirik Nesse: From NORSOK to International standards and culture. Overflate 2017/ NKF Bergen. ^(*)
- [14] Markus Nævestad: How will the NCS develop in a market with more uncertainties and shorter cycles? Overflate 2017/ NKF Bergen. ^(*)
- [15] Oceaneering: SOLV-database, 2017. ^(*)
- [16] Marianne M. Bjelland: Korrosjonsstyring på Norsk sokkel. Overflate 2017/ NKF Bergen. ^(*)
- [17] Jens Kristian Holen: Videre kompetanseutvikling/testing av designmetodikk for integritet av prosesssystemer / PFP. Tekna-konferanse 2017. ^(*)
- [18] Sigve Aabø: Korrosjon under isolasjon – Hvilke erfaringer er gjort og i hvor stor grad implementeres de på utbyggingsprosjekter. Overflate 2017/ NKF Bergen. ^(*)
- [19] Soeren Nyborg Rasmussen: Spacers can reduce CUI. Overflate 2016/ NKF Bergen. ^(*)

^(*) Referansen er ikke offentlig tilgjengelig