



INCIDENTONDERZOEK REC HARLINGEN

Incidentonderzoek REC

FUMO

Report No.: Z0518061-01, Rev. 0

Document No.: -

Date: 13-02-2015

Project name: Incidentonderzoek REC Harlingen
Report title: Incidentonderzoek REC
Customer: FUMO,
J.W. de Visserwei 10
9001 ZE Grou

DNV GL Business Assurance B.V.
Zwolseweg 1
Barendrecht
Tel: 010-292 2600

Contact person:

Date of issue: 13-02-2015

Project No.: Z0518061

Organisation unit: ZCENL211

Report No.: Z0518061-01, Rev. 0

Document No.: -

Applicable contract(s) governing the provision of this Report: Opdrachtbrief 30-12-2014

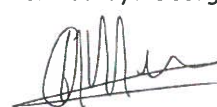
Objective:

Prepared by: Paul van Daele



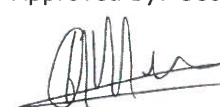
[Name]
[title]

Verified by: George Meijer



[Name]
[title]

Approved by: George Meijer



[Name]
[title]

[Name]
[title]

[Name]
[title]

[Name]
[title]

[Name]
[title]

Copyright © DNV GL 2014. All rights reserved. This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise without the prior written consent of DNV GL. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS. The content of this publication shall be kept confidential by the customer, unless otherwise agreed in writing. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

DNV GL Distribution:

- ☐ Unrestricted distribution (internal and external)
☐ Unrestricted distribution within DNV GL
☒ Limited distribution within DNV GL after 3 years
☐ No distribution (confidential)
☐ Secret

Keywords:

[Keywords]

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	13-02-2015	Final report	Paul van Daele	George Meijer	George Meijer



Inhoudsopgave

1	EXECUTIVE SUMMARY	1
2	INTRODUCTIE	3
3	DE REC.....	4
4	DE INCIDENTEN	8
4.1	Incident I	8
4.2	Incident II	9
4.3	Incident III	14
4.4	Incident IV	15
4.5	Inspectieresultaten bemetseling	16
4.6	Overige aandachtspunten	19
5	SCAT ANALYSE EN AANBEVELINGEN	21
6	REFERENCES.....	24

1 EXECUTIVE SUMMARY

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting van het rapport inclusief belangrijkste conclusies weergegeven. Meer details kunnen in het rapport nagelezen worden.

De Friese Uitvoeringsdienst Milieu en Omgeving (verder te noemen FUMO), heeft opdracht gegeven aan DNV GL Business Assurance B.V. (DNV GL), tot het uitvoeren van een onderzoek naar de oorzaken van een 4-tal incidenten bij de Reststoffen Energiecentrale (REC) in Harlingen. De FUMO wil weten of de REC leert van deze incidenten en hoe het zich herhalen van deze incidenten voorkomen wordt.

Tijdens het onderzoek is gebleken dat 2 van de incidenten technisch gezien vergelijkbaar waren. Deze incidenten (in het verslag incident III en IV) werden veroorzaakt door kwaliteitsproblemen in de bemetseling van de eerste trek van de oven. Op basis van inspectie wordt gesteld dat de tegels en het beton kwalitatief onvoldoende aangebracht zijn. Met deze zienswijze is DNV GL het eens. Dit kwaliteitsprobleem maakt dat de REC geen vertrouwen meer heeft in de huidige bemetseling en bezig is met een traject om de oven voor een groot deel opnieuw te laten bemetselen. Hiermee zou de belangrijkste oorzaak van deze incidenten weggenomen moeten zijn.

De andere twee incidenten stonden duidelijk op zichzelf. Het eerste incident (in het verslag incident I) was het gevolg van schade bij uitgevoerd werk door een onderaannemer. De oorzaak lijkt bij gebrekkige discipline te liggen en als gevolg hiervan heeft de REC de rondgangen tijdens stops ook 's nachts verder geïntensiveerd. Het tweede incident (incident II) is het gevolg van versnelde slijtage, zeer waarschijnlijk als gevolg van een tijdelijke reparatie. Als reactie hierop heeft de REC zijn reactie wijze op "dunne" wanddiktemetingen bij het onderzoek tijdens stops aangepast. De reacties op beide incidenten zijn in lijn met goed vakmanschap in industriële installaties. DNV GL is het dus met de manier van aanpak eens.

We hebben na dit onderzoek een aantal mogelijke verbeterpunten voor de REC gesignaleerd en deze hebben we als aanbevelingen in het rapport opgenomen. Deze zijn:

1. Formaliseer de procedures voor het uitvoeren van een noodstop. Dit zou de ploeg moeten helpen systematisch en veilig situaties als ernstige ketellekkages, grote stroomstoringen of het wegvallen van regellucht aan te kunnen pakken.
2. Het goed vastleggen van waarnemingen bij onderhoudswerkzaamheden, zoals de wanddikte metingen, zodat deze gegevens voor handen zijn en goed communiceerbaar worden.
3. Formaliseer het besluitvormingsproces rond modificaties, zodat beter zichtbaar is hoe beslissingen tot stand komen. Het deel van dit proces waarin risico's worden afgewogen, kan verbeterd worden.
4. Verbreed de kennis van de materialen die in de installatie worden gebruikt en de voorhanden zijnde inspectiemethodes.



Buiten het raadplegen van installatiedocumentatie en literatuurgegevens zijn voor dit onderzoek interviews met mensen van de REC gedaan. Wij hebben de overtuiging dat het ontstane beeld uit de interviews een volledig beeld van de incidenten en hun oorzaken geeft. Deze overtuiging hebben wij op grond van onze ervaring bij het onderzoeken van vergelijkbare incidenten.

Ten slotte moet opgemerkt worden dat een ketel in een afvalverbrandingsinstallatie een slijtdeel is. Lekkages zijn dus niet uit te sluiten maar dienen door REC (net als door andere AVI's) door effectief (onderhouds-)management zo goed mogelijk beheerst te worden.

REC werkt met competente mensen, heeft grotendeels effectief op de incidenten gereageerd en heeft in onze waarneming door de incidenten een snelle leercurve (betreffende kennis van de installatie en het onderhoud daarvan) doorgemaakt.



2 INTRODUCTIE

De Friese Uitvoeringsdienst Milieu en Omgeving (verder te noemen FUMO), heeft opdracht gegeven aan DNV GL Business Assurance B.V. (DNV GL), tot het uitvoeren van een onderzoek naar de oorzaken van een 4-tal incidenten bij de Reststoffen Energiecentrale (REC) in Harlingen. Al deze incidenten zijn stoomlekkages geweest die derving en een reparatiestop tot gevolg hadden. De FUMO wil weten of de REC leert van deze incidenten en hoe het zich herhalen van deze incidenten voorkomen wordt.

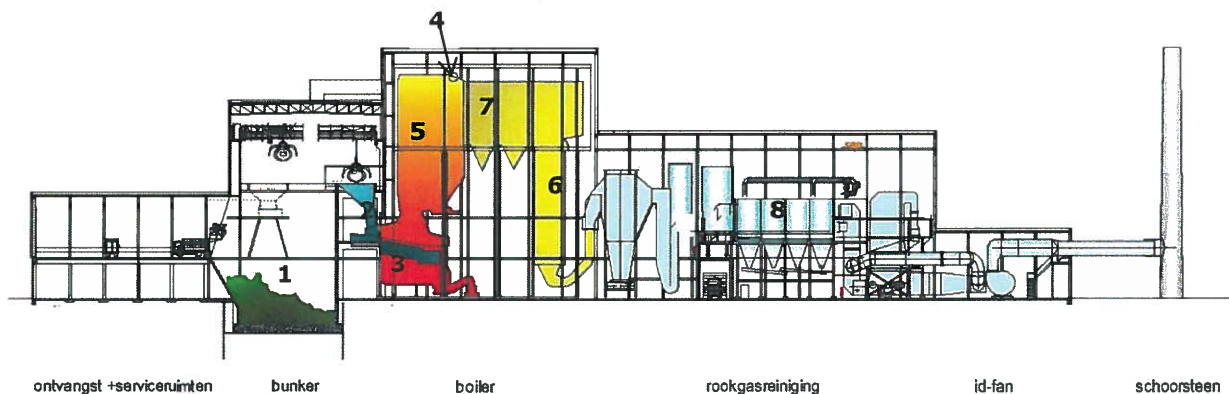
Buiten het raadplegen van installatiedocumentatie en literatuurgegevens zijn voor dit onderzoek interviews gedaan. Dit hebben wij alleen met mensen van de REC gedaan. Op basis van de gesprekken, de daarbij aangehaalde verslagen en de op locatie aanwezige documenten, is er geen reden geweest om ook externe partijen bij dit onderzoek te betrekken. Wij hebben de overtuiging dat het ontstane beeld uit de interviews een volledig beeld van de incidenten en hun oorzaken geeft. Deze overtuiging hebben wij op grond van onze ervaring bij het onderzoeken van vergelijkbare incidenten.

3 DE REC

In het incidentenonderzoek wordt veel verwezen naar onderdelen en plekken in de installatie. Om dit verslag voor mensen die minder bekend zijn met de installatie zo leesbaar mogelijk te maken, is ervoor gekozen de installatie en zijn werking in dit hoofdstuk eerst te omschrijven.

Een afvalverbrandingsinstallatie zoals de REC bestaat voor het grootste deel uit een natuurlijke circulatie ketel, verder zit er een trechter in, een rooster en een rookgasreiniging. Deze ketel bestaat uit een aantal onderdelen. Dit zijn de drum, de verdamper, de economizer en de oververhitter. De verschillende onderdelen staan hieronder genummerd en deze nummers corresponderen met de onderstaande figuur.

1. De bunker
2. De trechter.
3. Het rooster
4. De drum.
5. De verdamper.
6. De economizer.
7. De oververhitter.
8. De rookgasreiniging.



Figuur 1: Dwarsdoorsnede REC

Bij een dergelijke installatie wordt het afval door vrachtwagens in de bunker gestort. Met de kraan boven de bunker, wordt dit afval gemengd en wordt het in de trechter ingevoerd. Onderaan de trechter komt afval op het rooster uit en hier verbrandt het. De hete rookgassen ontwijken naar boven en staan hun warmte af aan de ketel (boiler). Na de ketel volgt de rookgasreiniging. Hier worden de rookgassen gereinigd en daarna gaan ze via de id fan naar de schoorsteen. De id fan, ook wel zuig-trek ventilator, is een hele grote ventilator die alle lucht door de afvalverbrandingsinstallatie heen trekt. Deze zorgt ervoor dat er onderdruk in de oven en het bunkergebouw heerst en er dus geen geur ontwijkt.



Nu zal de werking en opbouw van de ketel omschreven worden. Het stroomdiagram van de ketel met daarin de onderdelen staat in figuur 2. De ketel is gemaakt van 16Mo3 staal en levert uiteindelijk stoom met een druk van 90bar en een temperatuur van 465°C.

Het afval wordt verbrand op het rooster en vlak boven het rooster zijn de rookgassen op hun heetst. Hier heerst een temperatuur in de gasfase van vaak dik boven de 1000°C. De gassen gaan daar de verdampers in. Deze bestaat uit drie "lege" trekken. Er steken dus geen ketelpijpen in de rookgasstroom en dit deel van de ketel wordt ook wel het stralingsdeel genoemd. De ketelpijpen zitten in de wand. De lege trekken zijn opgebouwd uit membraanwanden. Dit zijn wanden die bestaan uit ketelpijpen die aan metalen strips aan elkaar gelast zijn. De pijpen worden gevoed langs de onderkant. Hier komen de downcomers ¹ uit de drum ² uit en die voeden de ketelpijpen met water. Aan de bovenkant van de stoompijpen komt het water en stoommengsel in de risers ³ die weer in de drum uitkomen. In de drum vindt de scheiding tussen water en stoom plaats. Bij de REC heerst hier een druk van meer dan 90 bar en dat betekent dus een temperatuur van meer dan 303°C. De stoom uit de drum gaat hierna naar de oververhitters. Daarin wordt de stoom boven het verzadigingspunt verhit, zodat deze naar de stoomturbine en de naastgelegen zoutfabriek kan worden geleid. Aangezien er stoom de installatie uit gaat, moet er ook vers water in. Dit water wordt op druk de economizer ingepompt en daar warmt het op. Daarna gaat het naar de drum.

Na de drie lege trekken komen de rookgassen in het convectiedeel van de ketel uit. Dit deel omvat het gebied rond 6 en 7 in figuur 1. In figuur 2 omvat het deel vanaf de schermverdampers tot en met de economizers. In dit deel steken de ketelpijpen wel in de rookgassen. Als de rookgassen bij dit deel aankomen, zijn ze nog een dikke 650°C warm. Dit deel bestaat uit een aantal secties. De eerste rijen ketelpijpen is de schermverdampers. Hierin zit kokend water en deze beschermt de oververhitter. Hierna volgen de vier oververhitters van de REC, waarvan de laatste een gasbrander bevat, om de stoom nog verder te kunnen oververhitten. De eindtemperatuur van de stoom is 465°C. De eindtemperatuur van de rookgassen na de oververhitter is dus ook ongeveer 465°C. Het rookgas wordt afgekoeld tot ongeveer 180°C in de economizer. Deze bestaat uit 6 secties.

Bij een afvalverbrandingsinstallatie is een ketel een slijtdeel. In de loop van de bedrijfstijd zal de ketel in delen volledig worden vervangen. Om dit moment zo lang mogelijk uit te stellen, is het gebruikelijk de eerste trek ofwel te voorzien van bemetseling ofwel op te lassen met een laag van een chroom-nikkel verbinding als Inconel. Deze toplaag moet ervoor zorgen dat de ketelpijpen niet door corrosie of erosie slijten. Het is daarvoor zaak dat de bemetseling heel blijft, en de Inconellaag voldoende dik is en goed gehecht is. In de tweede trek is de temperatuur lager en hier zouden geen vlammen meer moeten zijn. Daarom zijn ketelpijpen hier vaak niet bemetselt of opgelast en dit geldt ook voor de derde trek.

In het convectiedeel wordt er regelmatig voor gekozen de schermverdampers op te lassen met inconel om deze te beschermen tegen erosie. Dit gebeurt vooral als de ketel een kort (één treks) stralingsdeel

¹ Downcomer: leiding tussen de onderzijde van de drum naar de header aan de onderzijde van de verdampers. De leiding bevat water op kooktemperatuur en dit water stroomt naar beneden.

² Drum: vat gevuld met water en stoom. Leidingen met een stoom/water mengsel uit de verdampers komen in dit vat uit. De stoom gaat er aan de bovenkant uit en water gaat er aan de onderkant uit. Het vat wordt op niveau gehouden door vers water uit de economizer.

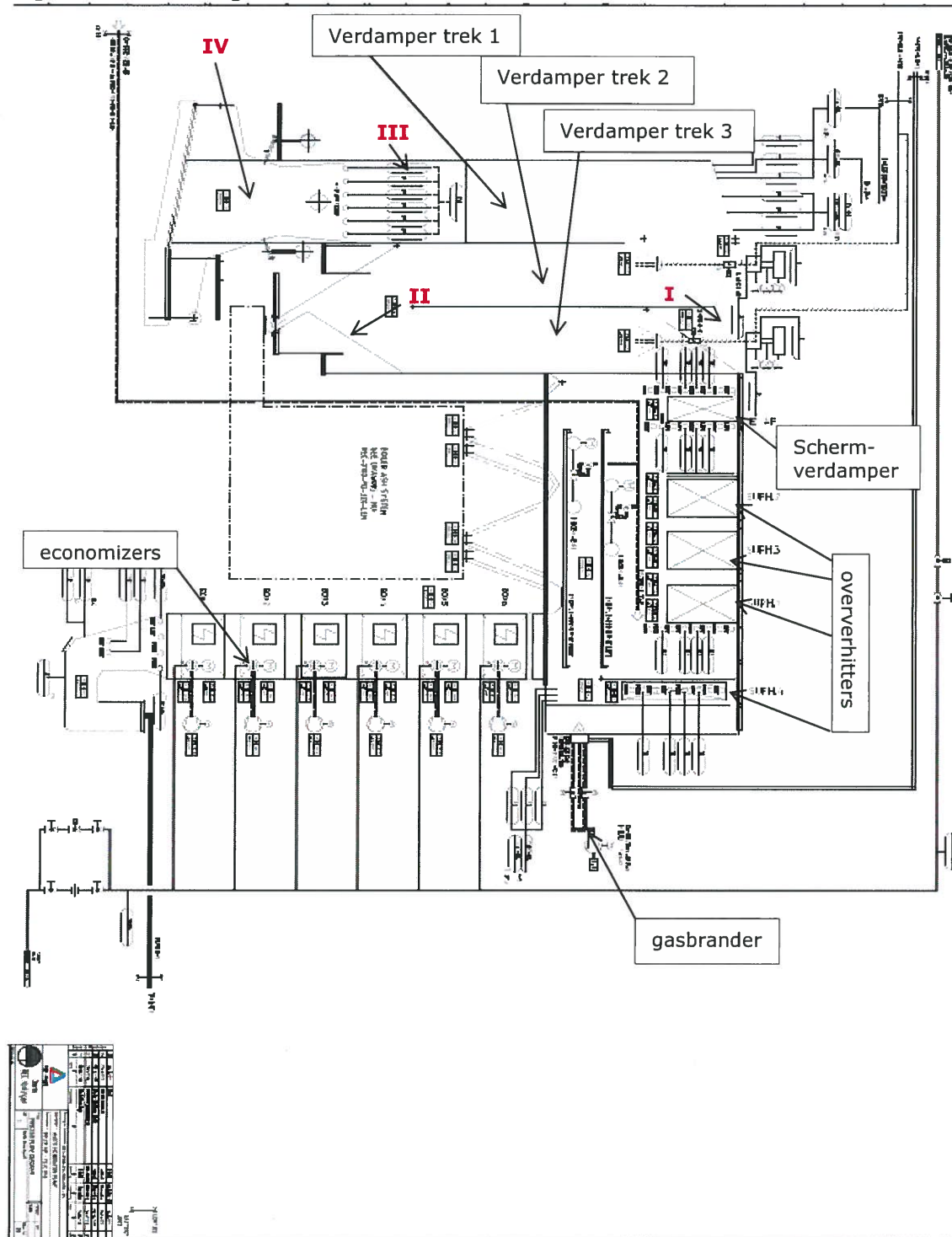
³ Riser: stijgleiding tussen de verdampers en de drum. De leiding bevat een stoom / water mengsel; dus kokend water met stoombellen.



heeft. Het oplassen van oververhitters kan ook, maar komt weinig voor. Economizers worden nooit opgelast. Hier is het vooral zaak boven het dauwpunt van de zuren in het rookgas te blijven en dat kan door de uitgangstemperatuur (rookgaszijdig) van de economizer voldoende hoog te houden. Meestal voldoet 180°C.

De REC heeft uitdagende stoom parameters (90bar; 465°C). De hoge druk zorgt voor een voor de sector hele hoge pijpwand-temperatuur in de verdamper en dit maakt dat onbeschermd ketelstaal last van corrosie zal hebben in de eerste trek. Erosie door de vlammen daar (flame-impingment) zal daar ook optreden. Op basis van onderzoek bij vergelijkbare installaties weten we de materiaalafname door corrosie en erosie zeer snel (orde weken) kan gaan als de bescherming eenmaal weg is.

Figuur 2: Stroomdiagram ketel REC



4 DE INCIDENTEN

Dit onderzoek omvat vier incidenten. Dit zijn allemaal stoomlekages geweest in het stralingsdeel van de verdampers van de REC. Alle incidenten hebben significante derving tot gevolg gehad. Bij één van de incidenten (incident II) zijn er geurklachten geweest. De plekken van de lekages staan in figuur 2 aangegeven met een Romeins cijfer en dit cijfer komt overeen met het incidentnummer.

4.1 Incident I

Datum en tijd: 12-09-14 20:00

De lekkage was naar buiten toe en dat is zeer ongebruikelijk. Wanneer er een ketelpijp gaat lekken in een AVI is dit meestal naar de rookgaszijde (dus de installatie in) en niet naar de omgeving. De lekkage zat in een pijp in het dak van de tweede trek. Het was een kleine lekkage en daardoor was het mogelijk de installatie normaal af te stoken en uit bedrijf te nemen.

Een foto van de beschadigde pijp staat in figuur 3. Naast de lekkage is de afgezaagde pijp waar de beschadigde pijp tegenaan zat te zien.

Op basis van het schadebeeld (impact schade rond het gat en een T vormige lekkage, geen materiaal afname) zijn wij het eens met de visie van REC over de oorzaak van de schade. De oorzaak van de schade is beschadiging van buiten af. Het is zeer waarschijnlijk dat dit het gevolg is van uitschieten bij hak en slijpwerk of door onzorgvuldigheid tijdens laswerk in de directe omgeving van de lekkage. In de omgeving van de lekkage is in de voorgaande stop gehakt, gelast en geslepen en daarom heeft de uitvoerder van dit werk voor de lekkage schuld erkend. Dit betekent dat de reparatie onder garantie wordt uitgevoerd. De dervingskosten worden niet vergoed.

Tijdens de voorgaande stop zijn de inlaten vervangen van de spraycleaners. Dit zijn doorvoeringen van de ketelwand. Deze waren versleten geraakt als gevolg van thermische spanningen gedurende de bedrijfsvoering. De spraycleaners zijn te zien in figuur 2, waar ze in het dak van de tweede en derde trek zijn ingetekend.

De impactschade, aanleiding van deze lekkage, is klaarblijkelijk gemist bij de afname inspectie van het werk. Vanwege de omstandigheden op de locatie is dit niet onlogisch. Het overzicht op een dergelijke locatie is slecht. Het is er donker en de afname moet kruipend door een nauwe ruimte gedaan worden. Verder is er in de interviews naar voren gekomen dat er onprofessioneel gedrag bij personeel van de uitvoerder van de reparatie is waargenomen en dat daarop actie is ondernomen door zowel de REC als de uitvoerder. Dit gedrag zou tot haastwerk, slordigheid en fouten hebben kunnen leiden.

Naar aanleiding van deze schade is besloten door de REC de wijze van toezicht tijdens stops aan te scherpen, om zo dergelijk onprofessioneel gedrag in de toekomst te voorkomen.



Figuur 3 Lekkage I met impactschade rond het gaatje

4.2 Incident II

Datum: 29-09-14 17:45

Een gevolg van dit incident was de melding van geurklachten.

Dit incident is een typische klappijp. Dit betekent dat een ketelpijp openscheurt en er een zo groot gat ontstaat dat er onvoldoende water naar de drum gepompt kan worden om daar voldoende niveau te kunnen houden.

Uit interviews kwam naar voren dat de installatie in normaal bedrijf was en dat er toen melding kwam van herrie en water en stoom in het ketelhuis. Hierna is de installatie op laag niveau in de drum uitgevallen. Dit betekent dat de ketelbeveiliging ingreep. Dit is een autonome automatische beveiliging die als doel heeft de ketel heel te houden. Wanneer deze beveiliging ingrijpt, wordt de ketel naar een veilige situatie gebracht en dat betekent dat de verbranding gestopt wordt. Praktisch betekent dit, afval uit, alle lucht ventilators uit en alle branders uit. Deze onderdelen zijn pas weer te starten als de ketel zich in veilige toestand bevindt en het bedienend personeel dat bevestigt. In geval van een klappijp, is het verlies aan water en stoom door de lekkage zo groot dat het niveau in de drum niet op peil gehouden kan worden. Wanneer er onvoldoende niveau in de drum is, betekent dit dat het niet zeker is dat de verdamperpijpen vol water staan en ze dus droog zouden kunnen koken. Als dat zou gebeuren, zou de schade snel zeer ernstig kunnen worden. De ketelbeveiliging moet hiertegen beschermen.

Uit de interviews bleek dat men het blussysteem op de trechter heeft aangezet en het tijdens deze uitval erg moeilijk had om het afval op het rooster en in de ontslakker uit te krijgen. De ontslakker is met water en brandend afval vol komen te zitten en verstopt geraakt. Aangezien het afval bleef branden en men het ook niet via de ontslakker de oven uitkreeg, heeft men besloten via de kijkvensters het afval te



blussen. Het doel was om de ketel heel te houden. Met de hulp van externen is het leeghalen van de ontslakker en het rooster uiteindelijk gelukt.

Wij vinden de uitgevoerde acties zeer ongebruikelijk en risicovol. Hierom bevelen wij aan dat de REC de uitgevoerde handelingen veiligheidstechnisch nog eens goed evalueert.

Wanneer een klappijp optreedt, is het gebruikelijk de oven dicht te houden totdat deze koud is. Er wordt dan geen verbrandingslucht toe gelaten om zo het vuur te smoren. ⁴Het slecht uitgebrande afval koelt vervolgens af in de ontslakker. Het aanzetten van de trechter blussing is niet gebruikelijk, als de trechter niet smeult. Het monitoren van het afval in de trechter, om zo zeker te stellen dat het afval daar niet ontbrandt, moeten operators in een dergelijke situatie altijd doen. Dit geldt ook voor het direct bellen van een industriële reinigingswagen (zuigwagen) om te assisteren bij het gangbaar houden van de ontslakker.

Het schadebeeld van de lekkage laat zien dat er sprake is van erosieschade. De ketelpijpen zijn aan de vuurzijde schoon (dus niet rood geoxideerd) en missen dikte. De materiaalafname is niet uniform. Dit is zichtbaar in figuur 4 en in figuur 5. De metingen van NDT⁵ inspectie tijdens de stop in april laten zien dat er in het gebied waar de klappijp is opgetreden er een wanddikte meting van 2,9 mm is gedaan. Dit betekent dat het staal op die plek 2,1 mm is verloren in drie jaar productie. Deze afname is redelijk hoog, op basis van literatuurgegevens (typische corrosiesnelheid 0,4 mm/jaar) en dit kan aan de hoge stoomparameters en optredende erosie te wijten zijn. De installatie is in maart 2011 gestart (eerste vuil) en is overdragen voor normaal bedrijf op 31 mei 2011. Op het moment van inspectie was de norm om actie te ondernemen bij een dunne pijp, 2,5 mm of minder. Het was de verwachting van de aannemer verantwoordelijk voor het ketelonderhoud, dat dit keteldeel het zeker nog een jaar had volgehouden. Als waarschijnlijke oorzaak voor de schade denkt men dat de slijtage sterk is toegenomen na laatste stop als gevolg van heviger turbulentie ter plekke. Dit komt dan door de extra bemetseling die is aangebracht in de laatste stop. Deze bemetseling zit op de achterwand van de wand tussen eerste en tweede trek. Een dergelijke modificatie zorgt ervoor dan aan de ene zijde van het kanaal het rookgas veel sneller afkoelt en dus volume verliest dan aan de andere kant. Hierdoor ontstaan grote snelheidsverschillen over de doorsnede en waardoor de turbulentie stijgt.

De acties die de REC heeft genomen naar aanleiding van dit incident is tweeledig:

1. De grens waarbij er bescherming over kale pijpen moet worden aangebracht is verhoogd naar 3 mm.
2. Wanneer er een meting van 3,5 mm of minder wordt gemeten, wordt er in de omgeving van de verdunning in een nauwer raster gemeten.

Bescherming over kale pijpen, kan bij kleine plekken een oplossing zijn. Bij grote plekken is het opbrengen van spuitbeton logischer.

⁴ Een geringe onderdruk in de oven wordt onderhouden door de trudemotor van de id-fan (zie figuur 1). Dit is een kleine noodmotor die de grote ventilator op een laag toerental kan laten draaien. Hierdoor wordt voorkomen dat rookgas ontwijkt naar het ketelhuis en tegelijk is het debiet dat deze motor kan verplaatsen zo laag, dat het vuur te weinig lucht krijgt om aan te kunnen blijven.

⁵ NDT: non-destructief testen. Tijdens deze inspectie is er ultrasoon dikte bepaald van de ketelpijpen. Er zijn nog meer NDT technieken.



Lopend werk ten aanzien van de ketel is dat er een vast raster is waarop diktemetingen gedaan worden. Met deze metingen wordt een beeld gevormd van eventueel materiaalverlies in de ketel zodat een beeld ontstaat van de snelheid van slijtage.

Wij vinden dat de REC een aantal goede acties heeft genomen als reactie op dit incident. We bevelen aan meer te doen en dat zijn de volgende dingen:

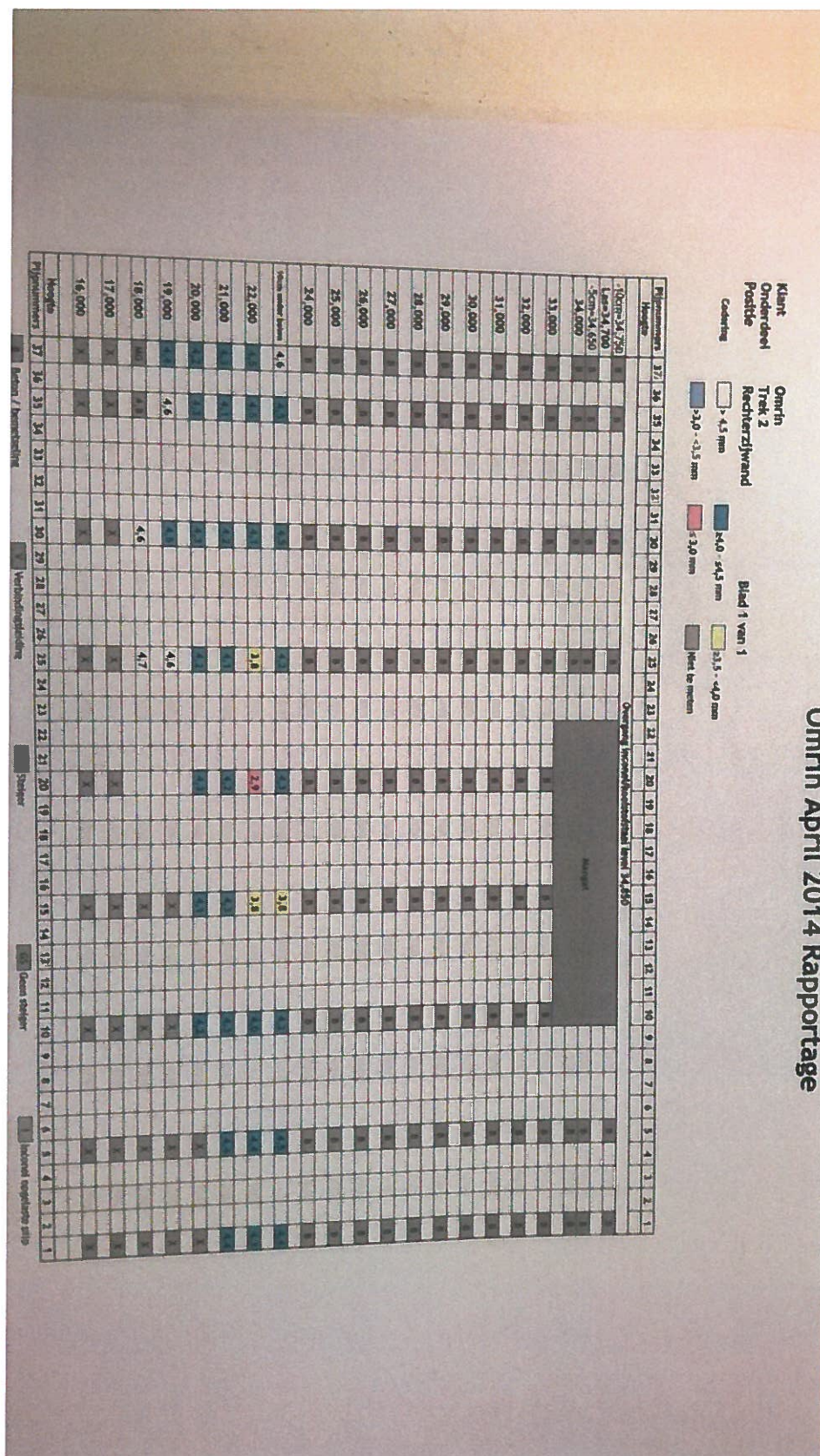
1. Het zou goed zijn om de afspraak met de inspecteur te formaliseren om de NDT metingen direct na verlaten van de installatie te bespreken en vast te leggen, om het communiceren over verschillende diensten te vergemakkelijken. Het goed interpreteren van de resultaten is belangrijk om eventuele onderhoudsinspanningen te richten. Verder kan een rapportage achteraf lang duren. Bij het onderzoek naar incident 4 bleek deze aanbeveling al geïmplementeerd.
2. Het zou voor de REC goed zijn de kennis op het gebied van corrosie en erosie monitoring te verdiepen. Er is zowel in als uit bedrijf een heleboel mogelijk en de ontwikkelingen in dit vakgebied gaan snel.
3. Wij bevelen aan een formele noodprocedure voor stoppen met een klappijp te maken. Dit wordt bij de regelcomputers opgehangen als een geplastificeerd blad. Hierin staat globaal:
 1. Stop alle afval invoer en start alleen indien echt nodig de trechterblussing. Alleen in geval van rookontwikkeling of vlammen moet de blussing aan, want nat afval stookt lastig op.
 2. Verhoog het waterniveau in de ontslakkers. Deze moeten brandend afval gaan blussen en langs die weg mag er geen lucht in de installatie komen.
 3. Draai het rooster leeg. Een vol rooster is een groot veiligheidsrisico (hygiëne, brand, struikelgevaar) bij betreden van de installatie.
 4. Bel een vacuumwagen voor assistentie bij de ontslakkers. Het afval is niet goed uitgebrand en kan dus verstoppingen veroorzaken.
 5. Probeer zoveel mogelijk de rook via de rookgasreiniging uit de ketel en het ketelhuis te krijgen.

Het zou goed zijn als soortgelijke procedures er ook zijn voor situaties waar de elektriciteit, perslucht of koelwater wegvalt.

Van de REC hebben wij begrepen dat het operationeel personeel bijgeschoold wordt met de REWIC cursus. Dit is een uitstekende cursus voor het verdiepen van installatie en proceskennis van afval en biomassa verbrandingsinstallaties. In geval van een incident kan de inhoud van die cursus goed helpen, al is het de vraag of de persoon in kwestie op dat moment voldoende tijd heeft of neemt om daarover te denken. Om dat nu juist voor elkaar te krijgen, worden in veel industrietakken checklists gebruikt. Deze zorgen ervoor dat operators over de essentiële stappen niet moeten nadenken en zo veel meer tijd hebben voor het waarnemen van de gebeurtenissen en het verbinden van conclusies daaraan.



Figuur 4 Materiaal verlies als gevolg van erosie



Figuur 5 Inspectie NDT rapportage

4.3 Incident III

Datum: 30-10-14 18:15

Dit incident was net als incident II een typische klappijp. De lekkage is opgetreden aan de voorwand. Hier is waarschijnlijk een tegel afgevallen kort na de stop voor de reparatie van incident 2. Dit wordt vermoed omdat de materiaalafname zichtbaar is over meerdere ketelpijpen en alleen aan het voorste stuk hiervan optreedt. Nadat de tegel eraf was, is het onderliggend beton snel weggesleten en is op het ketelmateriaal materiaal afname door corrosie begonnen. Het kan natuurlijk ook zo zijn, dat het beton niet goed onder de tegel zat en dus geen enkele bescherming aan de pijpen kon bieden. De pijpen zijn rood gecorrodeerd (zie figuur 6). Toen de ketelpijp scheurde is een druktoename in de verbrandingsruimte waargenomen en hierna was het vuur uit. De installatie is in verhouding met incident 2 relatief eenvoudig leeg gedraaid via de ontslakker. Tijdens dit incident was dezelfde ploeg op als tijdens incident II.

Van deze lekkage is de REC veruit het meeste geschrokken. De REC zegt de installatie volgens de opstookcurve van ERS (onderaannemer, verantwoordelijk voor het onderhoud van de bemetseling) te hebben opgestookt. Dan hoort een bemetseling niet op een dergelijke manier uiteen te vallen. Het feit dat dit wel gebeurt, duidt op kwaliteitsproblemen in de aangebrachte bemetseling. Uit dit feit volgt dat de grootste vraag eigenlijk is hoeveel tegels er nog gaan volgen. Wanneer er immers een tegel uit de bemetseling valt, zal dit altijd een ketellekkage tot gevolg hebben, als de installatie niet voortijdig gestopt wordt. Uit de interviews bleek dat de REC zelfs overweegt als gevolg van dit incident om de voorwand van de ketel te vervangen en met een andere soort bemetseling uit te rusten.

Een concrete actie die uit deze uitval voortkomt, is dat de REC zich tot doel heeft gesteld zich te bekwamen in het inspecteren van vuurvast, zodat ze beter begrijpen hoe een inspectie gaat en waarom een inspecteur waarop let.

Op basis van dit incident bevelen wij het volgende aan:

1. Kijk zo vaak mogelijk via de kijkgaten, met een lasbril of iets dergelijks naar de bemetseling. Wanneer er een tegel afvalt, zit je een maand voor een klappijp.
2. Let op of er vuurvast uit de ketel komt. Vanwege de hoge dichtheid komt het vaak beneden aan de slakkenberg te liggen.

Wij bevelen aan om het vervangen van keteldelen in elk geval op basis van metingen te doen. Het vervangen van een voorwand kost miljoenen (2,5 voor het project en zeker 2 aan derving) en daarvoor is een goede onderbouwing nodig. Het inzetten van inspectiemethodes waarbij de dikte van de wand van buiten af geïnspecteerd wordt is hiervoor zeker zinvol. Inspectie van binnenuit eist immers dat de installatie uit is en vaak is het ook nodig dat de bemetseling weggehaald wordt. Dit laatste is eigenlijk ook ongewenst omdat het schoonmaken van een wand van vuurvast ook een groot risico op hakschade in zich heeft.



Figuur 6 Incident III

4.4 Incident IV

Datum en tijd: nacht 15 op 16-1-2015

Bij dit incident was de lekkage klein en daarom kon de ketel normaal afgestookt worden. De lekkage is opgetreden aan de linkerwand van de eerste trek, ongeveer 5 meter boven het rooster. De lekkage is sterk vergelijkbaar met die uit incident III, qua kleur en vorm. Het gat is alleen veel kleiner, omdat er rondom het gat minder bemetseling weg was.

Op basis van de inspectieresultaten wordt de conclusie getrokken dat de oorzaak een lek van de bemetseling is die waarschijnlijk via de voeg begonnen is. Deze hoort gevuld met vilt te zijn, bij de Mokesa tegels en achter dat vilt hoort isolatiebeton te zitten. Dat laatste lijkt op deze plek niet of onvoldoende aanwezig te zijn geweest. Als gevolg van dit en het voorgaande incident is er zeer uitgebreid gekeken naar de bemetseling. Op de resultaten uit deze inspectie wordt in de volgende paragraaf ingegaan. Wij vinden de resultaten zeer zorgwekkend.

Na het incident is er NDT onderzoek gedaan. Hieruit bleek dat de rest van de ketelwand er in essentie prima bij stond. Hier en daar op de voegen bleek materiaalverlies te zijn opgetreden. Omrin is er in geslaagd de interne verslaglegging van het incident, de schade, de reparatie en de oorzaak, sterk te verbeteren. Hierdoor is Omrin erin geslaagd een stuk onafhankelijker van derden te worden, voor de communicatie over en rond werkzaamheden.

4.5 Inspectieresultaten bemetseling

Er is bij de inspectie na lekkage III en IV erg goed gekeken naar de bemetseling en op basis daarvan is de Omrin organisatie het vertrouwen in de huidige bemetseling kwijt geraakt. Niet alleen bleek er weer een aanzienlijk oppervlak te moeten worden vervangen (+/- 70m²). Bij inspectie zijn ook de volgende dingen opgevallen. Deze zijn hieronder opgesomd:

- a) Er zijn veel tegels die als er op geklopt wordt, een hol geluid geven. Dit betekent dat er ruimte achter de tegel zit.
- b) Wanneer er achter tegels wordt gekeken, die hol klonken wordt vaak gevonden:
 - a. Dat de vulling achter de tegel, met gietbeton niet volledig is. Dat hoort hij wel te zijn.
 - b. Dat er bellen inzitten (de door ERS opgedragen opstookcurve met het gerepareerde beton is volgens Omrin wel gerespecteerd).
 - c. Dat de ophangpunten weggeroest zijn.
- c) De waarnemingen zijn zowel geldig voor "oude" tegels als voor recent gerepareerde plekken.
- d) Bij recente gerepareerde plekken waar spuitbeton is ingezet, is gezien dat dit niet goed gehecht is. De hechting is niet goed op de ketelpijp en ook niet op de kraaienpoot (het anker).

Uit de waarnemingen worden de volgende conclusies getrokken:

- a) In koude toestand zit er lucht tussen de tegels, het beton en de ketel. Als dit in warme toestand niet zou voorkomen, zou dit niet erg zijn. Opvallend is het wel, want het beton hoort goed aan beiden te hechten. De thermische expansie tussen tegels en ketelwand moet voor het grootste deel door het beton opgenomen worden. De tegels moeten uiteindelijk met de ankers aan de wand vast zitten.
- b) Deze conclusies worden ondersteund door de foto's op de volgende pagina's:
 - a. Er zijn problemen met het volledig volgieten van de ruimte tussen tegels en ketelwand. Of dit nu komt door scheef zittende tegels of scheef zittend vul-vilt, doet niet direct ter zake. Punt is dat de vulling onvolledig is. Dit mag niet, want dit is essentieel voor de levensduur van de bemetseling. Zonder ankers blijven de tegels niet zitten. In nieuwstaat is een garantie van twee jaar op de bemetseling gegeven en daarvoor moet de ruimte achter de tegels dicht zijn.
 - b. Wanneer er bellen in bemetselingsbeton ontstaan, heeft het water in het beton te weinig tijd gehad om uit te kunnen wijken. Normaal gesproken moet het respecteren van de opstookcurve dit altijd voorkomen. Dit lijkt erop te wijzen dat de kwaliteit (hoeveelheid water, activiteit van de mortel) van het beton niet overeen komt met wat het zou moeten zijn.
 - c. De ankers zouden niet te lijden moeten hebben in bedrijf. Als ze losraken, kan de tegel er zo vanaf vallen. Ankers horen door het beton beschermd te zijn en niet met rookgas in aanraking te komen.
- c) De kwaliteit van de reparaties blijft achter bij de verwachtingen.
- d) Het lijkt erop dat het beton de warmtebewegingen van de ketel niet kan volgen en daardoor niet hecht of los komt.



Figuur 7 ontbrekende tegels, waaronder bij één wel en bij één geen beton zat.



Figuur 8 gebroken tegel. Anker afgebroken en sterk gecorrodeerd. Er lijkt rookgasindringing door de voeg boven te zijn geweest. Betonvulling is niet uniform; bovenin was er geen goede hechting, onderin het rechterdeel wel.



Figuur 9 meerdere verwijderde tegels, met corrosie erachter. Betonvulling is niet voldoende.



Figuur 10 Verwijderde tegels. Veel ankers zijn rood verroest en dat hoort niet, want het rookgas hoort geen contact met de ankers te maken. Verder is de betonvulling overduidelijk niet uniform geweest. Overal waar er geen bedekking was van de wand is deze rood gecorrodeerd.

Op basis van de foto's en de gesprekken begrijpen we dat de REC het vertrouwen in de huidige bemetseling verloren heeft en ervoor kiest een nieuwe bemetseling aan te laten brengen. Uit de gesprekken bleek dat de REC de zwakke plekken van de huidige bemetseling heeft onderzocht. Dit zijn het achter de tegels gegoten beton, het kunnen schuiven van het expansie vilt en de complexe ophanging van de tegels. Een nieuwe bemetseling moet deze zwaktes volgens de REC niet hebben.

Een ander belangrijk deel van de oplossing voor de REC zit in een nauwe samenwerking met de leverancier van de nieuwe bemetseling. Als garantie eist de REC dat ze van de bemetseling na één jaar niet meer dan 10% van de tegels moeten wisselen.

4.6 Overige aandachtspunten

Zoals bij elk incidenten onderzoek zijn er dingen waargenomen, die geen directe relatie met de incidenten hebben, maar een aanleiding zouden kunnen worden voor vergelijkbare gebeurtenissen. Om die reden hebben we deze waarnemingen wel in dit rapport opgenomen en we sommen ze op in deze paragraaf.

- Bij alle lekkages viel het op dat er sediment in de ketelpijp zat, aan de warme kant (zie fig.11). Dit sediment is zwart en de kans is groot dat het ijzeroxide is, afgaande uit een opmerking bij een interview waarin de zuurstofconcentratie in het ketelwater als hoog voorkwam. Analyses van het sediment hebben we niet bekeken omdat dit niet binnen de scope van dit onderzoek viel. Wel willen we de REC erop attenderen dat dergelijk sediment evenmin als een hoge zuurstofconcentratie in een stoomsysteem hoort. Het uitvoeren van een onderzoek naar de bron hiervan, zouden wij aanmoedigen. Wij bevelen op grond hiervan ook aan dat als er een mogelijkheid is een pre-inspectie (met een endoscoop) te doen bij de turbine, alvorens deze zijn grote stop ingaat. Wij verwachten impact schade aan de eerste schoepenrijen. Het onderhoudsschema van de turbine is elk jaar een minor inspectie waarbij in de turbine gekeken wordt. Impact schade is tot nog toe niet waargenomen. De verwachting is dat de volgende grote stop in 2016 zal plaatsvinden.



Figuur 11 Sediment in ketelpijp (linkerwand overgang tweede naar derde trek)

- De communicatie binnen REC is informeel van karakter. Aangezien er nu weinig verloop is en de organisatie nog niet een hele lange geschiedenis heeft, is dit nu geen directe bedreiging. Voor de toekomst bevelen wij een meer formele manier van werken aan. Ter verbetering is bijvoorbeeld het formeel vastleggen (documenteren) van beslissingen. Van de REC hebben wij begrepen dat zij dit ook als een verbeterpunt zien en zij hebben mede hiervoor extra personeel aangetrokken.

Op basis van de interviews, bevelen wij het volgende aan:

- Dat de organisatie duidelijker met beslismomenten omgaat en beter beslissingen vastlegt met daarbij de argumentatie van die beslissingen. Dit kan heel eenvoudig door op het moment dat een beslissing valt, dit expliciet te maken en dit vervolgens per mail of als nieuwsbrief op een prikbord verder de organisatie in te communiceren.
- De Management of Change procedure dient verbeterd te worden. Vooral het deel waarin risico's van wijzigingen geëvalueerd worden, lijkt versterkt te moeten worden in het besluitvormingsproces.



Deze laatste constatering heeft de REC zelf ook al gedaan. Op basis van resultaten uit een interne audit, bleken verbeteringen nodig in de modificatieprocedure en de vastlegging van incidenten. Deze verbeteringen worden in de loop van dit jaar geïmplementeerd.

5 SCAT ANALYSE EN AANBEVELINGEN

Wanneer de SCAT analyse uitgevoerd wordt op de schades en dit koppelen aan de resultaten uit de interviews met mensen van de REC, komen we tot de onderstaande tabel. We hebben ervoor gekozen geen van de betrokken onderaannemers te interviewen, omdat het beeld van de incidenten uit de interviews voldoende compleet was. De nummers in de onderstaande tabel corresponderen met de nummers in de SCAT 8.0 analyse kaart. Rechttopstaande tekst is uit het Engels vertaald. Schuingedrukt staan verduidelijkingen van de keuze weergegeven.

Incident	I	II	III	IV
Type gebeurtenis	Falen van mechanische apparatuur (18)	Falen van mechanische apparatuur (18)	Falen van mechanische apparatuur (18)	Falen van mechanische apparatuur (18)
Directe oorzaken	Verkeerd gebruik van gereedschap (7). <i>Want er is impact schade.</i> Falen van detectie (25). <i>De impactschade is gemist bij de afname inspectie</i>	Falen bij het onderkennen van risico.(18) <i>Het mogelijke gevolg van het opbrengen van extra bemetseling is nooit overzien.</i> Falen van detectie (25) <i>De dunne plek is waargenomen, maar er zijn geen conclusies aan verbonden.</i>	Falen van detectie (25) <i>Het feit dat de tegel niet goed zat en het verlies van de tegel zijn niet voor lekkage waargenomen</i> Inadequate bescherming (29) <i>De bemetseling zit niet goed genoeg bevestigd</i>	Falen van detectie (25) <i>Het feit dat de tegel niet goed zat en het verlies van de tegel zijn niet voor lekkage waargenomen</i> Inadequate bescherming (29) <i>De bemetseling zit niet goed genoeg bevestigd</i>
Basis oorzaken	Gebrekkige discipline (7.10) <i>De werknemer werd betaald om zijn werk te doen en deed dit niet volgens de regels van normaal goed vakmanschap</i>	Gebrekkige inschatting van risico's (15.1) <i>Risico's van het aanbrengen van bemetseling zijn onvoldoende overzien.</i> Gebrekkige inschatting van reparatie behoeften (13.7) <i>Mogelijk was het dunne stuk groter, dan alleen het punt van meting</i>	Tekort schietende leveranciers standaarden (15.3) <i>Zie 4.5</i> Inadequate product-ontwerp verificatie (16.6) <i>Zie 4.5</i> Bij de REC (5.1) Onvoldoende ervaring met vuurvaste materialen.	Tekort schietende leveranciers standaarden (15.3) <i>Zie 4.5</i> Inadequate product-ontwerp verificatie (16.6) <i>Zie 4.5</i> Bij de REC (5.1) Onvoldoende ervaring met vuurvaste materialen.

Incident	I	II	III	IV
Verbeteracties (reeds door REC onderkend en ingezet)	- Het managen van onderaannemers (11.6) <i>De REC verscherpt het toezicht tijdens stops.</i>	- Het aanpassen van procedures om risico's te beheersen (9.12) <i>Het verhogen van de minimale dikte van ketelpijpen (van 2,5 naar 3 mm)</i> - Het verbeteren van de integriteit van de installatie (10.12) <i>Het vernauwen van het inspectieraster bij verdunning.</i>	- <i>Te bespreken / verder onderzoeken met leverancier.</i> <i>Zie par. 4.5</i> Voor REC: - Het verbeteren van de inspectie van speciaal materiaal (10.7) <i>Het verbeteren van de interne kennis van vuurvast. (10.5)</i> - Het verbeteren van de integriteit van de installatie (10.12) <i>Ander ontwerp/ methode zoeken voor ketelwand bemetseling</i>	- <i>Te bespreken / verder onderzoeken met leverancier.</i> <i>Zie par. 4.5</i> Voor REC: - Het verbeteren van de inspectie van speciaal materiaal (10.7) <i>Het verbeteren van de interne kennis van vuurvast. (10.5)</i> - Het verbeteren van de integriteit van het systeem. (10.12) <i>Ander ontwerp/ methode zoeken voor ketelwand bemetseling</i>
Overige aanbevolen verbeteracties		- Verbeter de noodstop procedures (12.2)	- Verbreed de kennis over inspectie-methodes. (10.10) - Formaliseer het proces van en de interne communicatie over modificaties (10.9; 15.3)	- Verbreed de kennis over inspectie-methodes. (10.10) Formaliseer het proces van en de interne communicatie over modificaties (10.9; 15.3)



Buiten deze verbeteracties wordt sterk aanbevolen de aanbeveling rond het stoomsysteem op te volgen. Deze aanbeveling is de bron van de hoge zuurstof concentratie in het ketelvoedingwater te achterhalen.

Tot slot moet wel opgemerkt worden dat het lek gaan van een afvalketel niet vreemd is en dit zal in de toekomst ook zeker gebeuren. Waar de REC beter in kan worden is in het uitvoeren van een noodstop, het interpreteren en acteren op inspectieresultaten en het verbeteren van de kennis over de toegepaste materialen in de installatie.

- /3/ W.F.M. Hesseling e.a.: Efficiency Increase of Waste-to-Energy Plants – Evaluation of experience with boiler corrosion and corrosion reduction; TNO, 2003



About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.