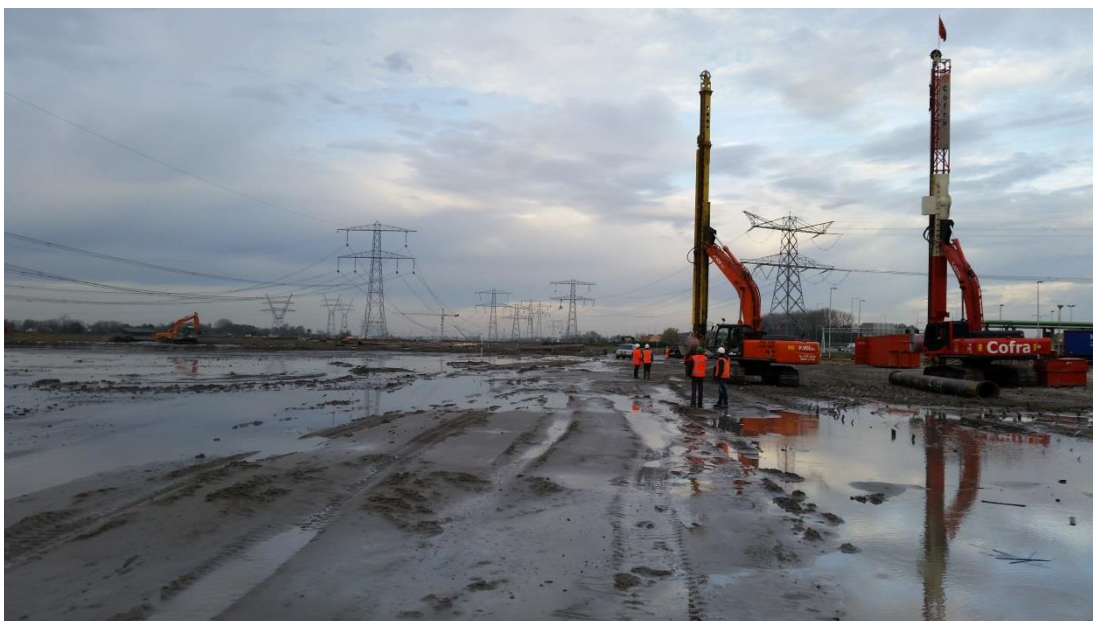

Inductieve Incidenten

Onderzoek naar de haalbaarheid om Inductie incidenten onder
hoogspanningslijnen bij aannemers te reduceren



Auteur: Jan-Kees van Pamelan
Bedrijf : Boskalis Nederland

Inductieve Incidenten

Onderzoek naar de haalbaarheid om Inductie incidenten onder
hoogspanningslijnen bij aannemers te reduceren

Eindscriptie opleiding Hogere Veiligheidskunde

Reed Business opleidingen

Docent: Ernesto Gonzales Arroyo

Groep: O-HVK-UTR-13-03

Auteur: Jan-Kees van Pamelan

Plaats: Diemen

In opdracht van

Bedrijf : Boskalis Nederland

Projectorganisatie: Bouwcombinatie SAAone EPCM

Adres: Eekholt 54, 1112 XH Diemen

Bedrijfsbegeleider: Jeroen van der Klooster

Datum: December 2015

Voorwoord

Sinds september 2013 ben ik bij Boskalis in dienst als Safety, Health, Environment and Quality projectcoördinator (SHE-Q). Vanaf dat moment werk ik voor de discipline grond- weg en waterbouw (GWW) op het grote multidisciplinaire infra-project Schiphol-Amsterdam-Almere



(SAA) A1/A6. Mijn hoofdtaken en verantwoordelijkheden op dit project bestaan uit het adviseren en coachen van de organisatie SAAone op het gebied van SHE-Q met als uitgangspunt werken volgens de aanpak integrale veiligheid.

SAAone is een samenwerking bestaande uit de bouwcombinatie VolkerWessels, Boskalis, Hochtief en Dutch Infrastructure Fund. In opdracht van Rijkswaterstaat realiseert het consortium SAA de eerste fase van het wegenareaal A1/A6 van Diemen tot en met Almere Havendreef.

Ik wil vanaf deze plaats het management van de discipline SAAone GWW hartelijk bedanken. Zij hebben mij mogelijkheden geboden om dit afstudeeronderzoek op SAAone uit te voeren. Mijn dank gaat uit naar alle geïnterviewden voor hun medewerking, openheid en belangstelling voor dit onderzoek, Ernesto Gonzalez Arroyo voor zijn gedrevenheid en optimisme als docent. Mijn vriendin Cynthia dank ik voor de steun en ruimte die ze mij gegeven heeft om deze studie mogelijk te maken. Als laatste wil ik mijn studiegenoten bedanken voor de rollenspellen die ervoor gezorgd hebben dat ik in mijn functie gegroeid ben.

Voor u ligt het rapport dat ik heb geschreven in het kader van mijn opleiding tot Hogere Veiligheidskundige. Het rapport is geschreven voor de directie en het management van Boskalis en de SAAone organisatie. Dit onderzoek levert een bijdrage aan een gezonde en veilige werkomgeving en dragen mede bij aan de totale doelstelling, het streven naar nul incidenten.

Beverwijk, december 2015

Jan-Kees van Pamelan

Inhoudsopgave

Samenvatting	6
1. Inleiding	7
1.1 Bedrijfsinformatie	7
1.2 Aanleiding	7
1.3 Probleemstelling.....	7
1.4 Afbakening onderzoek	7
1.5 Achtergrond informatie.....	8
1.6 Doelstelling.....	9
1.7 Onderzoeksvragen.....	10
1.8 Voorbeschouwing inhoud op hoofdlijnen.....	10
2. Methode	11
2.1 Design	11
2.2 Dataverzameling	11
2.3 Data-analyse	12
2.4 Betrouwbaarheid en validiteit	13
3. Theoretisch kader	14
3.1 Het project in relatie tot de hoogspanningsverbindingen	14
3.2 Het ontstaan van elektrische en magnetische velden	14
3.3 Elektrische en magnetische velden bij bovengrondse hoogspanningsverbindingen.....	15
3.4 Elektrische beïnvloeding volgens Petersburg	15
3.4 Elektrische beïnvloeding volgens de netbeheer.....	16
3.5 Elektrische en magnetische velden bij innovaties	17
3.6 Indicatieve beïnvloedingszone	17
3.6.1 Technische en omgevingsfactoren	18
3.7 Omstandigheden waardoor inductieve incidenten plaatsvinden	19
3.8 Risicobepaling en reductie in relatie tot inductieve incidenten	19
3.8.1 Risico- inventarisatie -en evaluatie in relatie tot arbeidshygiënische strategie	19
3.8.2 Het redelijkerwijs-principe.....	19
3.8.3 Risicobepaling	19
3.9 Criteria arbeid onder hoogspanningslijnen.....	20
3.9.1 Nationaal en internationaal beleid.....	20
3.9.2 Blootstelling werknemers	20
3.10 Risico's in relatie tot maatschappelijke aanvaardbaarheid.....	22
3.11 Risico's bij werken onder hoogspanningsverbindingen.....	22
3.12 Risico's in relatie tot maatschappelijke verantwoording	23
3.13 Strategische maatregelen voor het reduceren van incidenten	24

3.13.1	Veiligheidsbewustzijnprogramma	24
3.14	Veiligheidsvoorschriften	25
3.15	Criteria voor nul incidenten	25
3.16	Medisch onderzoek	26
4.	Resultaten.....	28
4.1	Afgenomen interviews.....	28
4.2	Geïnterviewde ongevallen	28
4.3	Ranking ongevallen naar aard letsel	29
4.4	Analyse directe oorzaken.....	30
4.5	Analyse van de basis oorzaken	31
5.	Conclusie.....	33
5.1	Subconclusie.....	33
5.2	Eindconclusie.....	34
6.	Aanbevelingen	35
7.	Kosten baten analyse	36
8.	Literatuurlijst.....	40

Bijlagen:

9.1	Begrippen & afkortingen
9.2	Het processchema onderzoeksmodel Fase 1-3
9.3	De soort straling in relatie tot de frequentiehoogte
9.4	Elektrische beïnvloedingen nabij hoogspanningsverbindingen
9.5	De grootte van het beïnvloedingsgebied in relatie tot inductieve beïnvloeding
9.6	Vergelijking magneetzone tussen een vakwerkmast en wintrackmast
9.7	onderzoeksgegevens vanuit het RIVM over de indicatieve beïnvloedingszone
9.8	Relevante wet- en regelgeving
9.9	Vergelijking huidige met de oude EU-richtlijn en EU-aanbeveling
9.10	Tabel grenswaarden voor elektromagnetische velden
9.11	Tabel actieniveaus voor lage frequenties
9.12	De effecten en grenswaarden bij blootstelling aan EM-RF velden
9.13	Uitwerking RI&E met risicomatrix
9.14	Start werkinstructie
9.15	Veiligheidsvoorschriften bij werken nabij hoogspanningsmasten
9.16	Gezondheidseffecten en beroepsziekten
9.17	Vragenlijst Interviews ongevallen
9.18	Interviews ongevallen
9.19	Plan van Aanpak

Samenvatting

De werkzaamheden binnen het project Schiphol-Amsterdam-Almere (SAA) A1/A6 worden grotendeels uitgevoerd binnen de zakelijk rechtstreek in de directe nabijheid van nieuwe en bestaande hoogspanningslijnen van de grootste netbeheerder van Nederland. Bij Boskalis en SAAone is er onduidelijkheid over de directe en achterliggende oorzaken die geleid hebben tot meerdere inductieve incidenten. Ondanks de duidelijke veiligheidsvoorschriften, die gelden binnen de zakelijk rechtstroken van de netbeheerders, vinden er nog steeds incidenten plaats.

De doelstelling van het onderzoek is om te onderzoeken hoe deze inductieve incidenten veroorzaakt worden en gereduceerd kunnen worden. De werkgever heeft volgens de Arbeidsomstandighedenwet een zorgplicht met een aantal verplichtingen naar de werknemer toe.

In dit rapport is onderzoek gedaan hoe werkzaamheden in de nabijheid van hoogspanningslijnen veilig uitgevoerd kunnen worden met als doelstelling het aantal inductieve incidenten bij Boskalis te reduceren. Voor het uitvoeren van dit onderzoek is er gebruik gemaakt van een literatuurstudie en interviews met vragenlijst.

Blootstelling aan 50 Hz elektromagnetische velden kunnen fosfenen ontstaan die hinder veroorzaken. Wanneer werknemers blootgesteld worden aan contactstromen kan dit leiden tot schrikreacties.

Vanuit risicobeoordeling en -reductie heeft het de voorkeur om volgens de arbeidshygiënische strategie in overleg met de netbeheerder de bronmaatregel toe te passen met een volledige buitendienststelling van de hoogspanningslijnen. Echter is deze bronmaatregel niet altijd haalbaar, dan dient men volgens de arbeidshygiënische strategie te handelen en rekening te houden met het voorkomen van stroomoverslag en het aarden van metalen delen.

Zowel vanuit het theoretisch kader als de resultaten komt duidelijk naar voren dat het inventariseren van de risico's en gevaren middels een RI&E, TRA van essentieel belang zijn. Het voor start werkzaamheden toepassen van een start werkinstructie en LMRA dragen bij aan een goede risicobeheersing. Deze aspecten dragen samen met een positieve veiligheidscultuur bij aan een risicoreductie waarbij gestreefd wordt naar een doelstelling met nul incidenten. Ondanks de criteria van nul incidenten is de onderzoeker afhankelijk van externe factoren zoals omgevingsinvloeden die buiten de invloedssfeer liggen waaruit restrisico's voortkomen.

1. Inleiding

1.1 Bedrijfsinformatie

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen de projectorganisatie Schiphol-Amsterdam-Almere (SAA) A1/A6. Het grote multidisciplinaire infra-project is geen standaard project. De opdrachtgever Rijkswaterstaat (RWS) heeft een Design, Build, Finance and Maintain contract (DBFM-contract) afgesloten met een looptijd van 30 jaar voor onderhoud van de gerealiseerde wegbuitbreiding met civiele werken, infrastructuur en verkeerssystemen [1]. De bouwcombinatie Engineering Procurement Company and maintenance (EPCM) zijn verantwoordelijk tijdens de realisatiefase. De EPCM bestaat uit een centrale koepel en meerdere disciplines: grond- weg en waterbouw (GWW), civiel, instandhouding, geluidsschermen, systemen waarbij hoofdaannemers samenwerken, kennis en krachten bundelen. Vanwege de projectgrootte en de samenwerking tussen meerdere disciplines is er beleidsmatig gekozen voor een integrale aanpak waarbij tijdens de realisatie één van de uitgangspunten is werken volgens de aanpak integrale veiligheid [1-3]. Zowel Boskalis als SAAone zijn onder andere gecertificeerd volgens de Veiligheid Checklist Aannemers (VCA) 2008/5.1** norm. De VCA is bedoeld om veiliger te werken met als doelstelling streven naar nul ongevallen.

1.2 Aanleiding

De werkzaamheden binnen het project Schiphol-Amsterdam-Almere (SAA) A1/A6 worden grotendeels uitgevoerd in de directe nabijheid van nieuwe en bestaande hoogspanningslijnen van de grootste netbeheerder van Nederland. Binnen de zakelijk rechtstrook van de netbeheerder hebben bij Boskalis recentelijk meerdere soorten inductieve incidenten plaatsgevonden. Van inductieve incidenten is sprake wanneer werknemers door elektrisch geladen objecten blootgesteld worden aan aanraakspanningen en schokken bij het uitvoeren van werkzaamheden in de nabijheid van hoogspanningslijnen [4-7].

1.3 Probleemstelling

Binnen de projectorganisatie SAAone is er onduidelijkheid over de directe en achterliggende oorzaken die geleid hebben tot meerdere inductieve incidenten. Ondanks de duidelijke veiligheidsvoorschriften, die gelden binnen de zakelijk rechtstroken van de netbeheerders, vinden er nog steeds incidenten plaats. Boskalis heeft mij opdracht gegeven te onderzoeken hoe deze inductieve incidenten veroorzaakt worden en gereduceerd kunnen worden.

1.4 Afbakening onderzoek

Doelgroep

De directie en het management van Boskalis en de SAAone organisatie. Daarnaast is dit onderzoek gericht aan de Nederlandse branche bouw en infra die bouwactiviteiten uitvoeren binnen de civiele-, infra-en GWW-, sectoren.

Uitgangspunten onderzoek

De uitgangspunten van dit onderzoek zijn gericht op niet-ioniserende straling waarbij extreem-laagfrequente elektrisch magnetische velden (EMV) vrijkomen ontstaan door elektriciteitsvoorziening. Het onderzoek richt zich specifiek op de elektriciteitsdistributie over bovengrondse hoogspanningslijnen waarbij het Nederlandse elektriciteitsnet werkt met 50 hertz wisselstroom.

1.5 Achtergrond informatie

Uit literatuuronderzoek blijkt dat blootstelling aan EMV gevolgen kunnen hebben voor de gezondheid van werknemers. De mate is afhankelijk van de frequentie en de veldsterkte. Bij hoge veldwaarden ontstaan elektrische stroompjes die het lichaam opwarmen en de spieren onwillekeurig doen samentrekken. Een sterke stijging van de lichaamstemperatuur kan leiden tot ernstige gezondheidsklachten. Bij de Laag-energetische EMV rondom hoogspanningslijnen zijn deze effecten tot heden nog niet waargenomen en bekend. Er is ook geen indicatie dat deze lage veldsterkte op lange termijn tot gezondheidsschade leidt. Zodra de blootstelling ophoudt, verdwijnen de mogelijk effecten weer. Uit de literatuurstudie blijkt dat er bij het ontstaan van elektrische en magnetische velden een duidelijk verband naar voren komt dat bevestigt "hoe hoger de frequentie, des te meer energie de velden kunnen overbrengen" [8,9].

Er bestaan diverse theoretische modellen over ongevallenonderzoek en risicobeheersing. In dit onderzoek heeft de onderzoeker zich beperkt tot onderstaande theorieën en methoden:

Voor ongevallenonderzoek heeft de onderzoeker gekozen voor de theorie Heinrich en Lateiner en uitgewerkt met de Systematische Oorzaken Analyse Techniek methode (SOAT-methode) [10-12].

Voor risicobeheersing heeft de onderzoeker gekozen voor de RISMAN-methode [13]. De uitgangspunten van deze theorie vormen de basis voor het uitvoeren van een risico- inventarisatie en -evaluatie (RI&E). Hierbij worden de geïnventariseerde veiligheidsrisico's met beheersmaatregelen volgens een gestructureerde aanpak bepaald en vastgelegd. De RI&E wordt uitgevoerd volgens de ranking methode waarbij risicoclassificatie van de te nemen maatregelen plaatsvindt. De doelstelling is om met risicoreductie de risico's en beheersmaatregelen zowel voor als na de te nemen maatregelen te evalueren tot een aanvaardbaar restrisico [14].

Heinrich en Lateiner beweren dat voorafgaand aan het letsel een aantal andere factoren hebben plaatsgevonden. Deze factoren zijn in de vier voorafgaande dominostenen weergegeven. De keten met vijf dominostenen geven de oorzaak en gevolg weer van Heinrich en Lateiner. Een ongeval is dus het resultaat van verschillende oorzaken die op verschillende niveaus binnen het bedrijf kunnen liggen. Heinrich heeft zijn aandacht gericht op omgevingsfactoren en het functioneren van mensen. Voor het functioneren van mensen maakt hij onderscheid in persoonlijke factoren en gedragsfactoren. Het dominomodel heeft als doelstelling het voorkomen van ongevallen [10-12,15,16].

De onderzoeker past de Systematische Oorzaken Analyse Techniek methode (SOAT-methode) toe omdat de basis voortkomt uit het dominomodel van oorzaken en gevolgen. Hierbij wordt met een groep mensen terug beredeneerd vanaf het verlies naar de basisoorzaken en de bijhorende organisatorische beheersmaatregelen. De onderzoeker stelt dat de SOAT methode overeenkomsten en relaties heeft met de dominosteentheorie van Heinrich en Lateiner. Deze wijze van ongevallenonderzoek levert een breed beeld op van zowel de directe als de achterliggende basisoorzaken. De methode doet handreikingen naar de te nemen beheersmaatregelen, zowel in de directe zin als op het niveau van beleid en bestuur [10-12].

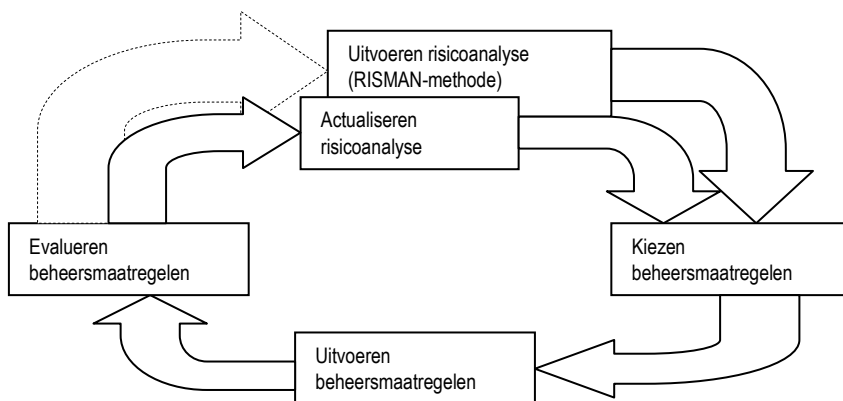


Figuur 1: Methode lateiner dominostenen¹

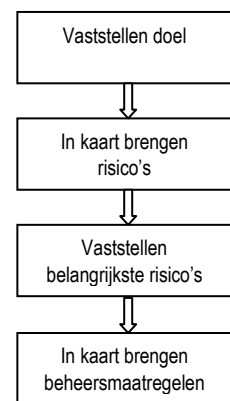


Figuur 2: Relatie managementsysteem en ongevallen²

Het model van RISMAN is een beproefde methode voor risicomanagement die breed bekend is binnen de infrastructurele wereld. Met de risicoanalyse wordt duidelijk welke risico's kunnen optreden met de te nemen beheersmaatregelen. De RISMAN-methode bestaat uit vier stappen: het vaststellen van het doel, het in kaart brengen van de risico's, het vaststellen van de belangrijkste risico's en tenslotte het in kaart brengen van de beheersmaatregelen [13].



Figuur 3: Risicomanagementcyclus³



Figuur 4: Stappen in het risicomanagementproces³

1.6 Doelstelling

Een uitgebreid incidentenonderzoek naar de oorzaken, risico's en gevaren van inductieve beïnvloeding veroorzaakt door aannemers bij hoogspanningsverbindingen is nog niet eerder grondig onderzocht. De incidenten die hebben plaatsgevonden zijn afzonderlijk onderzocht maar er is nooit gekeken naar

¹ Figuur 1 geeft de methode lateiner dominostenen weer met de factoren die voorafgaand aan het letsel hebben plaatsgevonden [16]

² Figuur 2 geeft de relatie managementsysteem en ongevallen weer waarvoor het dominomodel toegepast wordt [11]

³ Figuur 3 en 4 geven de cyclus en de stappen in het risicomanagementproces aan [13]

verbanden tussen de oorzaak, toedracht van het incident en het aantal incidenten. Doel van dit onderzoek is om te bepalen welke voorwaarden gesteld dienen te worden zodat incidenten door aannemers voorkomen kunnen worden. De resultaten van dit onderzoek moeten uitsluitend geven hoe het komt dat er nog steeds incidenten plaats vinden, in de zakelijk rechtstreek van de netbeheerder, waarbij de veiligheidsvoorschriften van toepassing zijn. Het onderzoek zal op onderstaande onderzoeksvragen antwoord geven en middels een verbetervoorstel uitgewerkt worden. Wettelijke kaders zoals; de arbeidsomstandighedenwet, het arbeidsomstandighedenbesluit, de arbocatalogus bouw en infra, aanvullende (Europese) richtlijnen en aanbevelingen zijn hierin meegenomen. Bovenstaande heeft geleid tot de volgende hoofdvraag:

“Hoe kunnen werkzaamheden in de nabijheid van hoogspanningslijnen veilig uitgevoerd worden met als doelstelling het aantal inductieve incidenten bij Boskalis te reduceren”.

1.7 Onderzoeksvragen

Op basis van de hoofdvraag / probleemstelling zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Wat zijn inductieve incidenten?
2. Wanneer en onder welke omstandigheden gebeuren die inductieve incidenten onder hoogspanningslijnen?
3. Welke criteria stelt de wet met betrekking tot arbeid verrichten onder hoogspanningslijnen?
4. Wordt vanuit de arbeidsveiligheid in relatie tot de Arbowet voldaan aan de laatste stand van best practice?
5. Welke strategische maatregelen kunnen genomen worden om de deze incidenten te reduceren?
6. Is de doelstelling van dit onderzoek haalbaar?
7. Zijn binnen de branche buiten Boskalis aannemers betrokken geweest bij inductieve incidenten en wat zijn de oorzaken?
8. Zijn er relaties tussen oorzaken van inductieve incidenten en de veiligheidsvoorschriften die door de netbeheerder gehanteerd worden?
9. Welke criteria zouden moeten gesteld worden om aan de doelstelling van nul incidenten te voldoen?

1.8 Voorbeschouwing inhoud op hoofdlijnen

- Methode
- Theoretisch kader
- Risico's in relatie tot rechtvaardigheid
- Resultaten en analyse onderzoek
- (Deel)conclusies en aanbevelingen
- Kosten baten analyse
- Literatuurlijst

2. Methode

2.1 Design

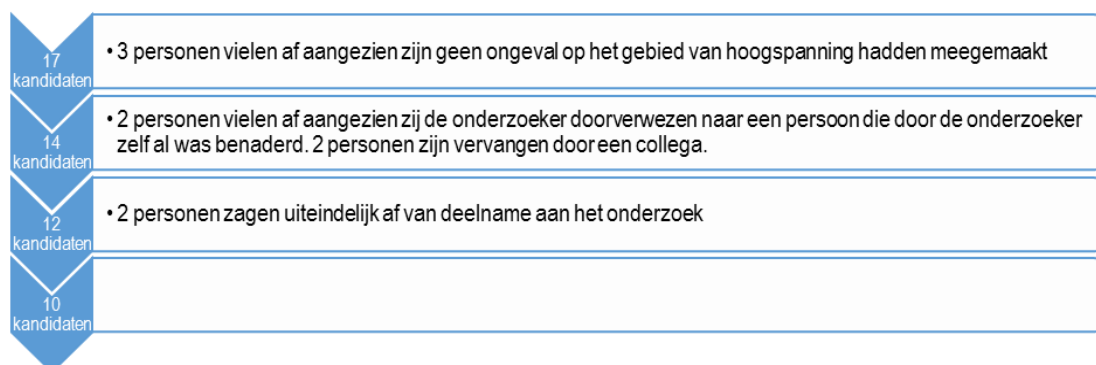
Er is een exploratief onderzoek uitgevoerd middels een grondige literatuurstudie. Bij het uitvoeren van het exploratief verzamelt en analyseert de onderzoeker gegevens met als doelstelling belangrijke aspecten te filteren. Voor de data-analyse heeft de onderzoeker gekozen voor een kwalitatief onderzoek waarbij de waarnemingen bestaan uit individuele vraagg gesprekken. Deze vorm van interviewen omvatte een halfopen of semigestructureerd vraaggesprek. De representativiteit van de onderzoekspopulatie werd positief beïnvloed doordat alle interviews afgenomen werden met een eenduidige opgestelde vragenlijst met vaste structuur, topics en vragen. Deze vragenlijst is na de literatuurstudie opgesteld en gericht op onderzoek naar inductieve incidenten. De interviews zijn afgenomen met interne en externe bedrijven waar inductieve incidenten hebben plaatsgevonden. Gekozen is voor het afnemen van interviews, omdat er tijdens het gesprek extra vragen gesteld konden worden om meer diepgang te verkrijgen in het achterliggende probleem. Er zijn tijdens de interviews geen discussies ontstaan [17-22]. (Het processchema onderzoeksmodel Fase 1-3, Zie bijlage 9.2)

2.2 Dataverzameling

Voor het uitvoeren van een grondige literatuurstudie is er gestart met een dataverzameling om een valide basis te leggen voor het onderzoek. Via de portal/database van Nederlandse Vereniging van Veiligheidskundigen, TenneT en railAlert is gezocht naar literatuur en onderzoeken over ongevallen bij hoogspanningsverbindingen. De nieuwsgroep van Rijkswaterstaat is digitaal benaderd voor informatie. Kranten; Meternieuws, Brabants Dagblad, Het Kontakt en Hoogspanningsnet hebben de nodige informatie gegeven. Vanuit literatuurstudie zijn meerdere bronnen benaderd om zowel; inhoudelijk duidelijkheid te krijgen over EMV en binnen het wettelijk kader inzicht te krijgen over dit onderwerp. Benaderde bronnen; de Arbeidsomstandighedenwet, het Arbeidsomstandighedenbesluit, de Arbocatalogus bouw en infra als branchevertegenwoordiging, aanvullende (Europese) richtlijnen en aanbevelingen, de Arbo-informatiebladen als praktische benadering van de wet. Als laatste zijn de bestaande procedures en veiligheidsvoorschriften vanuit de netbeheerders doorgenomen.

Om duidelijkheid te scheppen in de achtergrond en materie over EMV zijn naast de bronnen vanuit de literatuurstudie ook specialisten benaderd die wetenschappelijk onderzoek verrichten naar EMV. Zo is er contact geweest met twee specialisten van het Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Zij zijn werkzaam op het kennisplatform EMV. Ook is er contact geweest met een specialist van Petersburg Consultants advies en ingenieurs bureau. Hij is gespecialiseerd in elektrische infrastructuur. De bronnen zijn geselecteerd op de volgende criteria; niet ouder dan 10 jaar, relevantie over hoogspanning, ongevallen binnen de branche grond-, weg en waterbouw en op wet en regelgeving. Tijdens het afnemen van de interviews werd de onderzoeker ook gewezen op ongevalsrapporten. Deze zijn voor dit onderzoek geraadpleegd en toegepast. Dit is de validiteit van dit onderzoek ten goede gekomen aangezien het in de analyse is meegenomen.

Voor dit onderzoek zijn er 17 personen benaderd van verschillende bedrijven en uit verschillende functiegroepen door middel van een email om mee te werken aan dit onderzoek.



Figuur 5: Het stroomdiagram met selectie geïnterviewde (N=10)

Er zijn afspraken gemaakt wanneer de interviews afgenomen konden worden. De interviews werden op een rustige plek afgenomen om stoorzenders te voorkomen.

De geïnterviewde bedrijven gaven uit privacy reden aan niet gelinkt te willen worden aan het ongeval, daarom is ervoor gekozen om geen bedrijfs- en persoonsnamen te noemen in dit onderzoek.

Meet-instrumenten

- De 17 kandidaten zijn benaderd via een mail om deel te nemen aan het onderzoek. Zij hebben de vragenlijst die tijdens het interview doorgelopen zou worden meegestuurd gekregen ter voorbereiding op het interview.
- Alle interviews zijn afgenomen door de onderzoeker zelf, waardoor er tijdens het gesprek nog verdiepende vragen gesteld konden worden.

2.3 Data-analyse

De onderzoeker heeft voorafgaand aan het interview (INV) goed nagedacht wat er in het interview aan bod moest komen. Tijdens het interview is meegeschreven zodat er geen gegevens verloren konden gaan. Voor de data-analyse is gebruik gemaakt van de methode uit de boeken 'Een onderzoek voorbereiden' en 'Een onderzoek uitvoeren' van H. Oost [23,24]

Wanneer het antwoord niet aansloot op de vraag zoals de onderzoeker deze had bedoeld werden er verhelderende vragen gesteld. Ook verdiepende vragen zijn tijdens het interview gesteld. Er is gelet op het stellen van open vragen en zo min mogelijk gesloten vragen. Deze werden alleen gesteld als verduidelijking van een antwoord [17-22].

Na het interview heeft de onderzoeker gebruik gemaakt van de ongevalsonderzoeksmethode SOAT (Systematische Oorzaken Analyse Techniek). Hierbij worden de basis en achterliggende oorzaken geïdentificeerd. De methode is vooral geschikt om te onderzoeken of er een standaard voor bepaalde handelingen is en of die wordt nageleefd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in drie fasen; 1.Voor het incident, 2.Tijdens het incident, 3.Na het incident. [5,6,10-12]. Deze methode doet handreikingen en verwijst hiermee naar de te nemen beheersmaatregelen, zowel in directe zin als op het niveau van beleid en bestuur [10-12]. De directe oorzaken vormen de directe aanleidingen en factoren die tot een incident leiden, de zogenoemde substandaard handelingen (bijv.: werken zonder werkvergunning) en substandaard condities (bijv.: onvoldoende afscherming). Na alle directe oorzaken te hebben aangegeven, wordt doorverwezen naar de basisoorzaken. De basisoorzaken zijn structureel en permanent aanwezig en kenmerken zich van de algemene situatie of toestand waarin een organisatie zich bevindt. Deze zijn onderverdeeld in persoonsgebonden factoren en werkgebonden factoren. In de laatste stappen worden mogelijke beheersmaatregelen aangegeven, wordt de argumentatie van de voorgestelde beheersmaatregelen aangegeven en vindt de rapportage plaats. [5,6,10-12].



Figuur 6: Het SOAT dominomodel [12]

2.4 Betrouwbaarheid en validiteit

Om de betrouwbaarheid te vergroten is ervoor gekozen om na het interview de antwoorden met de geïnterviewde na te bespreken, zodat de uitwerking op waarheid berust. Na het analyseren heeft de onderzoeker de uitkomsten ingevoegd in een digitale SOAT checklist [10-12]. Dit is gedaan om bias te minimaliseren [26]. Deze SOAT checklist bestaat uit een excel bestand (.xls) en heeft als basis de uitgangspunten van de SOAT-methode. De structuur en inhoud van de SOAT kaart ligt hieraan ten grondslag [27]. Om de externe validiteit te vergroten, werden de geïnterviewde geselecteerd op basis van werknemers van verschillende bedrijven en met verschillende functies.

De individuele vraaggesprekken met een eenduidige vragenlijst tijdens de data-analyse komt de representativiteit, dus de betrouwbaarheid van de onderzoeksgegevens ten goede. De onderzoeker bedoelt hiermee dat de representativiteit de mate aangeeft waarin de steekproef een correcte afspiegeling van de onderzoekspopulatie omvat. Dit betekent dat de uitkomsten van een representatief onderzoek generaliseerbaar zijn naar de hele populatie.

3. Theoretisch kader

3.1 Het project in relatie tot de hoogspanningsverbindingen

De werkzaamheden van de eerste fase van de realisatiefase, SAAone genaamd, omvatten onder meer de aanleg van kunstwerken, (spoor)bruggen, aquaduct- en viaducten, snelwegen, verkeersinstallaties in de directe nabijheid van nieuwe en bestaande hoogspanningsverbindingen [1-3]. Grenzend aan de nieuwe tracébesluitgrenzen van het SAAone project is aan de Diemen zijde een NuON gascentrale operationeel die elektriciteit produceert. Binnen de nieuwe tracébesluitgrenzen van SAAone wordt elektriciteit getransporteerd en gedistribueerd via de bovengrondse 150 kV en 380 kV verbindingen. Om ruimte te scheppen voor het project worden enkele hoogspanningsmasten en -lijnen aangepast en verplaatst. Desondanks wordt de verlegging van de Rijksweg A1 tussen Diemen en Muiderberg uitgevoerd in de directe nabijheid van hoogspanningslijnen.

3.1.1 Principe hoogspanningslijn

De International Electrotechnical Commission (IEC) verstaat onder hoogspanning een elektrische spanning boven de 1000 volt wisselspanning of 1500 volt gelijkspanning. Bovengrondse hoogspanningslijnen bestaan uit een rij masten waarin geïsoleerde geleidende draden aan isolatorkettingen hangen waarvan meestal drie bundels draden links en drie rechts aan de mast. Bliksemdraden boven aan de mast beschermen de lijn tegen blikseminslag. Het Nederlandse elektriciteitsnet omvat bovengrondse hoogspanningsverbindingen van 380 kilovolt (kV), 220 kV, 150 kV, 110 kV en 50 kV [9,28,29]. De uitgangspunten voor dit onderzoek zijn gericht op de bestaande vakwerkmasten met bovengrondse hoogspanningslijnen.

3.2 Het ontstaan van elektrische en magnetische velden

Bij het aansluiten en gebruik van elektrische toestellen via het stopcontact, elektriciteitsproductie of systemen voor transport en distributie van elektrische energie veroorzaken een blootstelling aan elektromagnetische wisselvelden doordat deze niet geïsoleerd of afgeschermd worden. De elektrische en magnetische velden rond een hoogspanningslijn worden extreem-laagfrequente (ELF-EM) velden genoemd en kunnen niet uit elkaar worden afgeleid [9,28,29]. Bij elektriciteitsvoorziening komt niet-ioniserende straling vrij in de vorm ELF-EM velden binnen het frequentiegebied van 0-300 Hz. De sterkte van deze velden wordt uitgedrukt in het natuurkundig begrip veldsterkte die de invloed van een voorwerp op zijn omgeving weergeeft [9,28,29]. Dit onderzoek richt zich op ELF-EM velden waarbij het Nederlandse elektriciteitsnet werkt met 50 hertz wisselstroom. De hoogte van de frequentie staat in relatie tot de energiecapaciteit die de velden kunnen overbrengen.

(De soort straling in relatie tot de frequentiehoogte, Zie bijlage 9.3)

Elektrische veldsterkte

De spanning op de draden van een hoogspanningslijn veroorzaakt een elektrisch veld. Bij transport wanneer er stroom door de draden loopt, ontstaan er ook magnetische velden [9,28-31]. Elektrische

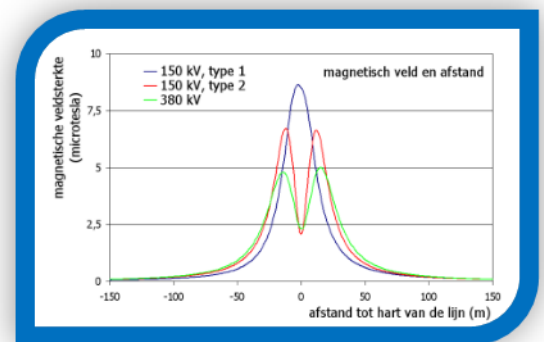
velden ontstaan door het effect van aantrekking of afstoting van een bepaalde elektrische lading door een andere elektrische lading. Kenmerkend is het verschil is tussen een voorwerp en zijn omgeving. Door elektrische ladingen worden elektrische velden opgewekt en gemeten in Volt per meter (V/m) of kilovolt per meter (1 kV = 1000 Volt per meter) [9,28,29,33]. De sterkte van het elektrisch veld hangt af van; 1.De spanning op de lijn, 2.De afschermdende werking van vegetatie en gebouwen, 3.De afstand tot de bron [28].

Magnetische veldsterkte

Bij het verbruik van elektriciteit vloeit er elektrische wisselstroom met een periodiek wisselende stroomrichting van 50 hertz (Hz) waarbij elektrische ladingen zich verplaatsen waardoor magnetische velden ontstaan. De magnetische veldsterkte wordt uitgedrukt in Ampère per meter (A/m) of magnetische inductie voor, uitgedrukt in Tesla (T) of microTesla (1 μ T = 0,000001 Tesla) [9,28,29,33].

3.3 Elektrische en magnetische velden bij bovengrondse hoogspanningsverbindingen

De uitgangspunten voor dit onderzoek zijn gericht op de bestaande vakwerkmasten met bovengrondse hoogspanningslijnen. De sterkte van het magnetische veld in de buurt van een hoogspanningslijn hangt af van; 1.De hoeveelheid stroom die door de draden wordt getransporteerd, 2.De stroomsterkte (A) in relatie tot hoe sterker de stroom, hoe groter het magnetisch veld, 3.De afstand tot de lijnen waarbij de veldsterkte afneemt wanneer de afstand tot de bron



toeneemt waarbij de veldsterkte onafhankelijk is van de spanning (V), 4.De vorm van de mast, 5. De manier en onderlinge positie waarop de draden aan de mast hangen in relatie tot de fasevolgorde van de draden. De magnetische veldsterkte is het hoogst in het hart van de hoogspanningslijn op het punt waar de draden het laagst hangen tussen twee masten. Verder van de hoogspanningslijn neemt de magnetische veldsterkte af [9,28,29]. Het magnetische veld wordt, in tegenstelling tot het elektrische veld, niet of nauwelijks afgeschermd door objecten zoals bouw(materialen), bomen of struiken. Voor de blootstelling van mensen aan een ELF-EM veld is vooral de magnetische component van belang. **Figuur 7: De magnetische veldsterkte bij diverse hoogspanningslijnen [29].**

3.4 Elektrische beïnvloeding volgens Petersburg

De onderzoeker heeft voor dit onderzoek meerdere malen contact gehad met een specialist van Petersburg Consultants advies en ingenieurs bureau (De heer Marcel Janssen). Hij is gespecialiseerd in elektrische infrastructuur. Ook is er tijdens het proces ontwerp- en uitvoeringsfase veilig en gezondheid (V&G) van SAAone contact geweest met een senior projectingenieur van VolkerInfra (De

heer Barry Doorn). Door met hem en Petersburg in contact te treden zijn de raakvlakken en knelpunten tijdens de V&G ontwerp- en uitvoeringsfase geïnventariseerd. Met deze uitgangspunten kon op SAAone verder onderzoek gedaan worden naar elektrische beïnvloeding nabij hoogspanningsverbindingen [34,35].

Inductieve incidenten

De omgeving van een hoogspanningsverbinding kan door ELF-EM velden beïnvloed worden door verschillende elektromagnetische koppelwegen met als oorsprong magnetisch, inductief, elektrisch, capacitief en weerstand. In dit onderzoek wordt ingegaan op de oorsprong van deze inductieve incidenten die voornamelijk ontstaan door inductieve-, capacitieve- en weerstandsbeïnvloeding [34,35]. Van inductieve incidenten is sprake wanneer werknemers door elektrisch geladen objecten blootgesteld worden aan aanraakspanningen en schokken bij het uitvoeren van werkzaamheden in de nabijheid van hoogspanningslijnen. Wanneer volgens Peterburg deze beïnvloeding niet optimaal berekend wordt, kan dit leiden tot het verstoren van de omgeving. Specifiek het verstoren van signalen en storing aan elektrische apparatuur, gevaarlijke spanning op metalen of geïsoleerde objecten of zelfs lichamelijk effecten. Het berekenen van deze beïnvloeding is daarom cruciaal om mogelijke gevolgen te voorkomen [34,35]. (Elektrische beïnvloedingen nabij hoogspanningsverbindingen, Zie bijlage 9.a)

Beïnvloedingszone

Inductieve beïnvloeding van geleidende objecten parallel aan de hoogspanningslijn kan alleen optreden binnen een bepaalde beïnvloedingszone. Voor het bepalen van de beïnvloedingszone wordt in eerste instantie uitgegaan van de grootste afstand waarbij een onbekend object mogelijk ontoelaatbaar beïnvloed zou kunnen worden door de nieuwe verbinding. De breedte van deze zone is onder andere afhankelijk van de kenmerken van de hoogspanningslijn en de lokale bodemweerstand. Met kenmerken bedoelt de onderzoeker het type hoogspanningsmast en de ophanging van de hoogspanningslijnen aan de mast [34,35]. (Weergave van de grootte van het beïnvloedingsgebied, Zie bijlage 9.5)

3.4 Elektrische beïnvloeding volgens de netbeheer

Elektrische beïnvloeding en veiligheid volgens artikel 9 van de veiligheidsvoorschriften voor werken in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningsverbindingen beheerd door TenneT TSO B.V.

De stroom door de draden van de hoogspanningslijn kan ongewenste spanningsverschillen induceren tussen onderling geïsoleerde metalen delen. Wanneer door melding of de elektriciteitstransporteur zelf verwacht dat deze verschillen een onaanvaardbaar niveau kunnen bereiken, zal zij in de toestemming nadere voorwaarden stellen om deze spanningsverschillen te voorkomen, door bijvoorbeeld aarden en doorverbinding [38].

3.5 Elektrische en magnetische velden bij innovaties

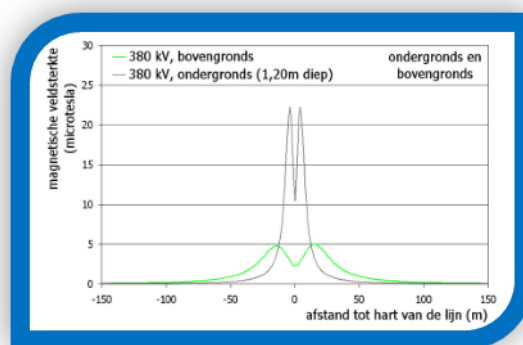
Dit onderzoek richt zich op bestaande vakwerkmasten met bovengrondse hoogspanningslijnen. Door recente innovaties worden door netbeheerders nieuwe technieken getest en toegepast voor het ondergronds en bovengronds transporteren en distribueren van hoogspanning. Het op hoofdlijnen vergelijken van innovaties met vakwerkmasten heeft een toegevoegde waarde voor dit onderzoek.

Wintrackmast

De door netbeheerder TenneT ontwikkelde Wintrackmast werden in de nieuw geplande hoogspanningsverbindingen in april 2010 voor het eerst geplaatst. De geleiders met hoogspanningslijnen van de wintrackmast hangen dicht bij elkaar dan bij vakwerkmasten. Daardoor ontstaat langs de route van de lijn een smaller elektromagnetisch veld. Ter vergelijking, doordat de lijnen zo dicht mogelijk bij elkaar op te hangen, wordt de magneetveldzone met meer dan 60 procent teruggebracht [36,37]. (Vergelijking magneetzone tussen een vakwerkmast en wintrackmast, Zie bijlage 9.6)

Ondergrondse hoogspanningskabels

Dankzij nieuwe technologieën kunnen hoogspanningsverbindingen ondergronds verkabeld worden met als gevolg dat de magnetische velden veranderen. Direct boven de ondergrondse verbinding neemt de magnetische veldsterkte toe, maar op wat grotere afstand ligt de veldsterkte van de ondergrondse onder die van de bovengrondse verbinding [29]. **Figuur 8: De magnetische veldsterkte [29].**



3.6 Indicatieve beïnvloedingszone

De magneetveldzone is ontstaan vanuit internationale epidemiologische onderzoeken die een mogelijk verband tussen het magnetische veld sterker dan 0,4 microtesla en een verhoogde kans op kanker niet uitsluiten. De magneetveldzone rond de hoogspanningslijnen markeert het gebied waarin het jaargemiddelde magnetische veld sterker is dan 0,4 microtesla of dit in de toekomst kan overschrijden. De breedte van de zone is onder andere afhankelijk van de ontwerpbelasting van de hoogspanningslijn. De ontwerpbelasting is de stroom die draden van de hoogspanningslijn gedurende langere tijd maximaal kunnen doorstaan zonder dat de draden te warm worden. Het RIVM heeft onderzoek gedaan en hulpmiddelen ontwikkeld om meer te weten te komen over de magneetveldzone [28,29,39-43]. (Vanuit het RIVM vastgestelde onderzoeksgegevens over de indicatieve beïnvloedingszone, Zie bijlage 9.7)

Spanningsniveau	50 kV	110 kV	150 kV	220 kV	380kV
Percentage van de ontwerpbelasting	50 %	50 %	50%	30 %	30 %
De magneetveldzone	2x40m	2x80m	2x80m	2x125m	2x125m

Tabel 1 De vastgestelde indicatieve waarden van de indicatieve beïnvloedingszone

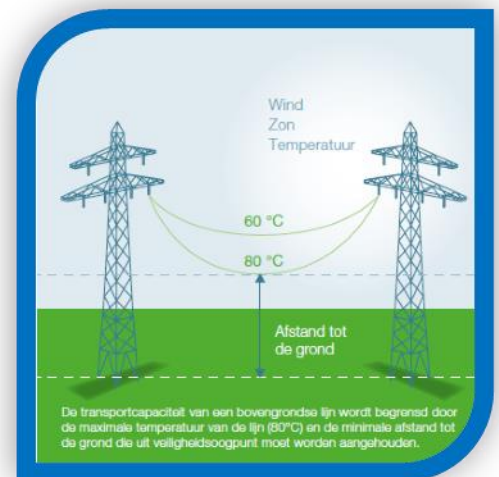
3.6.1 Technische en omgevingsfactoren

De indicatieve beïnvloedingszone die nu in de Netkaart is weergegeven, is bepaald voor de situatie van een individuele bovengrondse hoogspanningslijn. Er zijn technische factoren die de indicatieve beïnvloedingszone doen wijzigen [28,29,39-43]:

- Wanneer er een andere bovengrondse hoogspanningslijn in de buurt is, zal die het magneetveld beïnvloeden.
- De sterkte van het magnetisch veld onder een hoogspanningslijn neemt toe met de sterkte van de getransporteerde stroom. De spanning waarbij de stroom wordt getransporteerd, speelt hierbij geen rol. De maximale stroomsterkte is afhankelijk van de transportcapaciteit.
- Vanuit de Netbeheerder zou zich de situatie kunnen voordoen dat de transportcapaciteit en de jaargemiddelde belasting van een hoogspanningslijn hoger is dan 30% (220 en 380 kV lijnen) respectievelijk 50% (50, 110 en 150 kV lijnen) van de ontwerpbelasting.
- Wanneer de transportcapaciteit en de jaargemiddelde belasting van een hoogspanningslijn hoger is dan de ontwerpbelasting kan de specifieke zone uitgestrekter zijn dan de indicatieve zone die nu in de Netkaart is aangegeven. De specifieke magneetveldzone kan volgens de Handreiking berekend worden.

De uitgewerkte technische factoren waarbij de indicatieve beïnvloedingszone in relatie tot de transportcapaciteit kan variëren heeft direct invloed op een aantal omgevingsfactoren die veiligheidstechnisch van belang zijn [44,45]:

- Door het transport van elektriciteit worden de geleiders waar de stroom doorheen loopt verwarmd. Door deze verwarming gaan geleiders doorhangen waardoor er een beperking zit aan de maximum transportcapaciteit van een hoogspanningsverbinding.
- Bij warm weer en als een lijn sterk belast is, zet deze uit en gaat ze doorhangen (tot 2 meter dieper). De afstand tot een bepaald punt kan hierdoor aanzienlijk variëren: hiermee moet rekening worden gehouden bij het bepalen van de veiligheidsafstand. **Figuur 9: De transportcapaciteit in relatie tot de temperatuur [44].**
- Het weer kan echter een gunstig effect hebben op de koeling van de geleiders. Bij lage temperatuur, maar vooral door wind, wordt de lijn meer gekoeld waardoor er minder doorhang plaatsvindt. In zo'n geval kan er dus meer stroom getransporteerd worden.
- De draden van een hoogspanningslijn kunnen bij felle wind zijdelings uitwaaien (in extreme gevallen tot een twintigtal meter).



3.7 Omstandigheden waardoor inductieve incidenten plaatsvinden

De incidenten die hebben plaatsgevonden zijn afzonderlijk onderzocht maar er is nooit gekeken naar verbanden tussen de oorzaak, toedracht van het incident en het aantal incidenten.

3.8 Risicobepaling en reductie in relatie tot inductieve incidenten

3.8.1 Risico-inventarisatie -en evaluatie in relatie tot arbeidshygiënische strategie

Volgens artikel 3 uit de arbeidsomstandighedenwet is vastgelegd dat iedere werkgever de werkzaamheden zodanig dient te organiseren zodat hiervan geen nadelige invloed uitgaat op de veiligheid en gezondheid van werknemers.

Volgens artikel 5 uit de arbeidsomstandighedenwet voert de werkgever een beleid gericht op het verbeteren van de arbeidsomstandigheden, waarvan alle gevaren en risico's binnen de organisatie vastgelegd zijn in een risico- inventarisatie en -evaluatie (RI&E). Om de veiligheid en gezondheid van werknemers te beschermen dient de werkgever de arbeidshygiënische strategie toe te passen.

Voor het bepalen van maatregelen om geïdentificeerde risico's te vermijden dient de werkgever de arbeidshygiënische strategie toe te passen. Bij risicobepaling en de te nemen beheersmaatregelen voor risicoreductie dient bij voorkeur de risico's aan de bron aangepakt te worden.

De werkgever past de arbeidshygiënische strategie toe volgens onderstaande prioriteitenvolgorde in de te nemen maatregelen;

- Bronaankpak door bestrijding aan de bron; de oorzaak van het probleem wegnemen of beperking van de gevarenbron.
- Collectieve maatregelen door het nemen van technische maatregelen; afscherming van de bron of scheiding van werknemer en de gevarenbron.
- Individuele maatregelen door technische en/of organisatorische maatregelen; taakrotatie waarbij het werk zo georganiseerd wordt dat werknemers minder risico lopen.
- Persoonlijke beschermingsmiddelen door de werkgever te verstrekken wanneer bovenste drie maatregelen geen effect hebben.

3.8.2 Het redelijkerwijs-principe

De werkgever dient volgens een prioriteitenstelling eerst de mogelijkheden op hoger niveau te onderzoeken voordat besloten wordt tot maatregelen uit een lager niveau. Het is alleen toegestaan een niveau te verlagen als daar goede redenen voor zijn (technische, uitvoerende en economische redenen). Het zo laag als redelijkerwijs mogelijk benaderen kan ook verwoord worden als As Low As Reasonably Practicable (ALARP).

3.8.3 Risicobepaling

Voor het bepalen van de omvang van de geïnventariseerde veiligheidsrisico's in de RI&E heeft de onderzoeker gekozen voor het toepassen van de ranking methode met de risicomatrix kans/effect.

3.9 Criteria arbeid onder hoogspanningslijnen

Tijdens literatuurstudie gaven meerdere bronnen aan dat de relevante wetgeving, verwijzingen naar wetgeving zoals door Europa vastgestelde aanbevelingen en richtlijnen recentelijk nog aan wijzigingen onderhevig waren. Door tegenstrijdigheden en om duidelijkheid te krijgen heeft de onderzoeker meerdere malen contact gehad met twee specialisten die onderzoeken uitvoeren voor het RIVM.

Via het RIVM kwam ik in contact met Dr. M.J.M. Pruppers, meerdere bronnen bevestigen dat hij is één van de specialisten is in dit vakgebied en als scientific expert onderzoeken uitvoert voor het RIVM, sector Straling en EMV. Dr. M.J.M. Pruppers bracht mij ook in contact met Dr R. Stam. Meerdere gehanteerde bronnen bevestigen dat zij specialist is in dit vakgebied en als scientific expert onderzoeken uitvoert voor het RIVM. Daarnaast is zij ook Member of the International Commission on NON-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Scientific Expert Group (SEG) in March 2013.

Vanuit literatuurstudie heeft de uitwerking van dit hoofdstuk plaatsgevonden. Door middel van interviews zijn de bronnen en onderzoeksgegevens geverifieerd.

3.9.1 Nationaal en internationaal beleid

Het (inter)nationale beleid hanteert EMV-blootstellingslimieten voor de doelgroepen bevolking en werknemers. Voor kortdurende of langdurende blootstelling aan EMV heeft de Nederlandse overheid op dit moment geen wettelijke grenswaarden vastgesteld voor beide doelgroepen. Wel hebben de International Commission on NON-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) richtlijnen vastgesteld voor de blootstelling van de mens aan EMV in het frequentiegebied van 0 Hz tot 300 GHz. De bescherming van werknemers is geregeld in een Europese richtlijn. Zo'n richtlijn is na vaststelling bindend voor de lidstaten en iedere lidstaat dient de richtlijn te implementeren in zijn nationale wetgeving [5,6,46-49].

Arbeidsomstandighedenwet & -besluit en Burgerlijk wetboek

De arbeidsomstandighedenwet bevat geen specifieke voorschriften ten aanzien van EMV door niet-ioniserende straling. Daarentegen zijn wel een aantal algemene bepalingen van toepassing doordat een aantal artikelen in die wet onder de noemer zorgplicht vallen. De werkgever heeft volgens de artikelen 3,5,8,9,13,18 en 44 van de Arbowet een zorgplicht met een aantal verplichtingen naar de werknemer toe. Naast bovenstaande verplichtingen van de werkgever dient de werknemer volgens het artikel 11 uit de Arbowet een aantal verplichtingen aan de werkgever na te komen.

(Relevante wet- en regelgeving, Zie bijlage 9.8)

3.9.2 Blootstelling werknemers

Voor de bescherming van de werknemers is op 26 juni 2013 de nieuwe Europese richtlijn 2013/35/EU vastgesteld en van kracht geworden met EMV blootstellingslimieten. Dit heeft als gevolg dat vanaf 26 juni 2013 de in deze richtlijn opgenomen grenswaarden van toepassing zijn op Nederlandse arbeidssituaties. Deze richtlijn is bindend en iedere lidstaat dient de richtlijn voor 1 juli 2016 te implementeren in zijn wetgeving. Voor Nederland zal de wetgeving in het Arbobesluit worden

opgenomen. In de richtlijn zijn ook regels opgenomen voor het opstellen van een risico-inventarisatie en –evaluatie [5,6, 46-49]. De nieuwe richtlijn 2013/35/EU hanteert grenswaarden en actieniveaus. Ter vergelijking met de eerste (oudere) richtlijn 2004/40/EG vastgesteld op 29 april 2004 werd één grenswaarde gehanteerd⁴ [5,6,46-49]. Voor het interne elektrisch veld hanteert de nieuwe richtlijn twee typen grenswaarden⁵.

3.9.3 De effecten en grenswaarden bij blootstelling aan elektromagnetische velden

Extreem laagfrequent 0-300Hz

Elektriciteitsvoorziening hoogspanning van 50 Hz wisselstroom maakt onderdeel uit van het lage frequentiegebied 0-300 Hz waarbij ELF velden voorkomen. In het lage frequentiegebied zijn de grenswaarden voor de in het lichaam opgewekte interne veldsterkte gebaseerd op stimulering van perifeer en centraal zenuwstelsel [5,6,46-49]. De grenswaarden voor elektromagnetische velden zijn weergegeven in een tabel, respectievelijk de Interne veldsterkte (Effecten gezondheid, kolom 2) en op het opwekken van fosfenen en effecten op bepaalde hersenfuncties (Effecten zintuigen, kolom 3)⁵.

Vergelijking grenswaarden	
Een lagere (strengere) grenswaarden voor effecten op de zintuigen (lichtflitsen, duizeligheid);	Bij 50 Hz bedraagt deze grenswaarde 0,14 V/m (in het lichaam)
Een hogere (minder strenge) grenswaarden voor zenuwstimulatie;	Bij 50 Hz bedraagt deze grenswaarde 1,1 V/m (in het lichaam)

Tabel 2 Vergelijking grenswaarden bij 50 Hz

Omdat er twee verschillende grenswaarden voor blootstelling worden gehanteerd, zijn er voor deze frequentie van 50 Hz ook twee actieniveaus [5,6,46-49]. een laag actieniveau voor effecten op de zintuigen en een hoog actieniveau voor zenuwstimulatie⁶:

	Laag actieniveau	Hoog actieniveau
Elektrisch veld	10 kV/m	20 kV/m
Magnetische fluxdichtheid	1000 microtesla	6000 microtesla
Contactstroom	Actieniveau: 1 mA	

Tabel 3 Vergelijking actieniveaus bij 50 Hz

De vergelijking met effecten en grenswaarden bij blootstelling elektromagnetische-radiofrequente (EM-RF) velden groter dan 300Hz zijn uitgewerkt in bijlage 9.12⁷

⁴ Vergelijking huidige met de oude EU-richtlijn 2004/40/EG en de EU-aanbeveling 1999/519/EG, Zie bijlage 9.9

⁵ Tabel grenswaarden voor elektromagnetische velden, Zie bijlage 9.10

⁶ Tabel actieniveaus voor lage frequenties, Zie bijlage 9.11

⁷ De effecten en grenswaarden bij blootstelling aan EM-RF velden groter dan 300Hz, Zie bijlage 9.12

3.10 Risico's in relatie tot maatschappelijke aanvaardbaarheid

Praktische haalbaarheid gestelde grenswaarden en actieniveaus

In de Europese richtlijn zijn er hoge en lage actieniveaus gedefinieerd. Als de lage niveaus niet worden overschreden dan wordt voldaan aan de grenswaarden voor effecten op de gezondheid en voor effecten op de zintuigen. Als de lage niveaus wel worden overschreden maar de hoge niveaus niet dan wordt nog steeds voldaan aan de grenswaarden voor effecten op de gezondheid. De grenswaarden voor effecten op zintuigen kunnen hierbij worden overschreden. Door het nemen van bepaalde maatregelen kan hieraan worden voldaan, zoals het informeren van de werknemers en organisatorische maatregelen. Wanneer de hoge actieniveaus worden overschreden kunnen ook de grenswaarden voor effecten op de gezondheid worden overschreden. In dat geval moet op een andere wijze (metingen of berekeningen) worden bepaald of aan de grenswaarden wordt voldaan [4-6,46-50]. Dr. R. Stam refereert tijdens ons gesprek naar één van haar recent gepubliceerde artikels: Dr. R. Stam, De nieuwe Europese Richtlijn EMV geeft een beschrijving van de nieuwe richtlijn en een vergelijking met de oude [50].

3.11 Risico's bij werken onder hoogspanningsverbindingen

Directe effecten

Bij elektriciteitsdistributie van 50 Hz kan men blootgesteld worden aan stroomdichtheden tot 25 mA/m² die buiten het lichaam gemeten kunnen worden. Door blootstelling van het lichaam aan straling treden de directe effecten op. De directe effecten houden in dat fosfenen kunnen ontstaan. Dit zijn lichtvlekken of -lichtflitsen die worden waargenomen als gevolg van directe stimulering van het netvlies door elektrische stroom. Na het wegnemen van de oorzaak verdwijnen deze verschijnselen binnen ongeveer een uur vanzelf. Meerdere bronnen bevestigen dat fosfenen niet tot schadelijke gezondheidseffecten kunnen leiden maar wel hinder en schrikreacties veroorzaken. Bij stroomdichtheden boven 100 mA/m² kan door effecten op het centraal zenuwstelsel en op het hart daadwerkelijk gezondheidsschade optreden. Hierbij is stimulatie van spieren van belang. Als dit in het hart optreedt, kan dit levensbedreigend zijn [4-6,46-50].

Magnetische inductie (mT)	Stroomdichtheid (mA/m ²)	Effect
< 0,5	< 1	Niet aangetoond
0,5-5	1 - 10	Gering, op celniveau
5-50	10-100	Fosfenen
50-500	100 - 1000	Spiersamentrekking
> 500	> 1000	Hartfibrilatie, acuut levensgevaar

Tabel 3 De directe effecten bij verschillende waarden van magnetische inductie

Indirecte effecten

De indirecte effecten ontstaan niet door het gevolg van blootstelling van het lichaam aan straling, maar door het opladen van geïsoleerde geleidende voorwerpen. Als iemand zo'n voorwerp aanraakt, kan er door contact een ontladingsstroom door het lichaam lopen. Voor de blootstelling van werknemers aan contactstromen is volgens de EU-richtlijn 2013/35/EU een actieniveau vastgesteld van 1mA.

Stroomsterkte	Inwerking op lichaam	Gevolgen
1 tot 2 mA	Kriebelen, prikkelen	Schrikken
Tot 10 mA	Spierkrampen	Verlamningsverschijnselen, loslaten is mogelijk
Tot 25 mA	Verhoging bloeddruk	Bewusteloosheid, ademhalingsstoornissen
25 tot 50 mA	Hevige spier- en maagkrampen, hartkamerfibrilatie	Hartstilstand
> 50 mA	Hartkamerfibrilatie	Hartstilstand
> 3 A	Hevige verbrandingen	Hartstilstand, dood door verbranding

Tabel 4 De indirecte effecten door blootstelling aan contactstromen

Bij hogere spanningen kunnen ook vonkontladingen optreden. Het spanningsverschil tussen het lichaam en de omgeving voldoende groot is treedt er bij aanraking van een geleider een vonkontlading op. Dit levert schrikreacties, maar is verder niet gevaarlijk voor de gezondheid. Er zijn daarom geen grenzen gesteld aan de grootte van de statische elektrische veldsterkte [4-6,46-51].

Secundaire ongevallen bij indirecte effecten

Reeds vastgesteld dat indirecte effecten kunnen optreden als gevolg van contactstromen. Als de ontladingsstroom vrijkomt door contact van de mens met het geïsoleerd geleidend voorwerp dan zal dit hinder veroorzaken. De stroomsterkte door het lichaam zal niet groot genoeg zijn voor een dodelijke afloop maar zal wel tot schrikreacties leiden. De elektrische stroom veroorzaakt, door het aansturen van de spieren, geheel ongecontroleerde lichaamsbewegingen. Deze kunnen leiden tot valongevallen [4-6,46-51].

3.12 Risico's in relatie tot maatschappelijke verantwoording

Beleidsvisie netbeheerder

De grootste netbeheerder van Nederland (TenneT) geeft aan dat Nederland en Duitsland de Europese norm voor magnetische veldsterkte overgenomen hebben.

De wettelijke voorgeschreven maximumwaarde met vastgestelde grenswaarden; magnetische fluxdichtheid 100 μ T en elektrisch veld 5 kV/m worden door TenneT gehandhaafd. TenneT stelt dat de bovengrondse hoogspanningslijnen aan deze grenswaarden voldoen wanneer ze in bedrijf zijn [9,30].

Beleidsvisie vanuit de overheid

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) stelt wanneer blootstelling aan extreem-laagfrequente (ELF) velden plaatsvindt en de sterkte van het magnetisch veld groot genoeg is, de korte termijn effecten kunnen optreden. Deze acute effecten veroorzaken lichtflitsen in het oog en

onwillekeurige spiersamentrekkingen. Vanuit meerdere studies en publicaties benadrukt het RIVM benadrukt dat dergelijke sterktes in de praktijk niet voorkomen. Als de sterkte van het magnetisch veld lager is dan 100 μ T, de blootstellinglimiet die de EU voor leden van de bevolking heeft aanbevolen, dan treden deze effecten niet op [4-6,46-50].

3.13 Strategische maatregelen voor het reduceren van incidenten

Onderstaande risico- inventarisatie en evaluatie (RI&E) is gericht op de algemene activiteiten in de sector GWW, bouw en infra⁸. In de algemene RI&E zijn de voortvloeiende gevaren in de zakelijk rechtstreek van de netbeheerder bovengrondse hoogspanning uitgewerkt. Bij de risicobepaling is het risico (K) uitgewerkt als kans x effect ($R = K \times E$). De waarden voor het bepalen van de kans en het effect zijn afgeleid uit een risicomatrix die voor SAAone is opgesteld en getoetst door RWS⁸. De maatregelen om geïdentificeerde risico's te vermijden zijn uitgewerkt volgens de arbeidshygiënische strategie. Bij risicobepaling en de te nemen beheersmaatregelen voor risicoreductie dient bij voorkeur de risico's aan de bron aangepakt te worden. Vanuit de literatuurstudie en het theoretisch kader zijn de risico's met beheersmaatregelen geïnventariseerd en geëvalueerd. De doelstelling is om met risicobeoordeling de risico's en beheersmaatregelen zowel voor als na de te nemen maatregelen te reduceren tot een aanvaardbaar restrisico [14]. Volgens de VCA analyse ongevallen ontstaan 80% van alle ongevallen door menselijke handelingen. Voortkomend uit VCA en vanuit de doelstelling risicoreductie geeft de onderzoeker het volgende advies:

- Stel voor specifieke risicovolle taken of werklocaties een Taak Risico Analyse (TRA) op.
- Gebruik de TRA als hulpmiddel voor de start werkinstructie⁹.
- Voer voor aanvang werkzaamheden de Last Minute Risico Analyse (LMRA) uit.
- Zorg voor deskundig toezicht die ook handhaaft op de veiligheidsvoorschriften.
- Zorg dat de werknemers getraind worden in het vertonen van het juiste veiligheidsgedrag en bevorderen van het veiligheidsbewustzijn.

De grondige literatuurstudie en het theoretisch kader zorgden voor voldoende input voor het opstellen van de RI&E, TRA en start werkinstructie.

3.13.1 Veiligheidsbewustzijnprogramma

Zowel binnen Boskalis als op de deelnemende gecombineerde bouwprojecten heeft veiligheid al jaren prioriteit. Dit heeft geresulteerd in een duidelijke verbetering van de prestaties op veiligheidsgebied. Om de veiligheidscultuur verder te verbeteren en een incident- en ongevals-vrije werkomgeving te bereiken, heeft Boskalis het veiligheidsprogramma NINA geïntroduceerd. NINA - No Injuries No Accidents - legt uit wat er verwacht wordt van de medewerkers met betrekking tot veiligheidsgedrag. Centraal in het NINA veiligheidsprogramma staan de vijf "Values en Rules". NINA maakt medewerkers

⁸ Uitwerking algemene RI&E met risicomatrix, Zie bijlage 9.13

⁹ Start werkinstructie, Zie bijlage 9.14

bewust van hun eigen verantwoordelijkheid ten aanzien van veiligheid en moedigt hen aan anderen te attenderen op onveilige situaties en actie te ondernemen in geval van onveilige activiteiten. Zowel binnen Boskalis als SAAone worden voor alle (nieuwe) medewerkers binnen de organisatie NINA trainingen doorlopen. Deze NINA trainingen worden ontwikkeld voor meerdere lagen in de organisatie ontwikkeld, het management en de staf doorloopt de NINA leadershiptraining. Voor bouwplaatsmedewerkers is de NINA bouwplaatstraining ontwikkeld die ook ingaat op praktijksituaties.

3.14 Veiligheidsvoorschriften

Het verrichten van werkzaamheden in de nabijheid van hoogspanningsmasten en –lijnen kan gevaren met zich meebrengen. De veiligheidsvoorschriften van de netbeheerder geven aan wat gevaren zijn en hoe je deze risico's kunt beperken. Ter grondslag voor de totstandkoming van de veiligheidsvoorschriften van de netbeheerder dienen meerdere NEN normen als uitgangspunt. Hierbij gelden de normen NEN-EN 50341, de NEN 50110-1, de NEN 50110-2 en de NEN 3840 [38,52].

De veiligheidsvoorschriften maken altijd deel uit van de door netbeheerder verleende toestemming tot het hebben of uitvoeren van werken binnen de zakelijk rechtstrook¹⁰. In de toestemmingsbrief worden de eisen vermeld die specifiek gelden voor de gevraagde toestemming, terwijl de veiligheidsvoorschriften een algemeen karakter hebben¹⁰ [38,52].

De veiligheidsvoorschriften hebben op hoofdlijnen betrekking op volgende risico's die in een RI&E gekwantificeerd zijn;

- Voorkomen stroomoverslag; Het ontstaan van een vlamboog en elektrocutie bij te dicht naderen van de gevarenzone rondom de hoogspanningslijnen
- Aarden metalen delen; Door elektrische beïnvloeding kunnen metalen delen inductief geladen worden

3.15 Criteria voor nul incidenten

Onderstaande factoren die grotendeels voortkomen uit de Veiligheid Checklist Aannemers (VCA) zijn van invloed op het positief beïnvloeden van de risico's en zullen een aanzienlijke risicoreductie teweeg brengen wanneer de werkgever en werknemer:

- De algemene voorwaarden veiligheidsregels en de toestemming met specifieke eisen handhaaft.
- De RI&E en TRA als input gebruikt tijdens de start werkinstructie en combineert met de LMRA.
- Deskundig toezicht op de veiligheidsregels handhaaft.
- Een veiligheidsbewustzijnprogramma voeren gericht op het verbeteren van de veiligheidscultuur.

¹⁰ Veiligheidsvoorschriften bij werken nabij hoogspanningsmasten, Zie bijlage 9.15

Bij de risicoreductie streef je naar een doelstelling met nul incidenten. Ondanks de criteria van nul incidenten is de onderzoeker afhankelijk van externe factoren zoals omgevingsinvloeden die buiten de invloedssfeer liggen waardoor restrisico's voorkomen [28,29,39-43].

Deze omgevingsinvloeden bestaan uit:

- Temperatuursinvloeden, bij warm weer en als een lijn sterk belast is, zet deze lijn uit en hangt door (tot 2 meter dieper).
- De variabele grootte van het EM-veld door zwaardere stroombelasting van de lijnen.
- Door transport van elektriciteit worden de geleiders waar de stroom doorheen loopt verwarmd. Door deze verwarming gaan geleiders doorhangen waardoor er een beperking zit aan de maximum transportcapaciteit van een hoogspanningsverbinding.
- De draden kunnen bij wind zijdelings uitzwaaien (in extreme gevallen tot een twintigtal meter).
- Positief effect bij lage temperatuur, vooral door wind, wordt de lijn meer gekoeld waardoor er minder doorhang plaatsvindt. In zo'n geval kan er dus meer stroom getransporteerd worden.
- Tegenstrijdigheid, vanuit onderzoek niet duidelijk of weersinvloeden en luchtvochtigheid van invloed zijn op de elektrische geleidbaarheid en stroomoverslag bij het naderen van de lijnen.

Het streven is om met de risicobeoordeling de risico's en beheersmaatregelen zowel voor als na de te nemen maatregelen volgens de arbeidshygiënische strategie te reduceren tot een aanvaardbaar restrisico [14].

3.16 Medisch onderzoek

Volgens artikel 18 van de Arbowet is de werkgever verplicht om periodiek een preventief medisch onderzoek aan te bieden aan hun medewerkers. De medewerkers zijn niet verplicht om hier aan deel te nemen. De frequentie en inhoud vloeien voort uit de risico- inventarisatie en -evaluatie. De input voor de risico-inventarisatie en -evaluatie moeten de resultaten van het periodiek arbeidsgezondheidskundig onderzoek zijn (PAGO). Het preventief medisch onderzoek (PMO) beperkt zich tot de vraag naar aanwezigheid van actieve of passieve implantaten. De input voor de risico-inventarisatie en -evaluatie moeten de resultaten van het periodiek arbeidsgezondheidskundig onderzoek zijn (PAGO) [14,53]. (Gezondheidseffecten en beroepsziekten, Zie bijlage 9.16)

Implantaten

Bij personen die gebruikmaken van een actief implantaat (elektromedische hulpmiddelen zoals gehoorapparaten en pacemakers) of passief implantaat (chirurgisch staal) is vastgesteld dat schade of hinder kan optreden omdat ELF-straling de werking van dergelijke elektronische apparatuur kan beïnvloeden. Inmiddels zijn met name aan pacemakers voorzieningen aangebracht waardoor deze niet meer gevoelig zijn voor ELF-straling. Het RIVM en Kennisplatform EMV concluderen dat Cochleair Implantaten die voldoen aan de Europese norm niet worden gestoord door normaal functionerende

hoogspanningslijnen in Nederland. Werknemers die mogelijk blootgesteld kunnen worden aan elektromagnetische velden moeten over de specifieke gevaren voor implantaten worden voorgelicht. Gezondheidseffecten door blootstelling van EMV aan actieve of passieve implantaten dienen onderdeel te zijn van een specifieke instructie. Aanstellingskeuringen zijn niet voorgeschreven, maar het ligt voor de hand dat als zo'n keuring toch plaats vindt er gevraagd kan worden naar eventuele passieve of actieve implantaten [4-6]. De onderzoeker heeft een interview met de HR poolcoördinator van Boskalis Nederland (dhr. Kees Vogelaar) gehouden. (Gezondheidseffecten en beroepsziekten, Zie bijlage 9.16)

4. Resultaten

4.1 Afgenomen interviews

De onderzoeker heeft onderstaande 10 interviews afgenomen waarbij de resultaten van dit onderzoek uitsluitend moeten geven hoe het komt dat er nog steeds incidenten plaats vinden, in de zakelijk rechtstreek van de netbeheerder, waarbij de veiligheidsvoorschriften van toepassing zijn.

INV	Functie	Sector / Bedrijfsomvang naar omzet	Hoogst genoten opleiding	Relevante werkervaring
INV 1	Senior Authorized Person	Grootste netbeheerder elektriciteit van Nederland	Master technische natuurkunde, Hogere veiligheidskunde	12 jaren
INV 2	Safety officer	Civiele aannemer bouwconcern / 2 ^e NL	Bachelor of engineering, Hogere veiligheidskunde	36 jaren
INV 3	Kwaliteit, arbo- en milieu coördinator materieel infra	Materieeldienst bouwconcern / 2 ^e NL	Technisch kaderfunctionaris, kwaliteitsmanagement	16 jaren
INV 4	Integraal veiligheidscoördinator	Ingenieursbureau, gedetacheerd aan SAAone	Bachelor werktuigbouwkunde, Hogere veiligheidskunde	22 jaren
INV 5	KAM coördinator	Verkeerssystemen bouwconcern / 2 ^e NL	Bachelor technische bedrijfskunde	7 jaren
INV 6	veiligheidscoach	Infra & civiele aannemer bouwconcern / 3 ^e NL	Safety manager, middelbare veiligheidskunde	17 jaren
INV 7	Manager realisatie beton	Infra & civiele aannemer bouwconcern / 3 ^e NL	Bachelor civil engineering, TSM business school	17 jaren
INV 8	Projectleider gecertificeerd uitvoering en ontwerp	Infra & civiele aannemer bouwconcern / 3 ^e NL	Veiligheidscoördinator uitvoering en ontwerp spoor	35 jaren
INV 9	Staf medewerker kwaliteit, arbo en milieu	Civiele spoorannemer bouwconcern / 2 ^e NL	Bachelor of science, safety engineer	20 jaren
INV 10	Adviseur projectbeheersing	Ingenieursbureau spoor	Bachelor civil engineering	20 jaren

Tabel 5 Karakteristieken van de geïnterviewde

4.2 Geïnterviewde ongevallen

Vanuit de 10 interviews zijn 10 ongevallen geanalyseerd. Om de betrouwbaarheid te vergroten is ervoor gekozen om na het interview de antwoorden met de geïnterviewde na te bespreken, zodat de uitwerking op waarheid berust. Verificatie en validatie van de onderzoeksgegevens zijn uitgevoerd zoals deze in de methode beschreven is. De vragenlijst voor het afnemen van de interviews en de uitgewerkte interviews ongevallen zijn uitgewerkt in bijlage 9.17 en 9.18.

(Vragenlijst interviews ongevallen, Zie bijlage 9.17)

(Interviews ongevallen, Zie bijlage 9.18)

INV	ONG	Ongeval	Verificatie & Validatie onderzoeksgegevens	
		Beschrijving / Datum	Doorverwezen naar volgende INV	Verificatie door volgende INV
INV 1	ONG 1	Werknemer voelt een stroomstoot door elektriciteitsoverslag van een telescoopkraan die de hoogspanningslijn raakte / 6-07-2011	Nee	Nee
INV 1	ONG 2	Rupskraan raakt hoogspanningslijn tijdens transport op dieplader / 16-01-2014	INV 1 -> INV 2 INV 2 -> INV 3	Ja Ja
INV 1	ONG 3	Rupskraan raakt hoogspanningslijn tijdens transport op ponton / 6-07-2011	INV 1 -> INV 2 INV 2 -> INV 3	Ja Ja
INV 4	ONG 4	Werknemer voelt schok bij hijsen lichtmast nabij hoogspanningsmast / 24-03-2014	INV 4 -> INV 5	Ja
INV 4	ONG 5	Markering veiligheidszone hoogspanning ontbreekt en foutieve aarding bij hijsen met kraan / 7-10-2014	Nee	Nee
INV 4	ONG 6	Markering veiligheidszone hoogspanning en aarding ontbreken bij hijsen met kraan / 26-08-2014	Nee	Nee
INV 6	ONG 7	Werknemers voelen elektrische schokken tijdens het verplaatsen van een werksteiger langs en onder de hoogspanningslijnen / 4-06-2013	INV 6 -> INV 7 INV 7 -> INV 8	Ja Ja
INV 6	ONG 8	Werknemer voelt een elektrische schok tijdens het verplaatsen van een bouwlichtmast langs en onder de hoogspanningslijnen / 11-06-2013	INV 6 -> INV 7 INV 7 -> INV 8	Ja Ja
INV 6	ONG 9	Werknemers voelen elektrische schokken tijdens het asfalteren van een viaduct onder de hoogspanningslijnen / 10-07-2014	INV 6 -> INV 7	Ja
INV 9	ONG 10	Werknemer voelt een stroomstoot door elektriciteitsoverslag op de bovenleiding van het spoor / 10-12-2011	INV 9 -> INV 10	Ja
INV 10	ONG 10	Werknemer voelt een stroomstoot door elektriciteitsoverslag op de bovenleiding van het spoor / 10-12-2011	Nee	Nee

Tabel 6 Proces Verificatie & Validatie onderzoeksgegevens

4.3 Ranking ongevallen naar aard letsel

Er zijn in totaal tien ongevallen geïnventariseerd. Zoals bovenstaande tabel weergeeft zijn bij interviewer 1, 4 en 6 meerdere ongevallen bekend. Ook is aangegeven wanneer vanuit het interview doorverwezen is naar een andere interviewer. Hierbij vond verificatie van de onderzoeksgegevens plaats wat de betrouwbaarheid van de onderzoeksgegevens verhoogt.

Onderstaand overzicht geeft het aantal en soort ongevallen weer met de aard van het letsel. Bij de categorie contact met elektriciteit door stroomoverslag heeft er één ongeval plaatsgevonden met blijvend zwaar letsel en twee ongevallen met geen blijvend zwaar letsel. Bij de categorie contact met elektriciteit door inductieve lading hebben er acht ongevallen zonder letsel plaatsgevonden.

Soort ongeval				
Soort ongeval	Categorie letsel			Aantal
	Blijvend zwaar letsel	Geen blijvend zwaar letsel	Geen letsel	
Contact met elektriciteit door stroomoverslag		Zware brandwonden rug en hoofd		1
	Zwaar letsel door missend ledemaat			1
Contact met elektriciteit door inductieve lading		Ernstige brandwonden		1
			Een elektrische schok	2
			Meerdere elektrische schokken	2
			Geen blootstelling mens	4
Aantal	1	2	8	11

Tabel 7 Soort ongeval met aard letsel

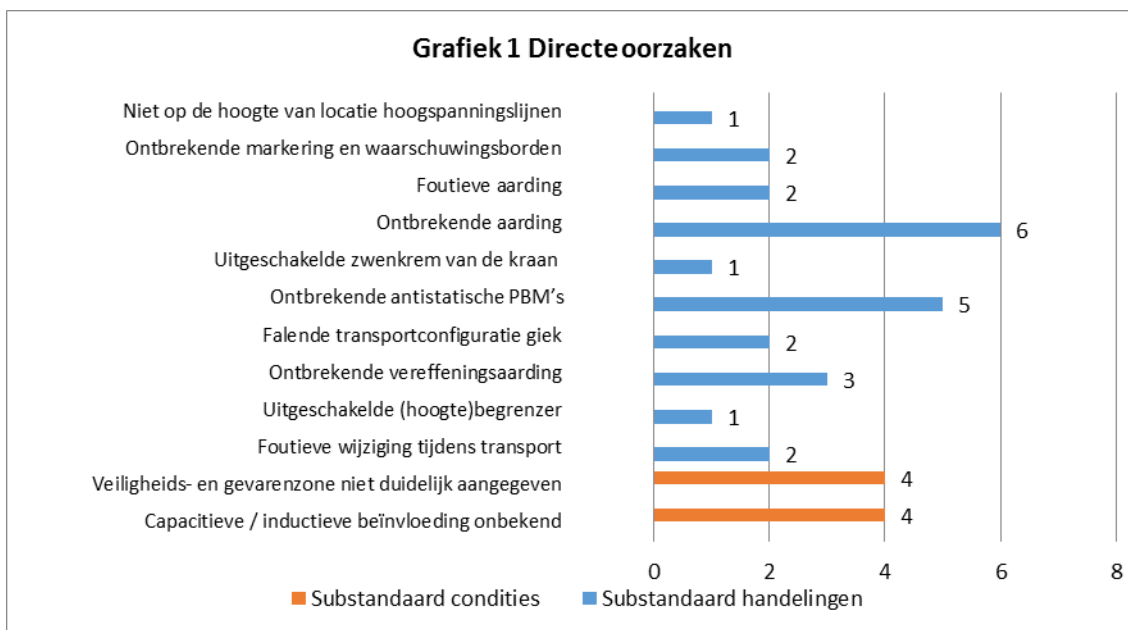
4.4 Analyse directe oorzaken

Onderstaand overzicht geeft een duidelijk beeld weer dat metname de directe oorzaken voortkomen uit substandaard handelingen door het niet borgen of veilig stellen. Hieraan ligt ten grondslag, twee komen er voort uit een foutieve aarding, zes door het ontbreken van een juiste aarding en één door de uitgeschakelde zwenkrem van de kraan. (INV 1, 4-10 en ONG 1, 4-10)

Het onjuist gebruiken van het materieel met drie ontbrekende vereffeningsaarding heeft verbanden met de zes ontbrekende aarding bij niet borgen of veilig stellen. De directe oorzaken komen metname voort uit de substandaard condities door blootstelling aan straling. Hieraan lag ten grondslag dat er bij vier gevallen de veiligheids- en gevarezone niet duidelijk was aangegeven en vier gevallen de capacitieve & inductieve beïnvloeding onbekend was. (INV 1, 4-10 en ONG 1, 4-10)

Directe oorzaken		Aantal
<i>Substandaard handelingen</i>		
Niet (tijdig) waarschuwen	Niet op de hoogte van locatie hoogspanningslijnen	1
	Ontbrekende markering en waarschuwingsborden	2
Niet borgen, veilig stellen	Foutieve aarding	2
	Ontbrekende aarding	6
	Uitgeschakelde zwenkrem van de kraan	1
Niet/niet juist gebruiken van persoonlijke beschermingsmiddelen	Ontbrekende antistatische PBM's	5
Onjuist beladen	Falende transportconfiguratie giek	2
Onjuist gebruik materieel	Ontbrekende vereffeningsaarding	3
	Uitgeschakelde (hoogte)begrenzer	1
	Foutieve wijziging tijdens transport	2
<i>Substandaard condities</i>		
Blootstelling aan straling	Veiligheids- en gevarezone niet duidelijk aangegeven	4
	Capacitieve / inductieve beïnvloeding onbekend	4

Tabel 8 Directe oorzaken



Grafiek 1 Trendanalyse van de directe oorzaken

4.5 Analyse van de basis oorzaken

Persoonsgebonden factoren

Onderstaand overzicht geeft een duidelijk beeld weer dat metname de basis oorzaken voortkomen uit persoonsgebonden factoren door het gebrek aan kennis. Acht gevallen komen voort uit onvoldoende kennis van de veiligheidsvoorschriften van de netbeheerder, acht keer door onvoldoende kennis aardingsmaatregelen en één keer door het verkeerd begrepen instructie hebben van de instructie. (INV 1-10 en ONG 1-10)

De onjuiste voorlichting omvat zeven keer het niet juist toepassen van aardingsmaatregelen en het drie keer het niet in acht nemen van de veiligheidsvoorschriften. Zij hebben verbanden met acht keer onvoldoende kennis van de aardingsmaatregelen en acht keer onvoldoende kennis van de veiligheidsvoorschriften van de netbeheerder bij gebrek aan kennis.

Werkgebonden factoren

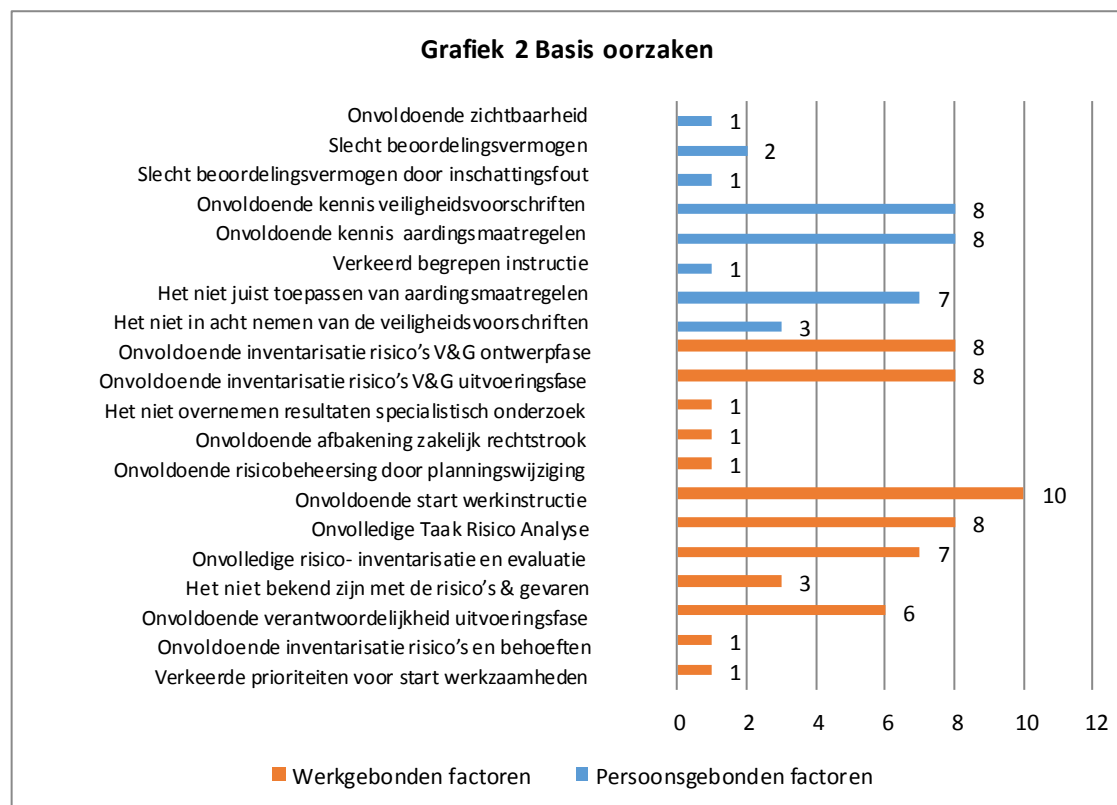
Bij de basis oorzaken komen de werkgebonden factoren metname voort door onvoldoende beleid. Hieraan ligt ten grondslag, acht komen voort uit onvoldoende inventarisatie risico's V&G ontwerpfase en acht door onvoldoende inventarisatie risico's V&G uitvoeringsfase.

Bij de basis oorzaken komen de werkgebonden factoren metname voort door onjuiste instructies, voorlichting en/of training. Hieraan ligt ten grondslag, tien komen voort uit onvoldoende start werkinstructie en acht door onvolledige Taak Risico Analyse (TRA). Ook vindt onvoldoende identificatie en evaluatie van risico's plaats waarbij zeven keer een onvolledige risico- inventarisatie en evaluatie en drie door het niet bekend zijn met de risico's en gevaren. (INV 1-10 en ONG 1-10)

De werkgebonden factoren; onvoldoende beleid, onjuiste instructies, voorlichting en/of training en onvoldoende identificatie en evaluatie van risico's hebben raakvlakken met elkaar.

Basis oorzaken		Aantal
<i>Persoonsgebonden factoren</i>		
Onvoldoende fysieke gesteldheid	Onvoldoende zichtbaarheid	1
Onvoldoende mentale geschiktheid	Slecht beoordelingsvermogen	2
Onvoldoende motivatie	Slecht beoordelingsvermogen door inschattingfout	1
Gebrek aan kennis	Onvoldoende kennis veiligheidsvoorschriften netbeheerder	8
	Onvoldoende kennis aardingsmaatregelen	8
	Verkeerd begrepen instructie	1
Onjuiste voorlichting	Het niet juist toepassen van aardingsmaatregelen	7
	Het niet in acht nemen van de veiligheidsvoorschriften t.a.v. aarding, markering en waarschuwingsborden	3
<i>Werkgebonden factoren</i>		
Onvoldoende beleid	Onvoldoende inventarisatie risico's V&G ontwerpfase	8
	Onvoldoende inventarisatie risico's V&G uitvoeringsfase	8
Tegenstrijdige doelstellingen	Het niet overnemen resultaten specialistisch onderzoek	1
	Onvoldoende afbakening zakelijk rechtstroom	1
Onjuiste planning werkzaamheden	Onvoldoende risicobeheersing door planningswijziging	1
Onjuiste instructies, voorlichting en/of training	Onvoldoende start werkinstructie	10
	Onvolledige Taak Risico Analyse	8
Onvoldoende identificatie en evaluatie van risico's	Onvolledige risico- inventarisatie en evaluatie	7
	Het niet bekend zijn met de risico's & gevaren	3
Gebrek aan kennis managers	Onvoldoende verantwoordelijkheid uitvoeringsfase	6
Onjuiste werkmethode	Onvoldoende inventarisatie risico's en behoeften	1
Verkeerd gebruik / misbruik	Verkeerde prioriteiten voor start werkzaamheden	1

Tabel 9 Basisoorzaken



Grafiek 2 Trendanalyse van de basis oorzaken

5. Conclusie

In de conclusie zal op basis van de resultaten een antwoord gegeven worden op de hoofdvraag van deze scriptie:

“Hoe kunnen werkzaamheden in de nabijheid van hoogspanningslijnen veilig uitgevoerd worden met als doelstelling het aantal inductieve incidenten bij Boskalis te reduceren”.

5.1 Subconclusie

Uit dit onderzoek is duidelijk geworden dat:

- Blootstelling aan 50 Hz elektromagnetische velden kunnen fofenen veroorzaken waarbij geen schadelijke gezondheidseffecten ontstaan maar wel hinder en schrikreacties kunnen veroorzaken.
- De grootste netbeheerder van Nederland (TenneT) geeft aan dat zij voldoen aan de huidige Europese richtlijn 2004/40/EG en vastgestelde grenswaarden niet overschrijden.
- Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu bevestigt dat er dan geen schadelijke gezondheidseffecten optreden.
- Er bestaat wel een verhoogde kans op secundaire ongevallen bij werknemers door ongecontroleerde lichaamsbewegingen die valongevallen kunnen veroorzaken.
- Bij de risicoreductie streef je naar een doelstelling met nul incidenten. Uit onderzoek komt naar voren dat externe factoren zoals omgevingsinvloeden buiten de invloedssfeer liggen waar restrisico's uit voortkomen.
- Uit dit onderzoek blijkt wel dat het noodzakelijk is dat werknemers die mogelijk blootgesteld kunnen worden aan elektromagnetische velden tijdig voorgelicht worden over de gezondheidseffecten en specifieke gevaren voor implantaten.

Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat:

De substandaard handelingen van de directe oorzaken bij ongevallen onder hoogspanning hoofdzakelijk worden veroorzaakt door:

- Te werken met een foutieve aarding of het ontbreken van de juiste aarding
- De uitgeschakelde zwenkrem van de kraan.

Ook is duidelijk geworden dat de substandaard condities van de directe oorzaken voortkomen doordat:

- Het niet duidelijk aangegeven van de veiligheids- en gevarenczones.
- Het onbekend zijn met de capacitieve & inductieve beïnvloeding.

Daarnaast blijkt dat de persoonsgebonden factoren van de basisoorzaken worden veroorzaakt door:

- Onvoldoende kennis van de veiligheidsvoorschriften van de netbeheer, onvoldoende kennis van aardingsmaatregelen of verkeerd begrijpen van de instructie.

Bij de werkgebonden factoren van de basisoorzaken zijn de ongevallen voornamelijk veroorzaakt door:

- Onvoldoende inventarisatie risico's tijdens de V&G ontwerp- en uitvoeringsfase.
- Onvolledige Taak Risico Analyse
- Onvolledige risico- inventarisatie en evaluatie of het niet bekend zijn met de risico's en gevaren.

5.2 Eindconclusie

Ondanks het naleven en handhaven van de procedures en een veiligheidsprogramma die de veiligheidscultuur positief beïnvloedt, veroorzaken externe factoren zoals omgevingsinvloeden een zeer klein restrisico. Bij risicoreductie streef je naar een doelstelling met nul incidenten maar volledig reduceren tot nul is niet haalbaar doordat het kleine restrisico zich buiten je invloedssfeer bevindt.

6. Aanbevelingen

Vanuit de wetgeving is het vereist om de risicobeoordeling en -reductie met maatregelen volgens de arbeidshygiënische strategie toe te passen. De bronmaatregel is om in overleg met de netbeheerder een volledige buitendienststelling van de hoogspanningslijnen uit te voeren.

Echter is deze bronmaatregel niet altijd haalbaar en realistisch gezien de activiteiten die dienen te worden uitgevoerd. Vanuit risicobeoordeling dient opnieuw risicobeheersing volgens de prioriteitenvolgorde van de arbeidshygiënische strategie plaats te vinden.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek zijn er een aantal aanbevelingen naar voren gekomen die vervolgonderzoek behoeven:

- Dit onderzoek richtte zich op hoogspanningsverbindingen, wanneer er meerdere of andere hoogspanningsverbindingen in de buurt of elkaars nabijheid staan dan zal dit het magnetisch veld en de magneetveldzone beïnvloeden.
- De indicatieve zone kan groter zijn dan vooraf bepaald op de Netkaart,
- Is daadwerkelijk bekend hoe zwaar de lijnen qua vermogen (mW) stroomsterke (A) belast worden? Doordat de transportcapaciteit en de jaargemiddelde belasting van een hoogspanningslijn hoger is dan de ontwerpbelasting zal de indicatieve zone groter zijn dan vooraf bepaald op de Netkaart.
- Voor blootstelling aan elektromagnetische velden door werknemers zijn voor het elektrische en magnetisch veld actieniveau 's bekend. Is het in de praktijk mogelijk om deze actieniveau 's vast te stellen door metingen.
- Is het haalbaar om het veiligheidsbewustzijnprogramma naar aanleiding van reeds behaalde positieve resultaten met nieuwe inzichten verder te ontwikkelen en voortzetten.
- Kan er verder onderzoek gedaan worden naar de elektrische beïnvloeding van actieve, passieve implantaten door ELF-EM velden nabij hoogspanning.
- De resultaten kwamen voor uit ongevallen die hadden plaatsgevonden in Nederland binnen de sector GWW, bouw & infra. Vanuit dit onderzoek heeft het de aanbeveling verder internationaal en ook binnen andere sectoren onderzoek te doen naar incidenten nabij hoogspanningslijnen en welke verbanden de onderzoeksgegevens met elkaar hebben.

7. Kosten baten analyse

Het grote multidisciplinaire infra-project Schiphol-Amsterdam-Almere (SAA) A1/A6 is geen standaard project. De opdrachtgever Rijkswaterstaat (RWS) heeft een Design, Build, Finance and Maintain contract (DBFM-contract) afgesloten met een looptijd van 30 jaar voor onderhoud van de gerealiseerde wegwitbreiding met civiele werken, infrastructuur en verkeerssystemen [1].

Werking van het DBFM contract

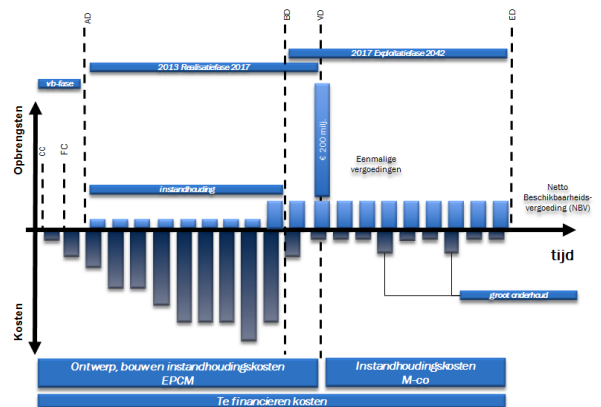
Het werk is aangenomen door SAAone b.v. SPC (Special Purpose Company) en bedraagt circa €1,2 miljard euro. In dit contract is de volledige financiering van het project inbegrepen waarbij het project door meerdere banken gefinancierd wordt. Het verstrekken van het krediet door de bank en terugbetalen van de lening gaan volgens een betalingsmechanisme die onderdeel uitmaakt van het DBFM contract. De bouwcombinatie Engineering Procurement Company and maintenance (EPCM) zijn verantwoordelijk tijdens de realisatiefase. De EPCM bestaat uit een centrale koepel en meerdere disciplines: grond- weg en waterbouw (GWW), civiel, instandhouding, geluidsschermen, systemen waarbij hoofdaannemers samenwerken, kennis en krachten bundelen. Het project bestaat uit twee fasen; 1.De realisatiefase met een bouwperiode van 5 jaar, 2.De exploitatiefase met een onderhoudsperiode van 25 jaar. De verwachte omzet van de EPCM bedraagt circa €600 miljoen euro en zal naar verwachting in 2017 afronden.

Betalingsmechanisme

Kosten versus opbrengsten

Tijdens de realisatiefase heeft de EPCM met name fluctuerende kosten en relatief weinig opbrengsten. De opbrengsten komen voort doordat kosten voor het in stand houden van de bestaande A1/A6 vergoed worden. Onderhoudskosten voor het in stand houden van de bestaande snelwegen A1/A6 maken onderdeel uit van het DBFM-contract. Onderdeel van het DBFM-contract is de beschikbaarheidsvergoeding.

Na voltooiing, bij tijdig opleveren van het SAA areaal ontvangt de EPCM een éénmalige beschikbaarheidsvergoeding van €200 miljoen euro. Na oplevering volgt de exploitatiefase waarin de kosten stabiliseren maar per betaalperiode vanuit RWS netto beschikbaarheidsvergoedingen worden betaald aan de EPCM. De kosten komen met name voort uit gepland regulier onderhoud waarbij pieken zullen ontstaan tijdens gepland groot onderhoud. In diezelfde periode zullen de leningen van meerdere banken met rente over een periode van 25 jaar periodiek afbetaald moeten worden.



Boetepunten

Categorie A- en B-eisen vanuit de opdrachtgever

De categorie A- en B-eisen staan aan de basis van het betalingsmechanisme. Aan de hand van deze eisen worden de kortingen bepaald. Categorie A- en B-eisen zijn eisen uit de overeenkomst waar een bijzondere status aan toegekend is omdat ze direct verband houden met tekortkomingen aan de veiligheid en beschikbaarheid van de weg. Onderstaande opsomming is te vinden in de DBFM-overeenkomst waarbij ook het aantal boetepunten en een hersteltermijn is vermeld. Het betalingsmechanisme legt de koppeling tussen de geleverde prestatie en de betaling waarbij één boetepunt vastgesteld is op € 12.000.

Tabel I	Categorie Veiligheid:	Boete-punten:
1	Er heeft, als gevolg van een Tekortkoming opdrachtnemer, een ongeval plaatsgevonden waarbij één of meer doden of zwaargewonden zijn gevallen.	10
2	Er heeft, als gevolg van een Tekortkoming Opdrachtnemer, een ander ongeval plaatsgevonden dan als bedoeld onder 1.	6
3	Er is, als gevolg van een Tekortkoming Opdrachtnemer, een situatie ontstaan waardoor, direct of indirect, de veiligheid van weggebruikers in gevaar is gebracht.	4
4	Er is, als gevolg van een Tekortkoming Opdrachtnemer, een situatie ontstaan waardoor, direct of indirect, de veiligheid van derden (niet zijnde weggebruikers) en/of Hulpverleners in gevaar is gebracht.	3

Overzicht personeelsbezetting en daaruit voortvloeiende kosten

Volgens de vastgestelde planning kent de realisatiefase qua tijdsduur van de activiteiten en de daaraan verbonden (personeels)bezetting meerdere variabele momenten. Tijdens de realisatiefase tellt SAAone een reguliere (R) constante bezetting van 800 operationele medewerkers waarvan 700 bouwplaatsmedewerkers. SAAone kent meerdere (langdurige) piekmomenten (P) waarbij een vaste kern van 1200 operationele medewerkers op de bouwplaats arbeid verrichten waarvan 1100 vaklieden. Zowel bij de reguliere bezetting als de piekmomenten is de vaste bezetting van 100 operationeel leidinggevend meegenomen in bovenstaande aantallen. Van de doelgroep operationeel leidinggevend zijn 75 werknemers voorman of uitvoerder en 25 hoofdvoerder of projectleider.

Worst Case scenario

Wanneer bij een zwaar of dodelijk ongeval het hele project stilgelegd wordt dan zijn onderstaande totale kosten tijdens de reguliere- en piekmomenten herleidbaar naar rato tijdsduur van de stillegging.

Personeelsbezetting	Kosten naar tijdsduur bezetting				
	Intern tarief (€/h)	Aantal (R en P)	Dag (8h/dg)	Week (5dg/wk)	Maand (20dg/md)
Vaklieden	€ 40/h	R= 700 P= 1.100	R= €224.000 P=€ 352.000	R=€ 1120.000 P=€ 1760.000	R=€ 4.480.000 P=€ 7.040.000
Voorman / uitvoerder	€ 70/h	R= 75 P= 75	R=€ 42.000 P=€ 42.000	R=€ 210.000 P=€ 210.000	R=€ 840.000 P=€ 840.000
Hfdvoerder / projectleider	€ 90/h	R= 25 P= 25	R=€ 18.000 P=€ 18.000	R=€ 90.000 P=€ 90.000	R=€ 360.000 P=€ 360.000

Voortvloeiende kosten vanuit boetes

Inspectie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW)

Volgens diverse rechtspraken bedragen incidenten met (zwaar) lichamelijk letsel waarbij de inspectie SZW ter plaatse komt gemiddeld € 100.000.

Rijkswaterstaat (RWS)

Wanneer er als een gevolg van een tekortkoming opdrachtnemer, een ongeval heeft plaatsgevonden waarbij één of meer doden of zwaargewonden zijn gevallen bedragen deze 10 boetepunten of omgerekend € 120.000

Verstreckte kredieten banken

Wanneer het kredietieke pad met doorlooptijden groter worden zal dit niet overeenkomen met de geplande financiering volgens het betalingschema. Door deze uitloop zullen extra rentekosten door de banken in rekening gebracht worden. Het scenario waarbij de definitieve opleverdatum niet gehaald wordt en de nieuwe A1/A6 niet beschikbaar zijn voor de weggebruikers. Wanneer de nieuwe A1/A6 niet tijdig door RWS in gebruik genomen kunnen worden dan zal dit € 1.500.000 per week aan extra kosten met zich meebrengen. Deze kosten komen voort aan boetes door RWS en de bank voor te laat opleveren en extra rentekosten op de lopende leningen en niet tijdig aflossen.

Voortvloeiende kosten vanuit trainingen

Doelstelling is om op SAAone de vaste kern van 1200 operationele medewerkers, inclusief de leidinggevenden de NINA bouwplaatstraining te laten doorlopen. Ook de flexibele kern van operationele werknemers die langer dan 3 weken werkzaam zijn op SAAone dienen de training te volgen. Om het juiste effect van NINA trainingen te bekomen is er een coach/trainer aangesteld die in groepjes van 12 werknemers het programma doorloopt. De NINA bouwplaatstraining duurt 3 uur en gaat dieper in op het bevorderen van het veiligheidsgedrag en veiligheidsbewustzijn van werknemers tijdens praktijksituaties. De totale kosten om alle vaste operationele medewerkers werkzaam voor SAAone te trainen bedragen € 181.500.

Kosten voortkomend voor implementatie NINA bouwplaatstraining

Personeelsbezetting	Kostenoverzicht		
Functie	Intern tarief (€/h)	Aantal	Totale kosten van de training (3h/training)
NINA coach / trainer	€ 90/h	100 sessies van 12	=€ 27.000
Vaklieden	€ 40/h	1100	=€ 132.000
Voorman / uitvoerder	€ 70/h	75	=€ 15.750
Hfduitvoerder / projectleider	€ 90/h	25	=€ 6.750
Totale trainingskosten SAAone			=€ 181.500

De baten zijn moeilijk te bepalen en in cijfers uit te drukken. Enkele baten die van toepassing zijn:

- Kan op minder ongevallen of minder boetes voor tekortkomingen
- Kans op minder productieverlies of kosten voortkomend door uitlopen op de planning
- Bevorderen van het veiligheidsgedrag en veiligheidsbewustzijn van alle werknemers
- Veiligheidscultuur verbeteren

Vanwege de positieve resultaten met een duidelijke verbetering van de prestaties op veiligheidsgebied zal Boskalis het NINA programma door nieuwe inzichten verder ontwikkelen en voortzetten.

8. Literatuurlijst

1. SAAone. *Projectinstructie en veiligheidsinstructie*. December 2014. Geraadpleegd op zaterdag 27 december, 2014. Beschikbaar via: <http://www.saaone.com/SitePages/Home.aspx>
2. Rijkswaterstaat. *Persbericht A1/A6 Diemen-Almere Havendreef: consortium SAAone geselecteerd voor wegbreiding*. 29 november 2012. Geraadpleegd op zaterdag 27 december, 2014. Beschikbaar via: <http://www.rijkswaterstaat.nl/over-ons/nieuws/nieuwsarchief/p2012/11/A1A6-DiemenAlmere-Havendreef-consortium-SAAone-ges.aspx>
3. SAAone, *Introductieboekje versie 5.0*. 1 december 2014.
4. Pruppers, M.J.M., Bolte, J.F.B., Rongen van, E. *Arboinformatieblad-39 Elektromagnetische velden*. Eerste druk, Den Haag 2006. SDU.
5. Zwaard, A.W. *Praktijkids arbeidsveiligheid 2015*. Eerste druk, Alphen aan den Rijn. December 2014. Vakmedianet.
6. Ronner, S., Steeg van der M., Zwaard, A.W. *Arbojaarboek 2015*. Eerste druk, Alphen aan den Rijn, april 2015. Vakmedianet.
7. Arbovakbase. *Praktijkids arbeidsveiligheid online, Elektrische installaties en werkzaamheden*, 2015. Publicatienummer 16 april 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via: <http://www.arbovakbase.nl/artikel/elektrische-installaties-en-werkzaamheden-11410.html>
8. Arboportaal. Ministerie van Sociale zaken en Werkgelegenheid, *Elektromagnetische velden, Niet-ioniserende straling*, 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via: <http://www.arboportaal.nl/onderwerpen/elektromagnetische-velden-niet-ioniserend>
9. TenneT. *Wonen in nabijheid van hoogspanning, Elektrische en magnetische velden*, 2012. Publicatienummer mei 2012.
10. Zwaard, W., Koning de, E. *Modellen veiligheidsprofessionals*. Tweede druk. Nieuwerkerk aan den IJssel, 2011. Gelling Publishing.
11. Alphen van, W., Gort, J., *Arboinformatieblad-43 Ongevallenonderzoek*. Tweede druk. Den Haag 2012. SDU.
12. Alphen van, W.J.T., Gort J., Stavast, K.I.J., Zwaard, A.W. *Leren van ongevallen*. Tweede druk, Den Haag 2010. SDU.
13. Well-Stam van, D., Lindenaar, F., van Kinderen, S., van den Bunt, B., *Risicomanagement voor projecten*. Negende druk, Houten 2013. Spectrum.
14. Alphen van, W.J.T. *Arboinformatieblad-61 Risico-inventarisatie-en evaluatie*. Tweede druk, Den Haag 2014. SDU.
15. Slagter, C.B. *Veiligheid voor operationeel leidinggevend*. Alphen aan den Rijn 2009. Kluwer.
16. Koninklijke PBNA. *VOL-VCA NL-versie 4.7*. Zwijndrecht 2015. PBNA.
17. Hijmans, E.J.S. Kuyper, M. *Kwalitatief onderzoek, Praktische methode voor de medische praktijk*, Houten, 2007. Bohn Stafleu van Loghum.

18. Netwerk Kwalitatief Onderzoek AMC – UvA. *Richtlijnen voor kwaliteitsborging in gezondheids(zorg)onderzoek: Kwalitatief onderzoek*. Amsterdam, 2002.
19. Drs. Bergsma, M. Erasmus Universiteit Rotterdam. Economische Faculteit. *Betrouwbaarheid en validiteit van kwalitatief georiënteerde Operational Audits*. EURAC BV. Den Haag. November 2003.
20. Philipsen, H., Vernooij-Dassen, M. *Methodologie van kwalitatief onderzoek. Kwalitatief onderzoek: nuttig, onmisbaar en uitdagend*. Huisarts en wetenschap 2004;47:288-292.
21. Plochg, T., Juttman, R.E., Klazinga N.S., Mackenbach, J.P. *Handboek gezondheidsonderzoek, Hoofdstuk 6 Kwalitatief onderzoek*, Houten, 2007. Bohn Stafleu van Loghum.
22. De afstudeerconsultant. *Validiteit en betrouwbaarheid*, Geraadpleegd op zaterdag 28 februari 2015. Beschikbaar via:
<http://deafstudeerconsultant.nl/afstudeertips/onderzoeksmethoden/validiteit-en-betrouwbaarheid/>
23. Oost, H., Markenhof, A. *Een onderzoek voorbereiden*. Tweede druk, Amersfoort, 2010 ThiemeMeulenhoff.
24. Oost, H. *Een onderzoek uitvoeren*. Tweede druk. Amersfoort, 2010. ThiemeMeulenhoff.
25. Grit, R. *Projectmanagement*, derde druk. Groningen 2000. Wolters-Noorthoff.
26. Mertens, F., Schaardenburgh van -Verhoeve, K., Sillem S. *Methodische aspecten van het onderzoek naar ongevallen*. Eerste druk. Delft 2012. Eburon.
27. I.Breedveld BV. *SOAT kaart: systematische oorzaken analyse methodiek*, Geraadpleegd op zaterdag 28 februari 2015. Beschikbaar via: <http://www.arbo-veiligheid-milieu.nl/Downloads,45>
28. Van Brederode, N.E., van den Boogaard, C.J.M., van Bruggen, M., Fast, T., Hegger, C., van de Weerd D.H.J., *GGD richtlijn, Gezondheidsrisico's van bovengrondse hoogspanningslijnen*, 2005. Publicatienummer 22 november 2005.
29. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. *Hoogspanningslijnen*, 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via: <http://www.rivm.nl/Onderwerpen/H/Hoogspanningslijnen/>
30. TenneT. *Position Paper, Elektromagnetische velden en gezondheid*, 2011. Publicatienummer september 2011.
31. Liander. *Magnetische velden*, 2009. Publicatienummer F2009-01.
32. Gemeentelijke Gezondheidsdienst (GGD) Amsterdam. *Elektromagnetische velden*, 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via: <http://www.ggd.amsterdam.nl/gezond-wonen/milieu-buitenshuis/elektromagnetische/>
33. Antennebureau. *Elektromagnetische velden*, 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via: <http://www.antennebureau.nl/onderwerpen/algemeen/elektromagnetische-velden>
34. Petersburg Consultants B.V. *Berekenen elektromagnetische beïnvloeding nabij hoogspanningsverbindingen*, 2013. Publicatienummer 30 november 2013.

35. Petersburg Consultants B.V. *Elektromagnetische beïnvloeding nabij hoogspanningsverbindingen*, 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via:
<http://www.petersburg.nl/portfolio/beinvloedingsberekeningen/>
36. TenneT. *Wintrack, Een innovatieve oplossing voor nieuwe hoogspanningsverbindingen*, 2012. Publicatienummer september 2012.
37. TenneT. *Taking power further Wintrack*, 2010. Publicatienummer november 2010.
38. TenneT. *Veiligheidsvoorschriften, voor werken in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningsverbindingen beheerd door TenneT TSO B.V.*, 2012. Publicatienummer juli 2012.
39. van der Plas, M., Houthuijs, D.J.M, Dusseldorp, A., Pennders, R.M.J., Pruppers, M.J.M., *RIVM rapport 610050007 Publicatienummer april 2001, Magnetische velden van hoogspanningsverbindingen en leukemie bij kinderen*, Bilthoven 2001. RIVM.
40. Dusseldorp, A., Pruppers, M.J.M., Bolte, J.F.B., Franssen, A.E.M., van Kuijeren N.M., *RIVM rapport 609300011/2009, Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen*, Bilthoven 2009. RIVM.
41. Kelfkens, G., Pruppers, M.J.M., *RIVM rapport 609021073/2008, Hoogspanningslijnenbeleid in de praktijk, een pilotonderzoek*, Bilthoven 2008. RIVM.
42. Kelfkens, G., Pruppers, M.J.M., Bolte, *Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse versie 4.1*, Bilthoven 2015. RIVM.
43. Kelfkens, G., Pruppers, M.J.M., *RIVM rapport 861020014/2007, Achtergronden beleid bovengrondse Hoogspanningslijnen*, Bilthoven 2007. RIVM.
44. TenneT. *Monitoren van de transportcapaciteit*, 2010. Publicatienummer november 2010.
45. Elia. *Veiligheid in de nabijheid van hoogspanningsinstallaties*, 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via: <http://www.elia.be/nl/veiligheid-en-milieu/veiligheid/hou-afstand>
46. Arbovakbase. *Praktijkgids arbeidsveiligheid online, Niet-ioniserende straling*, 2015. Publicatienummer 16 april 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via:
<http://www.arbovakbase.nl/artikel/niet-ioniserende-straling-11304.html>
47. Arbovakbase. *Arbo jaarboek online, Risico-inventarisatie en –evaluatie niet-ioniserende straling*, 2015. Publicatienummer 10 april 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via:
<http://www.arbovakbase.nl/artikel/risico-inventarisatie-en-evaluatie-niet-ioniserend-13604.html>
48. Arbovakbase. *Arbo jaarboek online, Wet- en regelgeving niet-ioniserende straling*, 2015. Publicatienummer 10 april 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via:
<http://www.arbovakbase.nl/artikel/wet-en-regelgeving-niet-ioniserende-straling-13657.html>
49. Arbovakbase. *Arboprof, praktijkinformatie, Straling niet-ioniserende*, 2015. Publicatienummer 3 februari 2015. Geraadpleegd op zaterdag 30 april, 2015. Beschikbaar via:
<http://www.arbovakbase.nl/artikel/straling-niet-ioniserende-20310.html>
50. Stam, R. “*De nieuwe Europese Richtlijn Elektromagnetische Velden*”. Nederlands Tijdschrift voor Stralingsbescherming, jaargang 4, nummer 2, najaar 2013. p 16-19.

51. Kluwen, N.J. *Arboinformatieblad-54 Elektrische veiligheid*. Tweede druk. Den Haag 2012. SDU.
52. TenneT. *Uw veiligheid, en de ongestoorde werking van de bovengrondse hoogspanningsverbinding*, 2015. Publicatienummer september 2015.
53. Jeannette, P. *Arboinformatieblad-01 Arbo- en verzuimbeleid*. Veertiende druk. Den Haag 2013. SDU.
54. Slager, S. *Arboinformatieblad-45 Risicobeheersing*. Tweede druk. Den Haag 2013. SDU.
55. Reed Business opleidingen. *Hogere veiligheidskunde hoofdstukken 1 t/m 7*, 2013.