



Stikstofreductie bij het ontwerp van infraprojecten

Een maatregelenroutekaart



(Hofman, 2022)



**van hall
larenstein**
university of applied sciences

Iv-Infra b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Auteur:	Bert Vierwind
Revisie:	Definitief
Datum:	15 juni 2023
Opdrachtgever:	Iv-Infra in samenwerking met Van Hall Larenstein University of Applied Sciences
Stagebegeleiders Iv-Infra:	Joost Bijnen en Ester Simoons
Stagedocent:	Haydar Hussin
Project:	Stikstofreductie bij het ontwerp van bouwprojecten



Voorwoord

Voor u ligt het afstudeeronderzoek “Stikstofreductie bij het ontwerp van bouwprojecten – een maatregelenroutekaart”. Dit document was geschreven om te voldoen aan de afstudeereisen van de opleiding Land- en Watermanagement aan Van Hall Larenstein University of Applied Sciences. Het onderzoeksverslag was geschreven uitgaande van dat het gelezen dient te worden door docenten van de opleiding Land- en Watermanagement en gelijkwaardige specialisten. Het bijgeleverde beroepsproduct is een kort- en bondige versie van het onderzoeksverslag met als doel leestijd te besparen en een overkoepelend beeld te geven van het onderzoek, uitgaande van lezers die zeer ervaren zijn met de beroepspraktijk.

Bij de ontwikkeling van dit onderzoek is gekeken naar duurzame bouwoplossingen die zowel de economie als het milieu ten goede komen. In deze scriptie zijn relevante visies, ontwikkelingen, klimaatrobuuste concepten, duurzame technieken, modellen, definities en begrippen rondom stikstofreductie, bouwprojecten en het AERIUS-programma besproken en toegepast. Tijdens de vorming van deze scriptie zijn zowel de theorie van mogelijkheden als de beleidsnorm door middel van AERIUS-calculaties onderzocht om een zo compleet mogelijk beeld te geven van de mogelijkheden en uitdagingen bij het verminderen van stikstofemissies in de bouwsector.

Dit document, aangevuld met schermafbeeldingen, rapporten, situatietekeningen, werkprocessen, tabellen, grafieken, berekeningen, afwegingen en beslisbomen, vormt tezamen met de overige gegevens en redenering een maatregelenroutekaart voor effectieve stikstofreductie bij het ontwerp van bouwprojecten. Dit wordt gepresenteerd via de opbouw: kader, programma van eisen, gehanteerde onderzoeksmethodiek, onderzoeksresultaten en aanbevelingen.

Ik wil mijn stagebegeleider Joost Bijnen bedanken die door alle drukte heen een uitstekende begeleiding en ondersteuning heeft geleverd tijdens het proces. Daarnaast ben ik zeer dankbaar voor mijn stagedocent, Haydar Hussin, die mij veel ondersteuning, structuur en feedback heeft gegeven op het onderzoeksrapport. Ook wil ik graag Robin Huijbregts bedanken voor zijn input als AERIUS-expert en vele tips voor het beroepsproduct. Tot slot wil ik Ester Simoons bedanken voor haar ondersteuning bij de vorming van het beroepsproduct.



Samenvatting

Hoofdstuk 4 beschrijft de gevoeligheidsanalyse van de invoerparameters voor vijf bouwprojecten. Het bevat de selectiecriteria voor de projecten, het AERIUS-calculatieproces en de methode voor het bepalen van de gevoeligheid van de invoerparameters. Voor elk project werden AERIUS-calculaties uitgevoerd met verschillende wijzigingen in de invoerparameters. De resultaten werden vastgelegd in een tabel en genormaliseerd om de gevoeligheid van de wijzigingen op de AERIUS-uitkomsten te bepalen. De gevoelheden zijn terug te vinden in bijlage 6.

Hoofdstuk 5 beschrijft de reductie van stikstofdepositie. Het begint met een opsomming van de gevoeligheid van invoerparameters en een interview en bureaustudie naar mogelijke reductiemogelijkheden. Vervolgens werden de mogelijkheden beoordeeld op effectiviteit. Er zijn verschillende maatregelen besproken, zoals het gebruik van lichter materiaal, jonger materieel, strakkere planning en elektrisch vrachttransport. De impact van deze maatregelen op de stikstofdepositie werd geanalyseerd en weergegeven in tabellen en grafieken.

De AERIUS routekaart (H6) beschrijft de voorwaarden, classificatie en afweging van maatregelen om stikstofdepositie te verminderen. Voor elke maatregel worden specifieke vereisten gegeven, zoals vermogensreductie voor lichter materiaal en upgraden van apparatuur voor jonger materieel. De afweging van maatregelen werd gegeven in Tabel 11, waarbij stikstofdepositie-uitkomsten worden geclassificeerd. Het eliminatieproces bepaalt welke maatregelen kunnen worden toegepast op basis van verschillende factoren. De maatregelenroutekaart wordt gevormd door het eliminatieproces, waarbij de meest positieve maatregel wordt toegepast totdat de voorwaarden niet meer voldoen.

Implementatie van maatregelen kan plaatsvinden volgens de in §5.2 beschreven manier. Bijlage 11 en 12 omvatten de volledige stikstofreductie maatregelenroutekaart.



Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	7
1.1. Aanleiding	7
1.2. Opdrachtgever	8
1.3. knelpunt	8
1.4. Opdracht	8
2 Literatuurstudie	9
2.1. Stikstofkringloop	9
2.2. Antropogene stikstofdepositie Nederland	10
2.3. Ecologische onderzoeken naar stikstofdepositie	10
2.4. Beleid en regelgeving stikstofdepositie	11
2.5. AERIUS-calculatie	11
2.6. Mogelijke verbeterpunten AERIUS	13
3 Programma van eisen	14
3.1. Eisen Iv-Infra	14
3.2. Wens	14
3.3. Gehanteerde uitgangspunten	14
3.4. Afbakening	15
3.5. Onderzoeksvragen	15
3.5.1. Hoofdvraag	16
3.5.2. Deelvragen	16
3.6. Strategisch advies	16
4 Gevoeligheidsanalyse invoerparameters AERIUS	17
4.1. Selectie bouwprojecten	17
4.2. Inventarisatie AERIUS-Proces Iv-Infra	18
4.3. Inputs en outputs AERIUS	18
4.4. Methode gevoeligheidsbepaling invoerparameters	19
4.5. Gevoeligheid invoerparameters	31
5 Stikstofdepositiereductie	35
5.1. Vermindering stikstofdepositie via invoerparameterwijziging	35
5.2. Maatregelen vermindering stikstofdepositie	38
5.2.1. Lichter materiaal	38
5.2.2. Jonger materieel	39



5.2.3.	Strakkere planning	39
5.2.4.	Elektrisch vrachttransport	40
5.2.5.	Zero emissie	41
5.2.6.	Transportroute verleggen	41
5.3.	Globale afweging maatregelen	42
6	AERIUS maatregelenroutekaart	43
6.1.	Stikstofdepositiereductie bij toepassing maatregelen	43
6.2.	Afweging toepassing maatregelen per stikstofdepositie uitkomst	45
6.3.	Eliminatieproces maatregelen	45
6.4.	Maatregelenroutekaart stikstofreductie	46
7	Discussie	48
7.1.	Opmerkelijke bevindingen	48
8	Conclusies	49
9	Aanbevelingen	51
9.1.	Stikstofnormafstandbetrouwbaarheid	51
9.2.	Toepassing lichter materiaal	51
9.3.	Beschikbaarheidsafweging	51
9.4.	Elektrisch bouwhub	51
10	Bibliografie	54
BIJLAGEN		59
A.	Bijlage 1: Interview Robin Huijbregts AERIUS-expert Iv-Waterbouw	59
B.	Bijlage 2: Stappen uitvoering AERIUS-calculaties binnen Iv-Infra	61
C.	Bijlage 3: Voorbeeld processtroom invoerparameterwijziging	63
D.	Bijlage 4: Interview Arnout Spruijt planologisch adviseur Iv-Verkeer	64
E.	Bijlage 5: Inventarisatie parameterwijzigingen	65
F.	Bijlage 6: Uitvoeringsmatrix en verband wijzigingen invoerparameters	73
G.	Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijziging	74
H.	Bijlage 8: Interview Gertjan Koopman, docent wiskunde Van Hall Larenstein, University of Applied Sciences	75
I.	Bijlage 9: Verband invoerwijziging AERIUS-uitkomst	76
J.	Bijlage 10: Interview Aernout Beimers	82
K.	Bijlage 11: Beslisboom afstand en windrichting	83
L.	Bijlage 12: Maatregelenroutekaart stikstofreductie in het ontwerp van infraprojecten	84



1 Inleiding

1.1. Aanleiding

Door uitstoot van de landbouw, verkeer en industrie worden er stikstofdioxiden en ammoniak in de lucht verspreid (TNO, 2019). Eenmaal in de lucht verspreidt het zich over ons land en Europa. De natuur en biodiversiteit is afhankelijk van de hoeveelheid stikstof zoals die nu in de natuur te vinden is en die veranderd door antropogeen toedoen. Een verhoogde hoeveelheid stikstof heeft een negatief effect op de biodiversiteit vanwege dat het de bodem verzuurt en eutrofiëring veroorzaakt in de omgeving. De verzuring van de bodem zorgt voor de uitspoeling van mineralen zoals kalk en magnesium waar bomen afhankelijk van zijn. Ook planten die een voorkeur hebben voor voedselarme gronden verdwijnen, zoals bloeiende kruiden, die op hun beurt belangrijk zijn voor weidevogels en insecten. Hier komen planten voor terug die van voedselrijke grond houden zoals brandnetels (Vries, Grunsven, & Swaay, 2020; Tognetti et al., 2021). Nu valt er in 72% van de natuurgebieden in Nederland teveel stikstof op de grond. Van de 160 Natura-2000 gebieden hebben er namelijk 118 last van stikstof (Milieudefensie, 2023). Om de uitstoot van stikstofverbindingen te verminderen zijn er in onder andere de bouwsector stikstofmaatregelen in het beleid van Nederland opgesteld (Overheid.nl, 1993). De bouw was een periode vrijgesteld van dit stikstofbeleid (Raad van State, 2022).

Op 2 november 2022 heeft de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State geoordeeld dat de bouwvrijstelling stikstof niet voldoet aan het Europese natuurbeschermingsrecht. Om deze reden heeft de Afdeling bestuursrechtspraak besloten dat de bouwvrijstelling niet langer gebruikt mag worden. Vandaar dat er vanaf deze datum voor alle bouwprojecten een AERIUS-calculatie (zie §2.5) benodigd is (Raad van State, 2022). Iv-Infra (opdrachtgever, zie §1.2 voor meer informatie) is momenteel bezig met deze AERIUS-calculaties voor bouwprojecten. De AERIUS-calculator berekent de stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden wat veroorzaakt is door gebiedstransities of andere vormen van stikstofuitstoot. Het is een geografisch rekeninstrument (Fung-A-Loi et al., 2023). Het RIVM ziet graag dat er vrijwel nihil (minder dan of gelijk aan 0,005 mol/hectare/jaar) stikstofdepositie op natura-2000 gebieden plaatsvindt (Breuil, 2020).

Bij de uitvoering van deze AERIUS-calculaties zijn er mogelijke kansen tot automatisering in de berekeningen, optimalisering van de input en verduidelijken van het model. Dit biedt ruimte voor een onderzoek dat Iv-Infra graag mogelijk maakt. Om de impasse te doorbreken is in deze scriptie onderzocht hoe een beslisboom kan bijdragen aan een effectievere stikstofreductie bij het ontwerpen van bouwprojecten. Een beslisboom is een visuele weergave van beslissingen en de mogelijke resultaten van die beslissingen. De beslisboom is ontwikkeld om de bouwsector in het ontwerp te ondersteunen bij het nemen van beslissingen en om bij te dragen aan een effectievere stikstofreductie. Het AERIUS-programma is gebruikt om de stikstofdepositie van ontwerpopties te berekenen. Er is onderzocht welke ontwerp mogelijkheden het meest effectief zijn in het verminderen van stikstofemissies en welke factoren van belang zijn. De impact van verschillende ontwerp oplossingen, zoals materieelkeuze, energiebesparing en vermindering van transportbewegingen is meegenomen in het onderzoek. Ook is er gekeken naar de kosten van de verschillende ontwerp oplossingen en de haalbaarheid hiervan in de praktijk.



1.2. Opdrachtgever

Iv-Infra is de opdrachtgever van dit onderzoek. Iv-Infra maakt deel uit van Iv-Groep. Iv-Groep is een ingenieurs- en architectenbureau wat technische oplossingen voor vraagstukken met betrekking tot ontwerp bedenkt. In Iv-Groep heerst betrokkenheid bij de (maatschappelijke) vraagstukken van opdrachtgevers en werkt vanuit negen kantoren wereldwijd aan innovatieve oplossingen. Iv-Groep bestaat uit ruim 900 medewerkers en zeven divisies die elk specialist zijn binnen een specifieke sector. Iv-Infra is een divisie (Iv-Groep, 2023A).

Iv-Infra houdt zich bezig met integrale, op maat gemaakte en innovatieve ontwerpen en adviezen voor de aanleg en instandhouding van duurzame droge en natte infrastructuur. Binnen Iv-Infra is er continu technologieën ontwikkeld en toegepast. Iv-Infra levert ontwerp en advies voor kunstwerken van staal en beton, waterbouw, ruimtelijke inrichting, instandhouding en spoorwegen. Ook biedt Iv-Infra integrale diensten aan op het gebied van ruimte en mobiliteit, ruimtelijk meten en monitoring van constructies, RAMS en risicomangement, assetmanagement, systems engineering, contractmanagement en directievoering en toezicht. De diensten uit deze alinea worden aangeboden aan aannemers, architecten, havenbedrijven, bedrijven in de staalconstructie en alle Nederlandse overheden (Iv-Groep, 2023B).

1.3. knelpunt

Iv-Infra loopt binnen het opstellen van ontwerp en advies tegen een knelpunt aan. Bouwprojecten kunnen schade aan het milieu veroorzaken via stikstofdepositie op stikstofgevoelige gebieden. Om deze reden kunnen bouwprojecten afgekeurd worden door de nieuwe stikstofdepositiewetgeving. Dit wordt gecontroleerd door middel van een verplichte stikstofberekening via de AERIUS-calculator (Bij12, 2021; MBH Consult B.V., 2021). Iv-Infra beoogt meer kennis en inzicht te verzamelen omtrent de stikstofproblematiek en welk pad het best bewandeld kan worden voor een duurzamere implementatie van tactvolle stikstofreductie. Op het moment is dit pad onduidelijk.

1.4. Opdracht

Iv-Infra is op zoek naar meer inzicht in het opstellen van duurzame alternatieven voor het verminderen van de stikstofdepositie in natuurgebieden rondom bouwprojecten, zoals de AERIUS-calculatie tool berekent. Naast het bieden van alternatieven om stikstofdepositie op de juiste locaties te verminderen, moeten de maatregelen haalbaar zijn.

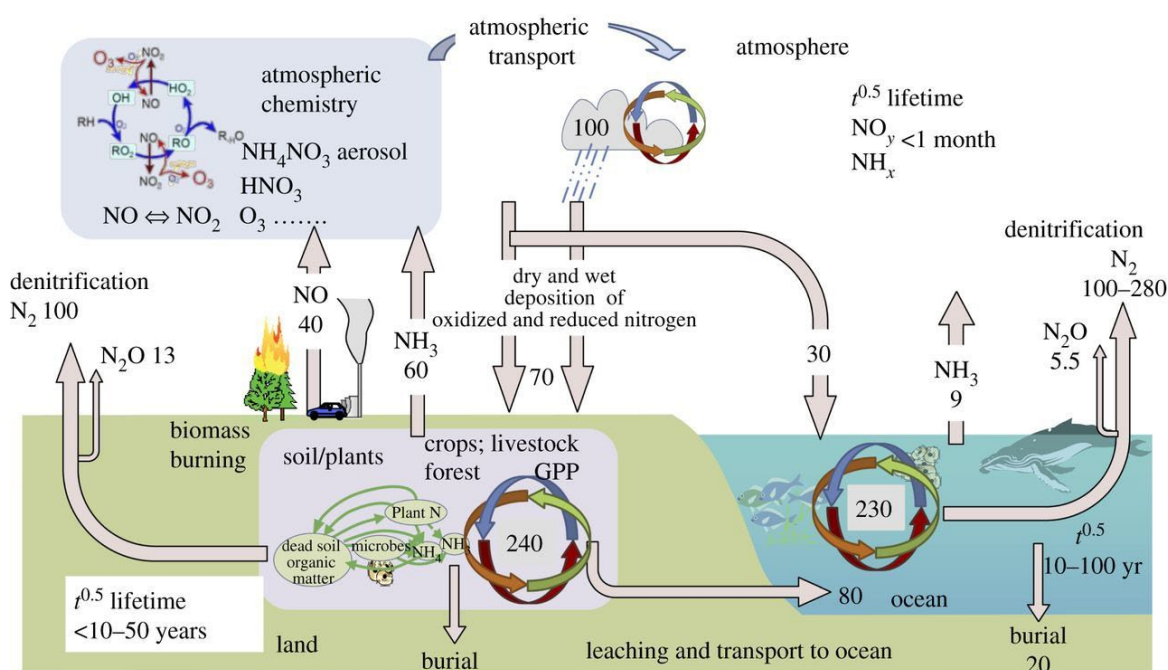
Het doel van deze scriptie was het onderzoeken hoe een beslisboom bij kan dragen aan een effectievere stikstofreductie bij het ontwerpen van bouwprojecten. Het AERIUS-programma is een belangrijk instrument voor het voorspellen van de stikstofdepositie in de natuurgebieden rondom bouwprojecten en is veelvuldig gebruikt in de bouwsector. Er was onderzocht welke beslissingen in het ontwerpproces invloed hebben op de stikstofdepositie-uitkomst van het AERIUS-programma en hoe deze invloed beïnvloedt kon worden. Om dit doel te behalen waren er een aantal onderzoeksvragen opgesteld in §3.5.

2 Literatuurstudie

Opvolgend was de theorie die geleid heeft tot de vorming van een beeld bij de opdracht en de vorming van de uitvoeringsmethode uitgeschreven. Ook was de desbetreffende relevantie onderbouwd.

2.1. Stikstofkringloop

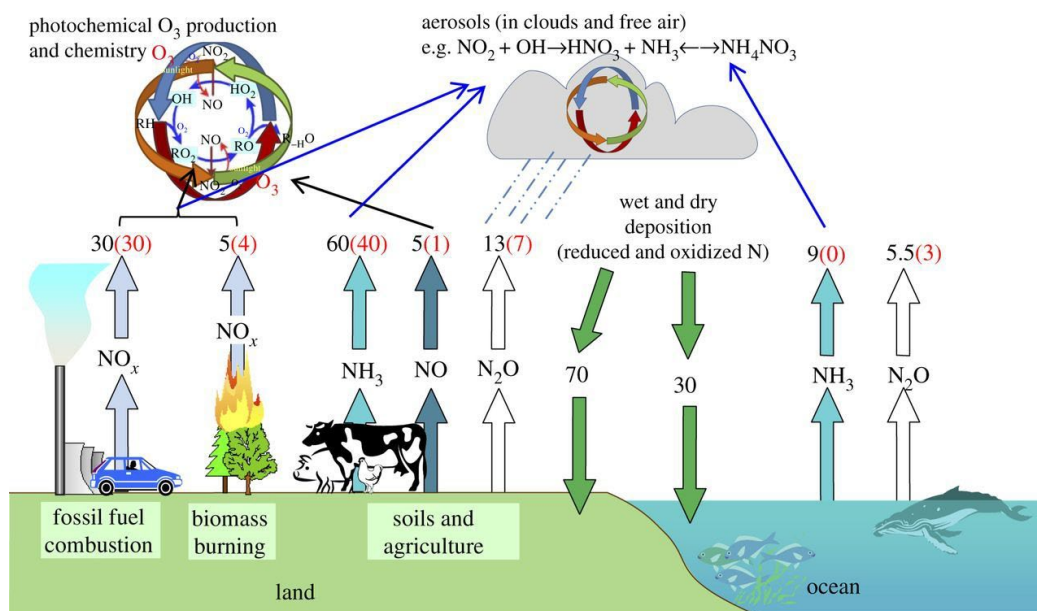
Om meer inzicht te krijgen in het opstellen van alternatieven voor het verminderen van stikstofdepositie is een fundamentele kennis van de stikstofkringloop noodzakelijk. Stikstof heeft net als koolstof een natuurlijke kringloop die onverstoord zichzelf in balans houdt. Deze kringloop is geïllustreerd in Figuur 1. Hierin is het uitgebreide proces van de verwerking en de stroming van reactieve stikstof in landelijke en mariene systemen en in de atmosfeer afgebeeld. Hierin zijn de dominante vormen van stikstofuitwisseling, en bij benadering de levensduur, geïntegreerd op wereldschaal.



Figuur 1: Stikstofkringloop (Fowler et al., 2013).

Echter is de duur van de stikstofkringloop in plaats van 100-200 miljoen jaar zoals bij de petrochemische koolstofkringloop (NASA, 2011) maar 10 tot 50 jaar (Fowler et al., 2013). Mede namens dit enorme verschil en de nadruk op schadelijkere stoffen als zwaveldioxide, fijnstof en stikstofoxiden is de stikstofdepositie jarenlang onderschat. Later werd duidelijk dat stikstofdepositie ook een grote impact heeft op de Nederlandse natuur na onder andere de aanwijzing van Natura-2000 gebieden. De stikstofkringloop is ernstig verstoord bij een consistente verhoogde depositie (Holland, Dentener, Braswell, Sulzman, & Lamarque, 1999). Hedendaags is de natuurlijke stikstofdepositie verdubbeld door antropogene activiteit

(Fowler et al., 2013) zoals afgebeeld in Figuur 2. In de afbeelding gaat de antropogene activiteit samen met “fossil fuel combustion” en deels met “soils and agriculture”.



Figuur 2: Stikstofkringloop met antropogene activiteit (Fowler et al., 2013).

2.2. Antropogene stikstofdepositie Nederland

Als er eenmaal ingezoomd wordt naar Nederland of nog verder naar een project op Nederlandse bodem, dan is de antropogene activiteit vele malen afhankelijker van een aantal voorwaarden. De voorwaarden voor het vaststellen van stikstofemissies in Nederland zijn bepaald door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en vastgesteld als Nationale emissierichtlijnen lucht (NeR) (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019A), de Standaard emissieberekeningsmethoden (SEMs) (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019B), de Wet milieubeheer (Overheid.nl, 1993) en het Besluit emissiearme huisvesting (Beheer) (Overheid.nl, 2014). In de Wet Natuurbescherming staat vastgesteld dat enkel natura-2000 gebieden relevant genoeg zijn voor stikstofdepositiesturing vanuit de Nederlandse overheid (Rijksoverheid, 2021).

2.3. Ecologische onderzoeken naar stikstofdepositie

Om de hoeveelheid stikstofdepositie en schade die een project veroorzaakt op aanwezige beschermde dieren en planten te beoordelen kan er een ecologisch onderzoek opgesteld worden door een erkend adviesbureau (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2021). Een ecologisch onderzoek omvat de volgende stappen:

- 1: Inventariseer de huidige situatie van het Natura-2000 gebied en de omgeving van het bouwproject, inclusief de vegetatie, waterhuishouding, bodem en fauna.
- 2: Bepaal de mate van stikstofdepositie van het bouwproject op het Natura-2000 gebied met behulp van de AERIUS-calculatie tool of andere gevalideerde berekeningsmethoden.
- 3: Identificeer de gevoelige natuurwaarden in het Natura-2000 gebied en bepaal de mate van gevoeligheid voor stikstofdepositie.



- 4: Identificeer alternatieven en maatregelen om de stikstofdepositie te minimaliseren en de negatieve effecten op de natuurlijke omgeving te verminderen. Dit kunnen bijvoorbeeld maatregelen zijn om de uitstoot van stikstof te verminderen, de vegetatie te herstellen of de waterhuishouding te verbeteren.
- 5: Beoordeel de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen op de natuurlijke omgeving en bepaal of deze voldoende zijn om de negatieve effecten van de stikstofdepositie te minimaliseren.
- 6: Evalueer de effecten van de voorgestelde maatregelen op de natuurlijke omgeving en bepaal of deze voldoende zijn om de negatieve effecten van de stikstofdepositie te minimaliseren.
- 7: Formuleer aanbevelingen voor het minimaliseren van de effecten van het bouwproject op het Natura-2000 gebied en stel een plan op voor de implementatie van de voorgestelde maatregelen (Rijkswaterstaat, 2020; Drentsche Aa, 2020; Rijksoverheid, 2021).

2.4. Beleid en regelgeving stikstofdepositie

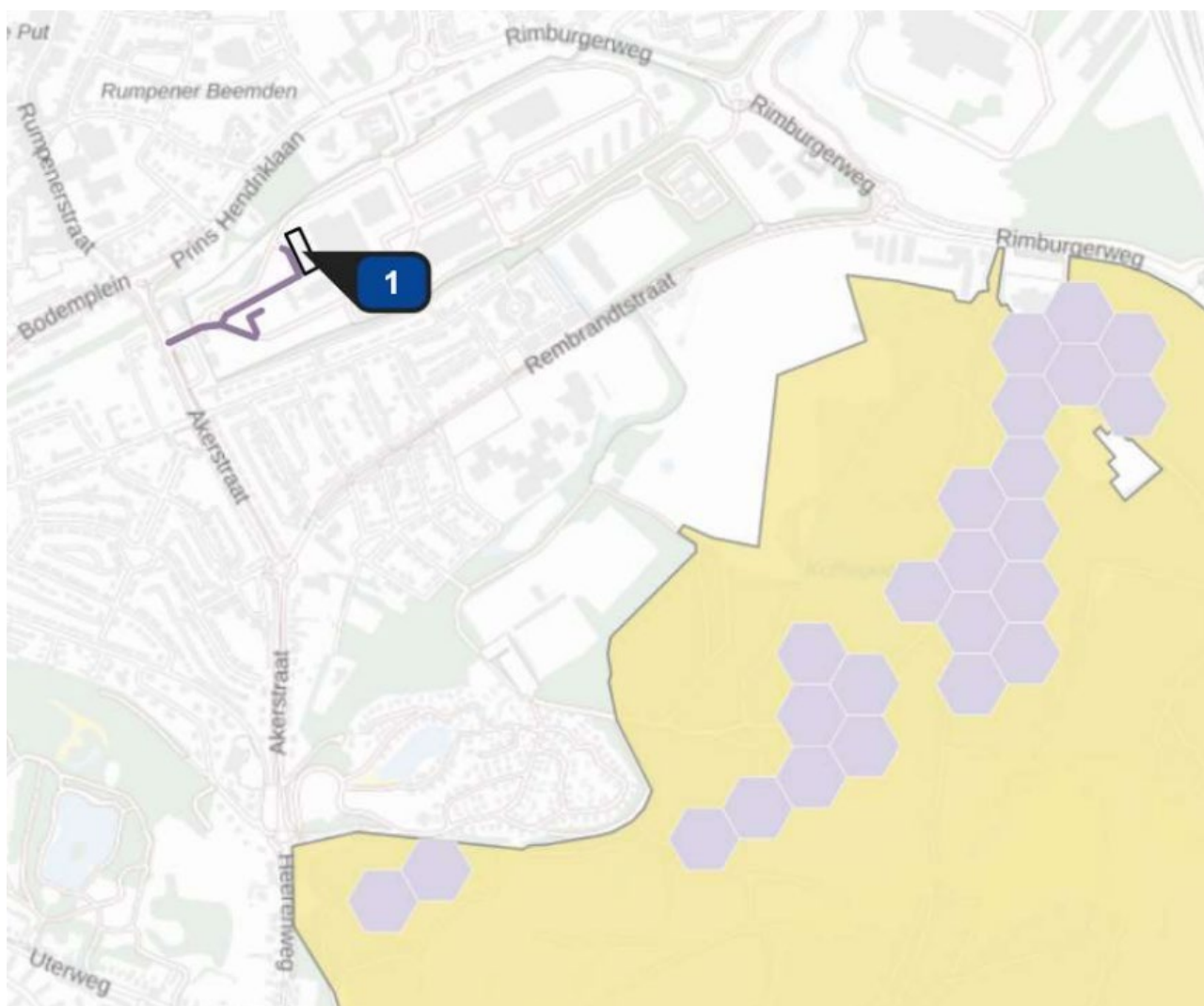
De lijn van progressie omtrent regelgeving qua stikstofdepositie is tijdens in de opstartfase van het project onderzocht zodat er een beeld geschept kan worden van de huidige wetgeving en wat er in de toekomst te verwachten valt. 1 Juli 2015, de dag dat het programma aanpak stikstof (PAS) in werking trad. Vanaf dit moment gingen activiteiten met weinig stikstofdepositie onder voorwaarden door. Via een melding onder de wet natuurbescherming (Wnb) kon er toestemming gegeven worden voor activiteiten die stikstofneerslag veroorzaakten. Ook was het doel om de lasten van de initiatiefnemers van deze activiteiten te verlichten. 29 Mei 2019 verviel het PAS. De Raad van State (RvS) oordeelde op die dag dat het PAS in strijd was met de Europese Habitatrichtlijn. De Europese Habitatrichtlijn is opgesteld door de Europese Unie om de biologische diversiteit in Europa te waarborgen. Vanaf die dag bepaalde de RvS dat het voor projecten die stikstofdepositie veroorzaken verplicht is om een vergunning aan te vragen en is toen vastgelegd in de Wnb. Dus vanaf die datum waren projecten die onder het PAS uitgezonderd waren voor een vergunning niet langer vrijgesteld. Ter intreding van 28 Februari 2022 heeft de Minister voor Natuur en Stikstof het programma voor de legalisatie van PAS-meldingen vastgesteld. Het programma is het beleidskader voor de legalisatie van de PAS-meldingen. De maatregelen die genomen worden om stikstofruimte voor de PAS-meldingen zijn beschreven in dit programma. De PAS-melding hanteert een wettelijke termijn van 3 jaar. De opdracht behorende bij dit programma is terug te vinden in de Wnb.

Op 2 november 2022 heeft de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State geoordeeld dat de bouwvrijstelling stikstof niet voldoet aan het Europese natuurbeschermingsrecht. Om deze reden heeft de Afdeling bestuursrechtspraak besloten dat de bouwvrijstelling niet langer gebruikt mag worden. Vandaar dat er vanaf deze datum voor alle bouwprojecten een AERIUS-calculatie benodigd is (Raad van State, 2022).

2.5. AERIUS-calculatie

Bij een gebiedsafhankelijke schadelijkheid die bepaald is op basis van de besloten factoren kan het lastig zijn om een juist beleid vast te stellen. Vandaar heeft het RIVM een rekentool ontwikkeld die de jaarlijkse cumulatie van stikstof op natura-2000 gebieden berekend (Fung-A-Loi et al., 2023). De AERIUS-calculator. De AERIUS-calculator is een tool ontwikkeld door het RIVM en is een vereiste voor bouwprojecten in de buurt van Natura2000 gebieden. Een voorbeeld calculatie is afgebeeld in Figuur 3 ter beeldvorming. In dit figuur is de paarse lijn en de vlak waar de blauwe 1 naar verwijst het project, het gele gebied een Natura-2000 gebied en de paarse hexagonen de gebieden waar de stikstofdepositie van het project boven de stikstofnorm uitkomt. Als er uit de berekening van deze tool een totale waarde van afgerond 0,00 mol N/ha/jr

komt dan is het aangenomen dat stikstofdepositie van het desbetreffende bouwproject verwaarloosbaar is. De stikstofnorm is dus 0,00 mol N/ha/jr. Komt de waarde boven deze stikstofnorm uit dan is opvolgend ecologisch onderzoek vereist om het bouwproject mogelijk nog door te laten gaan (Breuil, 2020). De tool zal het onderwerp worden van het project en stap 1 van het onderzoek is hier meer informatie over verzamelen.



Figuur 3: Voorbeeldberekening AERIUS (Verhees, Online masterclass Aan de slag met AERIUS Calculator, 2023).

De kern van het proces omtrent een AERIUS-calculatie is een reële situatie in gedachten houden. Des te reëler de situatie, des te waarschijnlijker dat het halen van de norm tot een goedkeuring van het project leidt vanuit de wetgever (zie bijlage 1). Een wetgever heeft 13 weken de tijd om een AERIUS-calculatie te beoordelen (lid 1 WnB) en dit mag 7 weken uitlopen waarvoor geen verklaring gegeven hoeft te worden (lid 2 WnB). Dat komt neer op een periode van 20 weken. Bij iedere afwijzing start deze periode opnieuw na indienen van het aangepaste ontwerp. (Tweede Kamer Der Staten-Generaal, 2012)



2.6. Mogelijke verbeterpunten AERIUS

In het werkproces omtrent AERIUS zijn er mogelijk kansen te behalen door middel van het versnellen van de processtroom. Hieronder zijn een aantal mogelijkheden opgesomd.

Mogelijke verbeterpunten proces:

- IMAER pugin;

De IMAER pugin is een tool voor Qgis wat een “brug” vormt tussen de GML-bestanden van AERIUS en laagbestanden zoals gebruikt in Qgis (OpenGeoGroep, 2023). Voor kleinere projecten is dit niet erg relevant, maar voor een groter project kan dit mogelijk tijdswinst opleveren.

- Tygron;

Tygron heeft in opdracht van de gemeente Den Haag een template van Tygron ontwikkeld wat naast de standaard openbare bronnen, ook een AERIUS-integratie heeft. Hiermee worden een deel van de gegevens uit de omgeving automatisch ingeladen. Dit is vooral handig bij projecten in de leefomgeving en minder relevant voor waterbouw. In de leefomgeving houdt Tygron bijvoorbeeld rekening met het verkeer via een dynamisch verkeersmodel. De nog benodigde gegevens kunnen via een paneel ingevoerd worden. Tygron visualiseert het model driedimensionaal. (Tygron B.V., 2020)

Na het concreet vormen van de opdracht en het scheppen van een beeld van de bestaande kennis omtrent de opdracht in dit hoofdstuk, was er overgegaan op het opstellen van de eisen.



3 Programma van eisen

De eisen in dit hoofdstuk omvatten de voorwaarden waar de geleverde routekaart aan moest voldoen. De eisen waren opgebouwd uit de eisen van de opdrachtgever Iv-Infra (§3.1), de wens (§3.2), de gehanteerde uitgangspunten (§3.3), afbakening die vereist waren om de planning te behalen (§3.4), de onderzoeksvragen (§3.5) en het beoogde advies (§3.6).

3.1. Eisen Iv-Infra

Iv-Infra hing een aantal eisen aan het strategische advies. Iv-Infra wou graag weten welke stikstofdepositieparameters de meeste impact hebben op de uitkomst van een AERIUS-calculatie. Dit biedt namelijk inzicht in de sturing van de uitkomst van een AERIUS-calculatie. Aan het veranderen van deze stikstofdepositieparameters om de norm te halen hangen een aantal neveneffecten. Iv-Infra is benieuwd naar deze neveneffecten. Ook de haalbaarheid van het wijzigen van deze sturende stikstofdepositieparameters vindt Iv-Infra interessant. Bij het bepalen van de haalbaarheid werd er gelet op de kosten en baten. De prioriteit van de haalbaarheid lag minder hoog dan de kennis van welke stikstofdepositieparameters het meest sturend zijn. Iv-Infra wou op basis van deze kennis een aantal maatregelen geleverd hebben.

Eisen vanuit Iv-Infra opgesomd:

- Bepalen welke stikstofdepositieparameters de meeste impact hebben op de uitkomst van een AERIUS-calculatie;
- Neveneffecten verbonden aan het wijzigen van de stikstofdepositieparameters die de meeste impact hebben op de resultaten van de AERIUS-calculatie;
- Analyse haalbaarheid proces (kosten/baten);
(Minder relevant, alleen bij extra tijd)
- Preventieve maatregelen volgend uit het onderzoek voor de afname van stikstofdepositie bij het ontwerp van bouwprojecten;
- Maatregelen afname stikstofdepositie na afkeuring AERIUS-calculatie;
- Routekaart om de uitkomst van de AERIUS-calculatie zo efficiënt mogelijk te wijzigen.

3.2. Wens

De wens vanuit Iv-Infra omtrent dit onderzoek was het reduceren van stikstof na het ontwerp van een bouwproject waarmee er bijgedragen wordt aan een duurzame en klimaatrobuste omgeving. Hoofdzaak was het bereiken van de stikstofdepositienorm van 0,005 mol N/ha/jr of minder op Natura-2000 gebieden. Deze wens is bereikt door middel van een strategisch advies, waaruit een strategische maatregelenroutekaart gevormd is. Het advies is strategisch doordat het op basis van een reële situatie via de weg van de beslisboom/routekaart (zoals onderbouwd in §3.5.2 bij de uitleg van deelvraag 5) op een aantal te nemen vervolgstappen uitkomt. De kennis van de te nemen vervolgstappen zijn daarin de strategie.

3.3. Gehanteerde uitgangspunten

Naast de eisen vanuit de opdrachtgever en opleiding werden er een aantal uitgangspunten gehanteerd. Deze uitgangspunten zijn gevormd om het onderzoek praktisch en bruikbaar te houden. Het RIVM was via



de toepassing van de AERIUS-calculator een uitgangspunt voor het onderzoek. Zij hebben immers de richtlijnen en de AERIUS-calculator opgesteld. Voor het onderzoek was een werkplek op de Iv-kantoren in Sliedrecht, Den Bosch of Arnhem, afhankelijk van de relevantie voor de betreffende dag, en was een laptop gedurende de gehele onderzoeksperiode noodzakelijk. Experts binnen de organisatie werden ongelimiteerd geïnterviewd en na overleg met Iv-Infra was er de mogelijkheid om externe experts te raadplegen. Het beroepsproduct kon in digitale vorm worden opgeleverd en alle middelen waren kosteloos beschikbaar gesteld voor het project. De geïnterviewden hadden op het moment van interviewen voldoende kennis en ervaring om het onderzoek correct te ondersteunen.

Dit waren de uitgangspunten zoals gehanteerd voorgaand aan het onderzoek. Indien er in de loop van het project aannames genomen werden dan zijn die in het hoofdstuk discussie (H7) opgenomen.

3.4. Afbakening

De eisen uit de opsomming van §3.1 geven het minimaal onderzochte deel van het project. Wat er in dit onderzoek maximaal onderzocht werd, wordt in deze paragraaf beschreven en onderbouwd. Het uitgevoerde onderzoek ligt tussen deze twee uitersten. Eerst worden de activiteiten geschetst die nodig zijn om het onderzoek succesvol te laten verlopen. Om de gestelde eisen te halen werd er een bureaustudie gecombineerd met parameter testen door middel van calculaties.

Activiteiten van het onderzoek:

- Bureaustudie met als doel het winnen van kennis voor relevante stikstofreductiemaatregelen;
- AERIUS-calculaties Water- en Wegverkeerbouwprojecten van Iv-Infra;
- Interviews met experts in beleid en calculaties op het gebied van AERIUS zowel binnen als buiten het bedrijf. Hierover meer in paragraaf 5.6 Externe deskundigen;
- Opstellen gemakkelijk te hanteren presentatievorm van het onderzoeksresultaat.

Ter waarborging van de haalbaarheid van het project was er gekozen om de stikstofdepositienorm zoals gehanteerd wordt door het RIVM als absoluut te beschouwen. Met een absolute beschouwing wordt hier bedoeld dat als de norm gehaald wordt, het project ook voldoende stikstofreductie toepast. Haalt het de norm niet, dan is er onvoldoende stikstofreductie. De norm was gesteld op voldoende stikstofreductie bij afgrond 0,00 mol N/hectare/jaar op Natura2000 gebieden voor het desbetreffende bouwproject (Breuil, 2020). Opvolgend ecohydrologisch onderzoek wat een depositie van bijvoorbeeld 0,01 mol N/hectare/jaar op Natura2000 gebieden mogelijk toe zou kunnen laten, werd in dit onderzoek niet meegenomen. Het meenemen van dergelijke onderzoeken kon de beslisboom te complex voor uitvoering binnen de periode van afstuderen maken.

3.5. Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvragen zijn gebaseerd op de voorgaande opdracht (§1.4), wens (§3.2), het strategisch advies (§3.6) en de afbakening (§3.4). De formulering van de hoofdvraag is tot stand gekomen door middel van een conceptuele analyse van het knelpunt (§1.3), met de opdracht (§1.4) als leidraad. De deelvragen spelen op deze hoofdvraag in met als toevoeging dat er voor de deelvragen ook rekening gehouden wordt met het beoogde advies en de afbakening.



3.5.1. Hoofdvraag

Hoe kan de door bouwprojecten veroorzaakte stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden gereduceerd worden tijdens het ontwerp?

3.5.2. Deelvragen

Deelvraag 1:

Hoe kan het ontwerp van een bouwproject bij Iv-Infra worden verwerkt tot output van een AERIUS-berekening?

Deelvraag 2:

Welke invoerparameters (factoren) voor een AERIUS-berekening zijn het meest bepalend voor de stikstofdepositie?

Deelvraag 3:

Wat zijn de mogelijke aanpassingen in het bouwproces om stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden te reduceren?

Deelvraag 4:

Wat zijn de eisen om de maatregelen toe te kunnen passen?

Deelvraag 5:

Hoe kan een strategische maatregelenroutekaart voor stikstofreductie ontworpen worden op basis van AERIUS calculaties?

3.6. Strategisch advies

Het strategische advies bestaat uit maatregelen met bijbehorende afweging en effectiviteit om stikstof onder een grenswaarde te krijgen. Deze maatregelen zijn beschreven in §5.2 en in H4 tot en met H6 is beschreven hoe die tot stand zijn gekomen. De bedoeling was dat als er een bouwproject wordt afgekeurd op basis van de stikstofnorm berekend via de AERIUS-calculatie, er zo snel mogelijk een makkelijk hanteerbaar advies voor het desbetreffende project met het oog op effectiviteit, kosten en mogelijk andere risico's op tafel ligt. Het gaat hier om een strategisch advies. Dit is gepresenteerd als een maatregelenroutekaart die leidt naar de voor de desbetreffende situatie relevante maatregelen. Zie §6.4 voor de routekaart.



4 Gevoeligheidsanalyse invoerparameters AERIUS

Dit hoofdstuk beantwoordt de eerste en tweede deelvraag (§3.5.2). Eerst vond er een selectie van vier projecten plaats (§4.1). Daarna werd de eerste deelvraag beantwoord via de inventarisatie van het gehanteerde AERIUS-calculatie proces van Iv-Infra (§4.2). De tweede deelvraag is beantwoord door middel van 160 uur aan uitvoering van een gevoeligheidsanalyse op vijf bouwprojecten (§4.4 beschrijft de methode en §4.5 de analyse van de resultaten).

4.1. Selectie bouwprojecten

In het kader van dit onderzoek zijn er vier bouwprojecten van de afdeling Waterbouw en wegverkeer van Iv-Infra waarvoor een AERIUS-calculatie vereist is geselecteerd voor het bepalen van de gevoeligheid van de invoerparameters. Deze gevoeligheid wordt bepaald in §4.5. De projecten zijn zorgvuldig geselecteerd in samenwerking met Ester Simoons, projectleider AERIUS binnen Iv-Infra, op basis van hun geschiktheid voor een betrouwbare invoerparameteranalyse en voldoende afbakening om binnen een week de invoerparameters te onderzoeken.

Selectiecriteria projecten:

- **Relatief korte projecten:** er is gekozen voor deze richtlijn om de uitvoerbaarheid van de AERIUS-calculaties te waarborgen en het overzicht te bewaren. Relatief korte projecten hebben immers relatief minder materieel.
- **Afgerond qua ontwerp:** als het project afgerond is qua ontwerp is het uitvoeren van een AERIUS-berekening sneller doordat alle activiteiten en het te gebruiken materieel bekend zijn. Het mag ook eerder in het ontwerp, zolang het beschikbare materieel en het uit te voeren werk wel duidelijk zijn.
- **Uitkomst boven de stikstofnorm:** als het project een afgeronde AERIUS-calculatie bevat, moet de stikstofdepositie op ten minste één Natura-2000 gebied rekenpunt boven de norm uitkomen.

Geselecteerde projecten:

- **Dokhaven Aanvaarbeveiliging**
Projectkeuze: De opdrachtgever van dit project heeft de eigenschappen van het materieel en de verplaatsingen beschreven om een AERIUS-berekening gemakkelijk te maken.
- **Hopper losplaats Mississippihaven**
Projectkeuze: Dit project is klein en omsloten door de Natura-2000 gebieden.
- **Meer en Geerweg**
Projectkeuze: De Meer en Geerweg is een project waar een AERIUS-berekening voor gemaakt is.
- **Rotonde N216 Goudriaan**
Projectkeuze: Het is een groter project met eveneens als de Hopper losplaats een al uitgevoerde AERIUS-calculatie die direct overgenomen kon worden.

Zie Figuur 11, Figuur 12, Figuur 13 en Figuur 14 in §4.4 voor de situatietekeningen van deze projecten.



4.2. Inventarisatie AERIUS-Proces Iv-Infra

Ter beantwoording van de onderzoeksdeelvraag “Hoe kan het ontwerp van een bouwproject bij Iv-Infra worden verwerkt tot output van een AERIUS-berekening?” (§3.5.2), is een inventarisatie van het werkproces omtrent AERIUS-calculaties binnen Iv-Infra opgesteld. Om deze reden vond er op 7 februari 2023 een interview met de AERIUS-expert van de Waterbouwafdeling van Iv-Infra plaats. Het interview is toegevoegd als bijlage 1. Uit dit interview volgen de stappen binnen het calculatieproces van ontwerp naar stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden via de AERIUS-calculator zoals gehanteerd binnen Iv-Infra. Deze stappen zijn bijgevoegd als Bijlage 2: Stappen uitvoering AERIUS-calculaties binnen Iv-Infra. De stappen zijn bijgevoegd als bijlage in plaats van hier in het rapport vanwege het uitgebreide proces.

4.3. Inputs en outputs AERIUS

Via het AERIUS-proces van §4.2 wordt er via een aantal stappen van begininformatie (input) eindinformatie (output) gevormd. Hieronder worden de mogelijke begininformatiebronnen en wat de output is gegeven.

Input (zie Figuur 4):

- Periode uitvoering;
- Vlak-, lijn- of puntelement mobiele werktuigen;
- Activiteiten werktuigen;
- Type werktuigen;
- Brandstof;
- Bouwjaar;
- Vermogen;
- SCR;
- Gemiddelde belasting;
- Duur toepassing;
- Lengte vervoerbewegingen
- Type vervoer;
- Wegvervoerbewegingen per jaar;
- Wegvervoer in oponthoud;
- CEMT-klasse transport water;
- Watervervoerbewegingen per jaar;
- %Belast wateraanvoer;
- %Belast waterafvoer.

Uitvoering:
Startdatum
Einddatum
Periode
Werkduur

2024
1-1-2024
1-1-2026
104 weken
524 werkdagen (excl. Eventuele vrije dagen)

werkuren per dag 8

Page 1

Activiteit	Type werktuig	Categorie	Brandstof	Bouwjaar	Vermogen (KW)	Selective catalytic reduction (SCR)	Gemiddelde belasting (%)	Brandstofverbruik (l/uur)	AdBlue verbruik (l/uur)	duur toepassing (dagen)	A
Divers	Handgereedschappen	Stage-IV, <=56KW, SCR, Ja	diesel	2018	10 Ja	10 Ja	35%	2	0	3	1
Divers	Tractoren / luchthamers / Veegwagens	Stage-IV, <=56KW, SCR, Ja	diesel	2018	50 Ja	50 Ja	35%	5	0	28	1
Divers	Dumpers / vrachtwagens / Kipwagens	Stage-IV, <=56KW, SCR, Ja	diesel	2018	155 Ja	155 Ja	45%	15	0	97	1
Divers	Tractor zwaar	Stage-IV, 75-560KW, SCR, Ja	diesel	2018	85 Ja	85 Ja	35%	8	1	14	1
Divers	Hydraulische graafmachines / Wiellaadschors	Stage-IV, 75-560KW, SCR, Ja	diesel	2018	125 Ja	125 Ja	35%	12	1	1890	1

Figuur 4: Voorbeeld inputstroom Exceltemplate voor input AERIUS.



Output (zie bijlage 7 voor de outputs in dit onderzoek):

- Overzicht berekening;
- Emissiebronnen met bijbehorende emissie van NH₃ en NO_x;
- Situatiekaart;
- Projectberekeningresultaten volgens WnB;
- Projectberekeningresultaten op basis van eigen rekenpunten;
- Uitgebreide verslaggeving van emissieronnen;
- Gehanteerde rekenbasis.

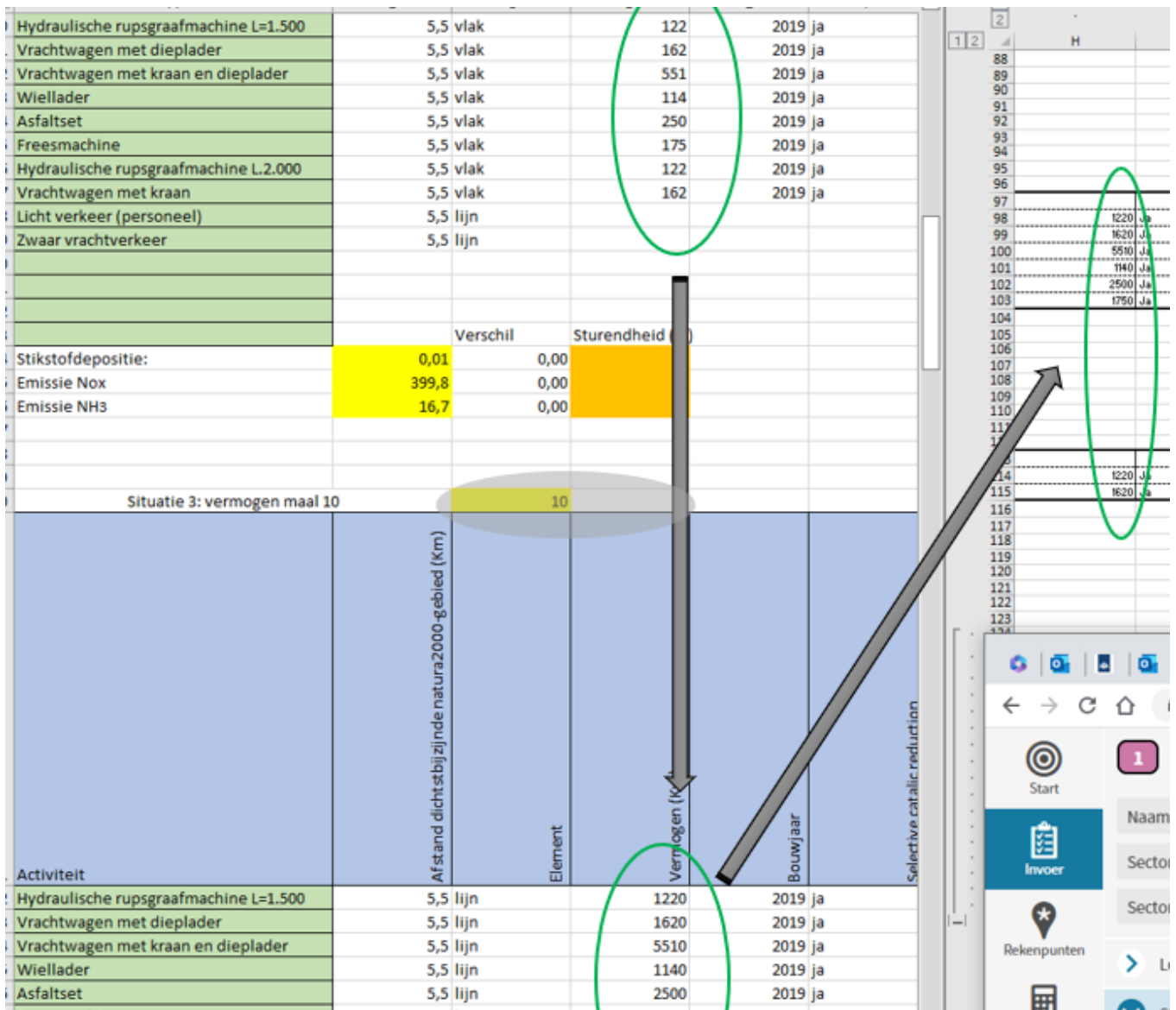
4.4. Methode gevoeligheidsbepaling invoerparameters

Referentiesituatie

Voor elk van de in §4.1 geselecteerde bouwprojecten zijn er een reeks AERIUS-calculaties uitgevoerd met per bouwproject een nul-calculatie. In deze nul-calculaties waren alle invoerparameters direct vanaf het ontwerp afkomstig zonder rekening te houden met de stikstofuitstoot. De uitkomst van deze AERIUS-calculaties worden verder aangeduid als referentiestikstofdepositie. Indien het resultaat van de nul-calculatie onder de stikstofdepositienorm uit kwam, dan werd de uitvoeringsperiode vermenigvuldigd met een factor die het resultaat boven de stikstofdepositienorm uit liet komen. Het doel was de wijzigingen die op de referentiestikstofdepositie uitgevoerd werden meetbaar te maken en de mogelijkheid om een factor toe te passen te waarborgen. Meer over deze wijzigingen in de opvolgende alinea.

Wijzigingssituatie

Voor elk van de bouwprojecten is er een reeks wijzigingen van invoerparameters uitgevoerd die afhankelijk van het project en invoerparameter telkens één invoerparameter van de nul-calculatie wijzigt met een factor. Deze wijziging is per invoerparameter per project één maal uitgevoerd. De factor waarmee de invoerparameter gewijzigd werd, is opvolgend aangeduid als wijzigingsfactor. Een voorbeeld invoerwijziging is geïllustreerd in Figuur 5, Figuur 6 en Figuur 7 en toegevoegd als totaalschakeling in bijlage 3. Figuur 5 laat zien hoe de wijzigingsfactor ingevuld wordt in het AERIUS template. In dit geval is er een wijzigingsfactor van 10 toegepast op de invoerparameter vermogen wat resulteert in een factor 10 vermenigvuldiging van het vermogen voor elk van de activiteiten vanaf de referentiesituatie. Deze wordt vervolgens ingevuld in het AERIUS-template van Iv-Infra.



Het template berekende op basis van de gewijzigde waarden automatisch de AERIUS-input die opvolgend in AERIUS ingevuld werd, zoals zichtbaar in Figuur 6.



1140 Ja	100%	292,25	8,77	2,99	1	24	6.987	209	Stage-V	>=560	BIC
2500 Ja	100%	640,26	19,21	2,03	1	16	10.490	311	Stage-V	>=560	BIC
1750 Ja	100%	448,34	13,45	0,78	1	6	2.993	84	Stage-V	>=560	BIC
									Subtotaal		
									24732	2238	
									37		
									24712	2238	
									33		
									445677	13357	
									1383	445877	13357
									1383	445877	13357

Totaal per type werktuig	Gebruiksdur	Brandstofver	AdBlue	Totaal per type werktuig	Gebruiksdur	Brandst	AdBlue
Stage-V, >=2019, 75-560 kW, SCR-Ja	1903	445077	13357	Stage-IV, 75-560 kW, SCR-Ja	473	16147	4842
Totaal	1903	445077	13357	Totaal	473	16147	4842

calculator.aerius.nl/wnb/source/1

Lijnbron

Naam: 167-042-00015

Sectorgroep: Mobilele werktuigen

Sector: Bouw, Industrie en Delfstoffenw

Locatie

Stageklasse, brandstofverbruik en draaluren

Mobiel werktuig

Beschrijving: KV15 - Irriten Stage-V, 75-560 kW

Stageklasse: Stage-V, >=2019, 75-560 kW

Brandstofverbruik: 27096 l/j

Draaluren: 33 u/j

812 l/j

Figuur 6: AERIUS-input invullen in de AERIUS-calculator (RIVM, 2023). De vervolgstap hiervan is weergegeven in Figuur 7.

Vervolgens werd de AERIUS-calculatie uitgevoerd en de geïnventariseerde uitkomst ingevuld in de AERIUS-uitkomsten Excel (Figuur 7). Voor deze laatste stap was per project gekeken naar hetzelfde rekenpunt ter waarborging van betrouwbaarheid.

Activiteit	Afstand dichtbijzijnde	Element	Vermogen (kW)	Bouwjaar	Selectie catalytic reduction
Hydraulische rupsgraafmachine L=1.500	5,5 lijn	1220	2019 ja		
Vrachtwagen met dieplader	5,5 lijn	1620	2019 ja		
Vrachtwagen met kraan en dieplader	5,5 lijn	5510	2019 ja		
Wielplader	5,5 lijn	1140	2019 ja		
Asfaltset	5,5 lijn	2500	2019 ja		
Freemachine	5,5 lijn	1750	2019 ja		
Hydraulische rupsgraafmachine L=2.000	5,5 lijn	1220	2019 ja		
Vrachtwagen met kraan	5,5 lijn	1620	2019 ja		
Licht verkeer (personeel)	5,5 lijn				
Zwaar vrachtwagen	5,5 lijn				

Verskil	Som van de	Percentage (%)
Stikstofdepositie:	0,08	70
Emissie Nox	3110,8	67,80890445
Emissie NH3	48	31,30
		18,74251497

Kritische d - Staafklasse min 1

Lijnbron

Naam: 167-042-00015

Sectorgroep: Mobilele werktuigen

Sector: Bouw, Industrie en Delfstoffenw

Locatie

Stageklasse, brandstofverbruik en draaluren

Mobiel werktuig

Beschrijving: KV15 - Irriten Stage-V, 75-560 kW

Stageklasse: Stage-V, >=2019, 75-560 kW

Brandstofverbruik: 27096 l/j

Draaluren: 33 u/j

812 l/j

Figuur 7: Uitkomst AERIUS-noteren in de AERIUS-uitkomsten Excel.

Behandelde invoerparameters gevoeligheidsanalyse

Deze wijzing is bij alle vier de bouwprojecten en een fictief bouwproject uitgevoerd voor een selectie van de invoerparameters. Alle invoerparameters die gewijzigd worden voor de uitvoering van dit onderzoek zijn



direct onder deze alinea opgesomd. De selectie vond plaats op de eis dat het een veranderlijke is voor de AERIUS-output en dat de invoerparameter mogelijk de uitkomst van een AERIUS-calculatie beïnvloed. Onder de opsomming staat uitgelegd wat heeft geleid tot de beoordeling van een mogelijke beïnvloeding van de AERIUS-uitkomst. Op dat punt in het onderzoek was de praktijk minder relevant, vandaar dat er enkel naar die twee criteria/eisen gekeken is. In H5 werd de hier vergaarde theorie aangevuld met de mogelijkheden in de praktijk. Onder de opsomming is de uitvoering van de AERIUS-calculaties schematisch afgebeeld ter verduidelijking (Figuur 8).

Selectie van invoerparameters:

1. Afstand tot dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied van de transportbewegingen;
2. Punt-, lijn- of vlakelement;
3. Vermogen;
4. Bouwjaar;
5. Gemiddelde belasting;
6. Selective catalic reduction;
7. Duur toepassing;
8. Lengte lijnelement wegvervoer;
9. Wegvervoerbewegingen;
10. Wegvervoer in file/oponthoud;
11. Lengte lijnelement watervervoer;
12. Watervervoerbewegingen;
13. % Belast watervervoer;
14. % Belast waterafvoer.

In totaal 14 parameters.

Afstand tot Natura-2000 gebied:

De AERIUS-calculator van februari 2023 legt een grens voor het berekenen van verkeer bij 5 km tot de rekenpunten vanwege dat die vanaf dat punt niet meer van te onderscheiden is van de achtergrondconcentratie. Ook is de afstand tussen de bron en het rekenpunt een depletiefactor. (Fung-A-Loi et al., 2023). Uit het wijzigen van deze parameter kon blijken hoe relevant dit is voor tussenliggende afstanden.

Vermogen:

AERIUS berekent de emissies van mobiele werktuigen met een dieselmotor op basis van stageklassen. Deze stageklassen worden bepaald op basis van vermogen en bouwjaar (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2020). Hierbij is bouwjaar de grootste factor (Dieselnet, 2021).

Brandstof:

De parameter brandstof heeft de grootste gevoeligheid. Als bijvoorbeeld de parameter diesel vervangen wordt voor de parameter elektrisch of waterstof dan wordt er bij het gebruik van het desbetreffende materieel geen stikstof uitgestoten (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022). Om deze reden werden elektrisch en waterstof uitgesloten als invoerparameter bij het onderzoek, maar later wel meegenomen als mogelijke maatregel. Biodiesel is geen invoeroptie vandaar wordt die niet meegenomen in dit onderzoek.



Bouwjaar:

Bouwjaar heeft dezelfde redenatie als de invoerparameter “vermogen”.

Gemiddelde belasting:

Om correct brandstofverbruik te indexeren is het ook belangrijk om te weten welk percentage van het vermogen gebruikt wordt. Dit percentage staat standaard op 35% in een AERIUS-berekening (Ligterink, Dellaert, & Mensch, AUB (AdBlue verbruik, Uren, en brandstofverbruik): een robuuste schatting van Nox en NH3 uitstoot van mobiele werktuigen, 2021). Als een apparaat meer of minder intensief gebruikt wordt dan de norm, verandert dit percentage. Dit percentage heeft geen invloed op de stageklasse zoals vermogen dat heeft. Vandaar waren beide parameters geïmplementeerd in het onderzoek.

Selective catalic reduction:

De selective catalic reduction (SCR) is ontwikkeld om stikstof te reduceren (Han et al., 2019; Diesel Technology Forum, 2015; Kijlstra, Brands, Smit, Poels, & Blik, 1997). Voorgaand aan dit onderzoek was de hypothese dat dit de meest sturende invoerparameter is (zie bijlage 1 en 4). Voor het testen van de invoerparameters is dit zeer relevant, tijdens het opstellen van de mogelijke maatregelen (H5) zal deze waarschijnlijk samenvallen met de brandstof.

Duur toepassing:

Op voorhand was het de hypothese dat de duur van de toepassing evenredig met de uitstoot zou moeten lopen. Met het testen van deze parameter wordt die hypothese getoetst.

Lengte lijnelement wegvervoer:

Des te langer het lijnelement voor het vervoer is, des te meer afstand het verkeer aflegt en daarmee ook meer stikstof uitstoot.

Wegvervoerbewegingen:

Hoe meer vervoerbewegingen plaatsvinden, hoe meer afstand afgelegd wordt en net zoals met de lengte meer stikstof uitgestoten wordt.

Wegvervoer in file/oponthoud:

Indien wegvervoer in de file staat, staan motoren op fossiele brandstof vaak stationair te draaien. Dit veroorzaakt meer stikstofuitstoot.

Lengte lijnelement watervervoer:

Idem als de beoordeling voor het lijnelement wegvervoer.

Watervervoerbewegingen:

Idem als de beoordeling voor wegvervoerbewegingen.



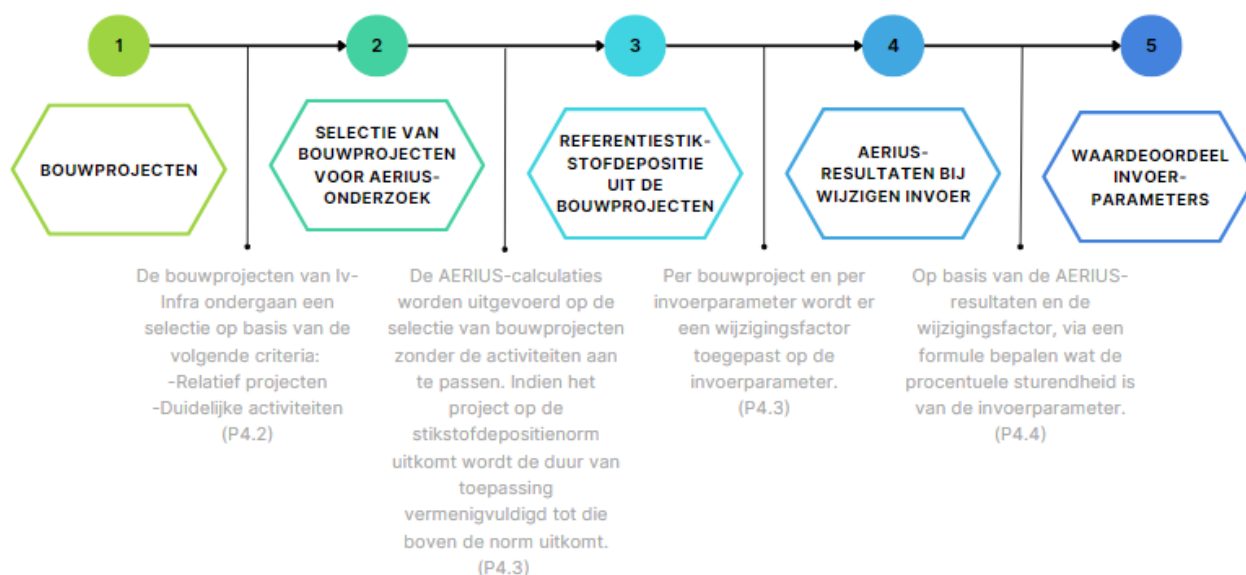
% Belast wateraanvoer:

De ladingstoestand is één van de afhankelijke emissiefactoren waarmee AERIUS rekent (Fung-A-Loi et al., 2023). Hoe dat precies gedaan werd is niet duidelijk. Het doel van deze parametertoets is dit te verduidelijken.

% Belast waterafvoer:

Idem als belast wateraanvoer.

Uitvoering AERIUS-calculaties



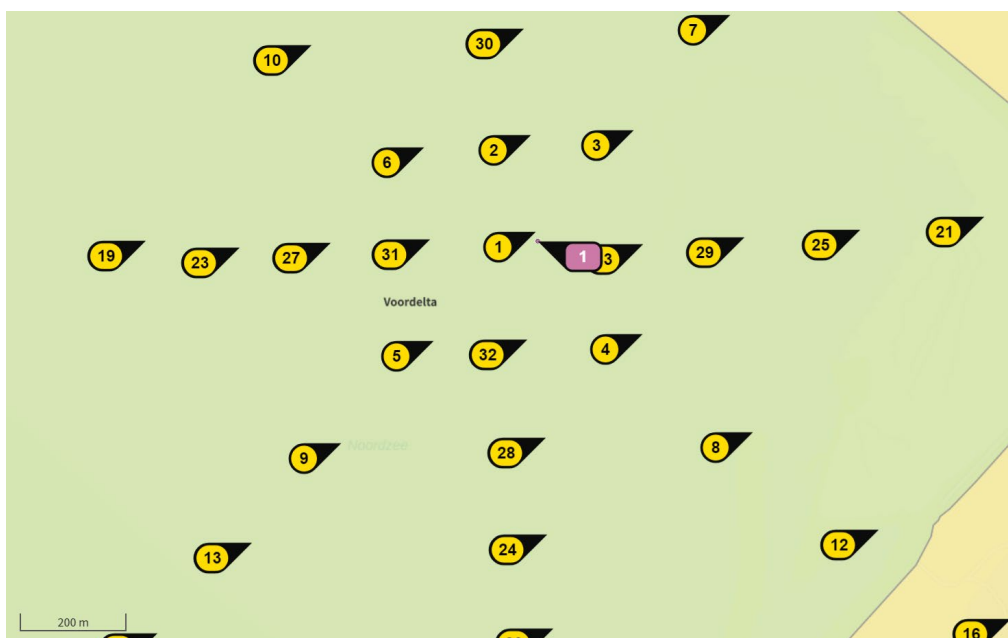
Figuur 8: Uitvoering AERIUS-calculaties.

Uitvoering invoerparameterwijzigingen

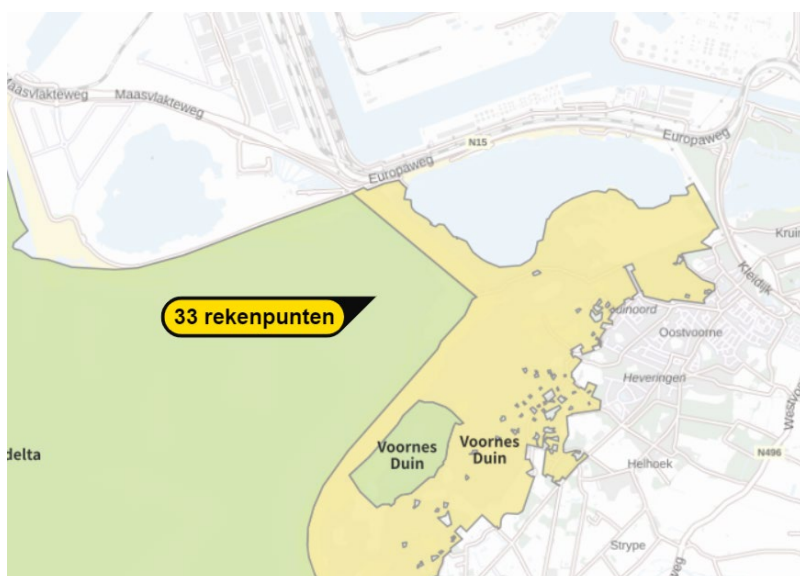
Op elk van de voorgaand benoemde invoerparameters is bij alle vier de behandelde bouwprojecten en het fictieve bouwproject een wijziging uitgevoerd. Op de vier projecten is voorgaand aan dit onderzoek door Iv-Infra een AERIUS-berekening op uitgevoerd. Deze berekening is lijdend voor de vorming van de referentiesituatie. Ook zijn er drie extra fictieve situaties toegevoegd waarbij er respectievelijk een fictief mobiel werktuig, een fictieve weg en een fictieve watervervoer behandeld zijn. Het uitgangspunt van deze wijziging is de referentiesituatie. De beeldschetsing en leidende redenering voor de keuze van referentiesituatie staat beschreven in deze paragraaf. De opsomming van de uitvoering van de wijziging die bij het project van toepassing zijn en de daaruit voortvloeiende resultaten staan, vanwege de omvang, beschreven in bijlage 5. Er is een samenvattende wijzigingmatrix toegevoegd onderaan deze paragraaf om het overzicht te waarborgen. Een uitgebreidere versie van deze matrix is bijgevoegd als bijlage 6. De PDF-exports van de uitgevoerde AERIUS-calculaties om tot de juiste depositiewaarden te komen zijn bijgevoegd in bijlage 7.

Fictieve situatie:

Ter vaststelling van de projectonafhankelijke gevoeligheid van de invoerparameters was er gekeken naar een fictief mobiel werktuig met een aantal zelfbepaalde rekenpunten. Deze rekenpunten zijn in de noord-, zuid-, oost- en westrichting ingetekend op een afstand van ongeveer 200 meter van elkaar. Ook waren er tussen elk van deze 4 richtingen tussenliggende rekenpunten toegevoegd om de noordoost-, noordwest-, zuidoost- en zuidwestrichting te calculeren. Dit om de afstand en richting met de hoogste stikstofdepositie te bepalen. In totaal zijn er 33 rekenpunten toegepast. Er was gekozen voor het Natura-2000 gebied Voordelta om de fictieve rekenpunten reëel te houden door middel van zijn grootte en omliggende natura-2000 gebieden. Hieronder in Figuur 9 is de situatie met rekenpunten afgebeeld. In het opvolgende figuur (Figuur 10) is de locatie zichtbaar. Uit situatie 7 van het fictieve project bleek dat het gebied ten noordoosten de meeste stikstofdepositie ondervindt, daarna het oosten en opvolgend het noorden. Situatie 1 waarbij het project 2 km in elke windrichting verplaatst wordt (4 berekeningen) bevestigt dit.



Figuur 9: Kaart fictieve situatie met rekenpunten (RIVM, 2023).

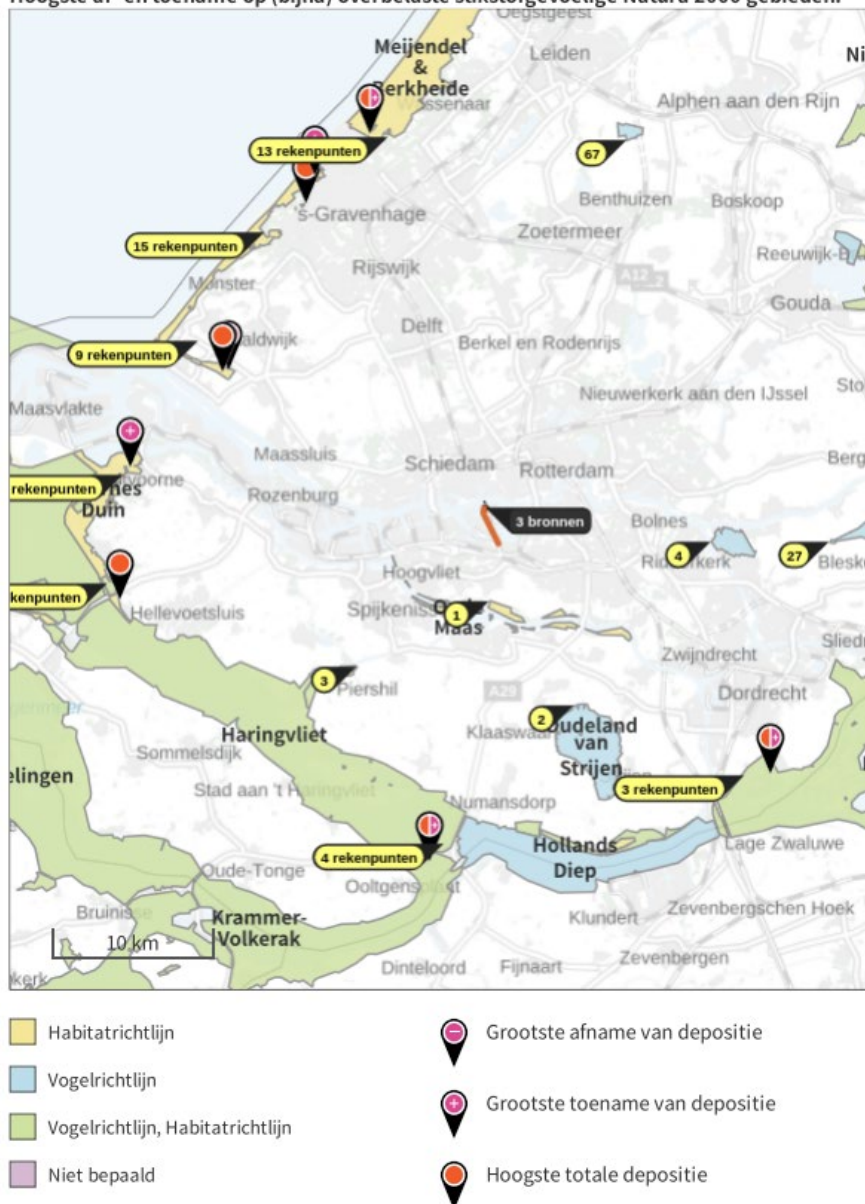


Figuur 10: Kaart locatie fictieve situatie (RIVM, 2023).

Dokhaven Aanvaarbeveiliging (Dh Ab):

Uit de referentiesituatie (Dh Ab refsit in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing) bleek dat het project onder de stikstofdepositienorm uit kwam. Vandaar is de toepassingsduur maal 20 gedaan voor dit onderzoek. Hieruit kwam een stikstofdepositiewaarde van 0,01 mol N/ha/jr op een rekenpunt in het Natura2000-gebied de Oude Maas, wat op 4 km afstand ligt. De toepassingsduur van 100 werkdagen wordt in dit onderzoek toegepast als referentiesituatie voor dit bouwproject. Voor een schetsing van de situatie is sit2 met omliggende Natura-2000 gebieden in Figuur 11 in beeld gebracht. Sit2 geeft een beter beeld van de geografische relatie tussen het project en de omliggende Natura-2000 gebieden dan de referentiesituatie.

Hoogste af- en toename op (bijna) overbelaste stikstofgevoelige Natura 2000 gebieden.

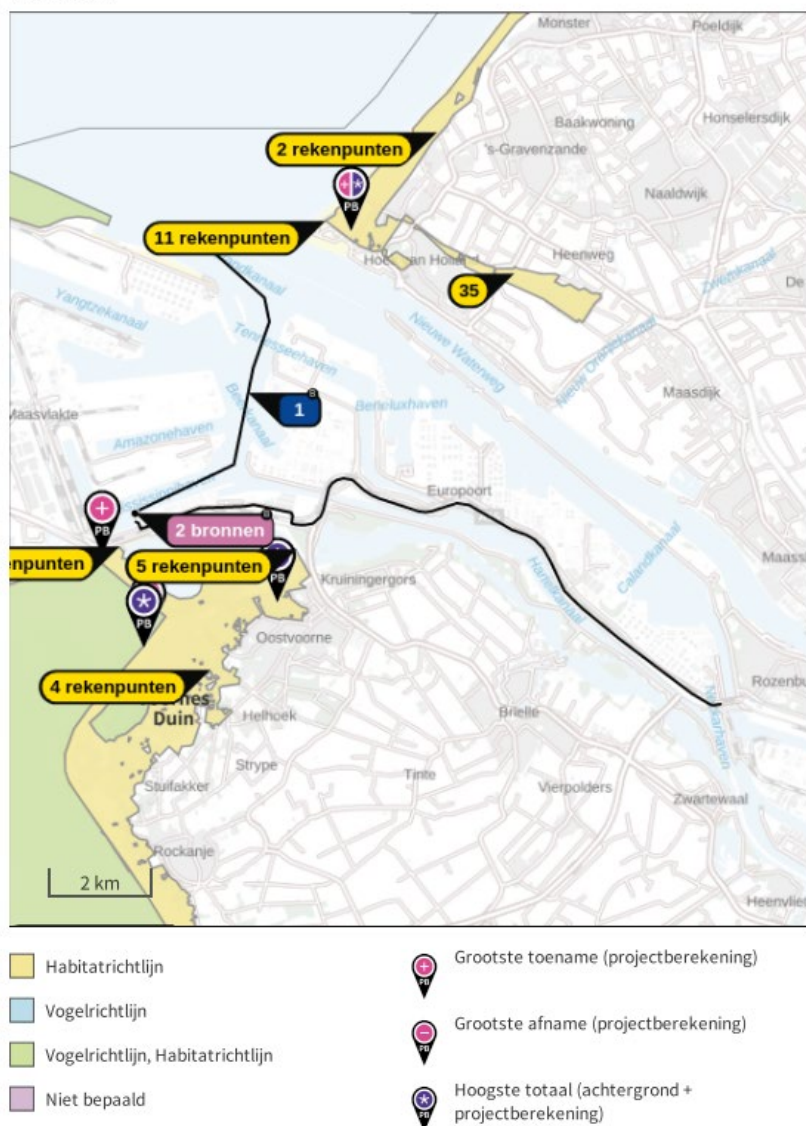


Figuur 11: Kaart Dh Ab sit2 met omliggende Natura-2000 gebieden (RIVM, 2023).

Hopperlosplaats (HLplaats):

De Hopperlosplaats heeft een aantal stikstofdepositiereducerende stappen doorlopen binnen het ontwerp. Desalniettemin resulteert het project alsnog in een stikstofdepositie van 0,13 mol N/ha/jr op het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied (zie HLplaats Refsit in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing). Deze situatie kan onbewerkt blijven voor de invoerparametertoetsing vanwege de hoge meetbaarheid van de impact op de stikstofdepositie. Het projectgebied is omsloten door Natura-2000 gebieden zoals zichtbaar in Figuur 12.

Hoogste af- en toename op (bijna) overbelaste stikstofgevoelige Natura 2000 gebieden.



De letters bij de bronlabels op de kaart geven bij welke type situaties de bronnen horen: beoogde situatie (B), referentiesituatie (R) en/of salderingssituatie (S).

Figuur 12: Kaart HLplaats refsit met omliggende Natura-2000 gebieden (RIVM, 2023).

Meer- en Geerweg (MenG weg):

Het Excel overzichtsbestand van in te zetten materieel en het GML-bestand van de Meer- en Geerweg zijn direct overgenomen voor het onderzoek. Er was geen verdere aanpassing noodzakelijk. Zie Figuur 13 voor de situatie.

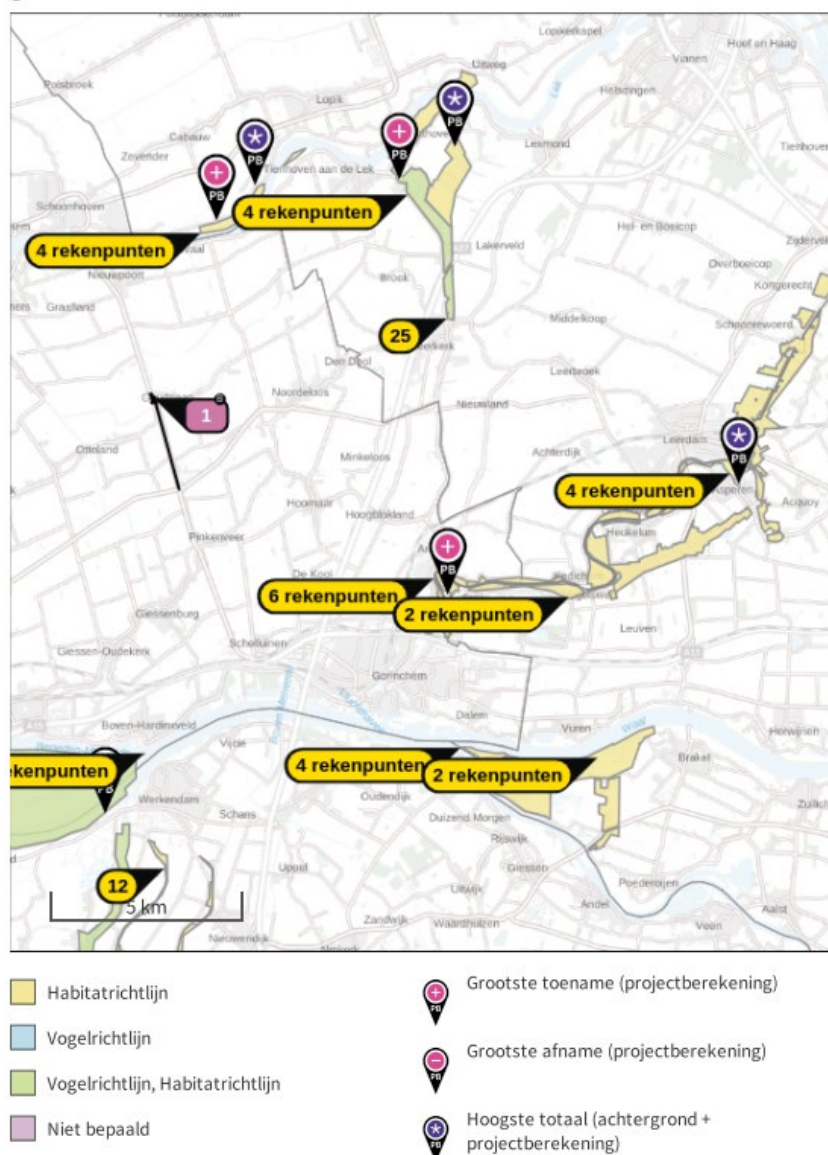


Figuur 13: Kaart MenG weg refsit met omliggende Natura-2000 gebieden.

Rotonde N216 Goudriaan (Rotonde N216):

Deze situatie en berekeningen zijn, net als bij de Meer- en Geerweg, overgenomen van het Excel overzichtsbestand van in te zetten materieel en het GML-bestand van de Rotonde N216 Goudriaan. Het gaat hier om een meerjarig project dat binnen 1 jaar is uitgerekend waardoor de stikstofdepositie van 0.03 mol N/ha/jr in realiteit 0.01 zou moeten zijn. Voor de uitvoering van de gevoeligheidsanalyse van de invoerparameters is dat niet relevant en wordt de situatie met een stikstofdepositie van 0.03 mol N/ha/jr gehanteerd. Dit project is omsloten door Natura-2000 gebieden (zie Figuur 14) waardoor er ook een indicatie van de correlatie tussen windrichting en stikstofdepositie geboden werd. Als het Natura-2000 gebied in de zuidoostelijke windrichting van het project ligt, dan is de stikstofdepositie hoger dan de gebieden die meer naar een andere windrichting liggen.

Hoogste af- en toename op (bijna) overbelaste stikstofgevoelige Natura 2000 gebieden.



Figuur 14: Kaart project rotonde N216 Goudriaan met omliggende Natura-2000 gebieden.

Uitkomsten parameterwijzigingen

Hieronder is een tabel met de uitgevoerde wijziging en de resulterende stikstofdepositie en -emissie toegevoegd (Tabel 1). De tabel is ook uitvergroot zichtbaar in bijlage 5 waarin ook de gegevens van §4.5 toegevoegd zijn. De uitkomsten van de wijziging werden per project voor elke emissie/depositie variant vergeleken. Dit is gedaan ter beeldvorming en het gemakkelijk visualiseren van de resultaten in tabelvorm. Deze vergelijking is uitgedrukt door middel van de conditionele formatting functie van Excel. De stikstofdepositie is rood, de NO_x-emissie blauw en de NH₃-emissie oranje gekleurd. Deze waarden waren nog niet gecorrigeerd. Deze correctie en redenatie is opvolgend weergegeven in §4.5.



Project	Fictieve situatie				Aanvaarbeveiliging Dokhaven Rotterdam				Hopperlosplaats				Meer en Geerweg				Rotonde N216 Goudriaan			
Invoerparameterwijziging	Resultaat				Resultaat				Resultaat				Resultaat				Resultaat			
	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3
Refsit		0,35	17,2	1,9		0,01	1101,1	2,8		0,13	227,1	0,4		0,01	399,80	16,70		0,03	446,2	47,7
Afstand tot Natura-2000 gebied																				
Vermogen	x100	64,89	5524,8	176,2	x10	0,07	8175,1	27,1	10	1,27	2147,6	4	10	0,08	3110,80	48,00	10	0,42	10000	5
Element	x1	0,98	17,2	1,9	->[]	0,01	1101,1	2,8	1	0,13	227,1	0,4	1	0,01	399,8	16,7	1	0,03	446,2	47,7
Stageklasse 1 trap omlaag	-1	0,37	17,4	1,9	-1	0,01	1173,8	2,9	-1	0,28	480,5	0,9	1	0,01	400,2	16,7	-1	0,09	1674	50,1
Gemiddelde belasting	x2,5	0,82	35,6	4,4	x2,5	0,01	1757,2	6,7	2,5	0,31	524,5	1	1,33333	0,01	432,2	18,2		0,06	782,4	91,8
Selective catalic reduction	Geen	2,26	260,1	1,9	Geen	0,01	1406	2,8	Geen	0,15	267,2	0,6	1	0,02	944,9	16,7	Geen	0,29	6662,2	47,7
Duur toepassing	x100	36,61	1734,9	186,2	x2,5	0,02	2778,6	7	10	1,29	2177,9	4,1	3	0,02	727,2	30,7	10	1,54	33200	500,6
Lengte lijnelement wegvervoer					x4	0,01	1102,6	2,9	10	0,13	305,7	0,4	10	0,02	2941,8	124	8	0,03	449,8	48
wegvervoerbewegingen					x40	0,01	1120	4	1000	0,16	316,7	5,5	1000	4,84	282500	11900	1000	0,05	951,1	85
wegvervoer in file/oponthoud					x20	0,01	1101,4	2,8	+100	0,13	227,2	0,4	20	0,01	509,1	16,8	20	0,03	446,6	47,8
Lengte lijnelement watervervoer					x50	0,01	1112,6	2,8	10	0,13	305,7	0,4								
Watervervoerbewegingen					x1000	0,01	1335,6	2,8	1000	0,27	8952,9	0,4								
% Belast waterafvoer					x1,25	0,01	1101,1	2,8	Alles naa	0,13	227,1	0,4								
% Belast waterafvoer					x2,5	0,01	1101,1	2,8	Alles naa	0,13	227,1	0,4								
% Totale waterafvoer									7	0,13	233	0,4								

Tabel 1: Tabel met parameterwijzigingen op de behandelde projecten en daaruit voortvloeiende resultaten.

4.5. Gevoeligheid invoerparameters

Om de invloed van de verschillende parameters te bepalen en vergelijken is de onderstaande formule gebruikt zodat deze procentueel met elkaar vergeleken konden worden. Deze formule bepaalt aan de hand van de geïnventariseerde AERIUS-uitkomsten en de wijziging van invoerparameters, een procentueel verband tussen de wijziging van een parameter en de impact op de stikstofdepositie-uitkomst. Voor het bepalen van de formule is er rekening gehouden met de referentiestikstofdepositie, stikstofdepositie en wijzigingsfactor. De formule start met de stikstofdepositie zoals berekend na de wijziging van de parameter, dit te delen door de referentiestikstofdepositie, vervolgens te delen door de wijzigingsfactor en dan maal 100. In deze formule is de wijzigingsfactor de veranderlijke waarmee de invoerparameter gewijzigd is. Indien er een niet-getal parameter (bijvoorbeeld ja of nee) gewijzigd wordt, dan wordt er een wijzigingsfactor van 1 gehanteerd. Hieronder is de formule uitgedrukt.

Berekening gevoeligheid invoerparameter: $(\text{ssdip-rssd})/\text{rssd}/\text{wf} \times 100 = \% \text{gp}$

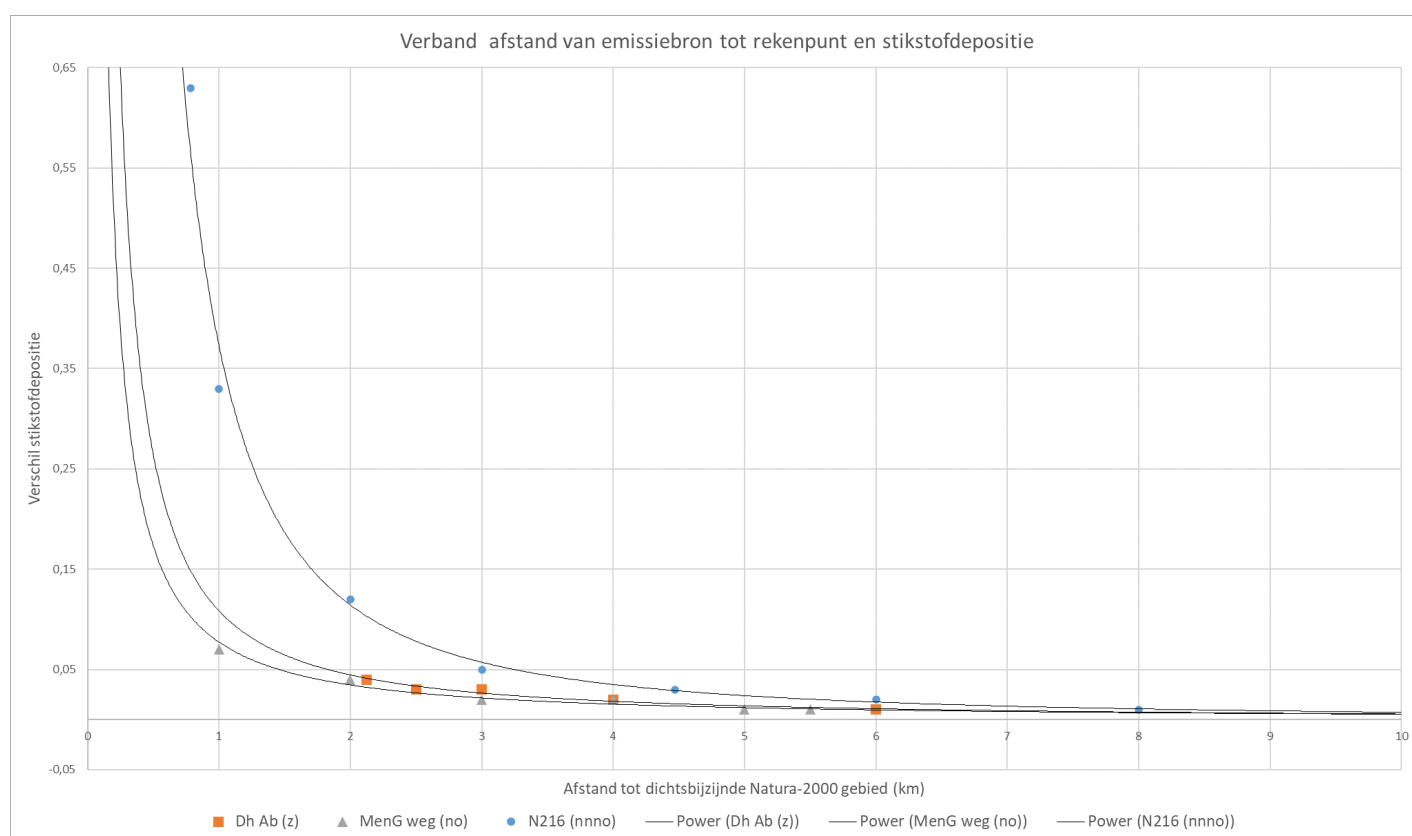
Met:

- Stikstofdepositie invoerparameter: ssdip
- Referentiestikstofdepositie: rssd
- Gevoeligheid parameter: gp
- Wijzigingsfactor: wf

Het verband van deze formule is getest op correlatie tussen invoerwijziging en uitkomst. Dit door middel van het per parameter invullen van een opbouwende reeks wijzigingsfactoren. Hiermee werd er op een betrouwbare manier (bijlage 8) besloten of de uitkomsten en invoerwijziging een verband tonen en welk verband dat is. Bij het vaststellen van een lineair verband wordt er vastgesteld dat de invoerwijziging lineair verloopt in correlatie met de uitkomst van stikstofdepositie en dat de wijzigingsfactor in bovenstaande formule juist toegepast is. De opbouwende reeks wijzigingsfactoren van 2, 4, 8, 16 en 32 is toegepast op alle mogelijke invoerparameters bij het project "Aanvaarbeveiliging Dokhaven Rotterdam". Een niet mogelijke invoerparameter voor wijzigingsfactorreeks is bijvoorbeeld SDR vanwege dat die wel of niet toegepast wordt. Het verband met de hoogste Betrouwbaarheidswaarden de formule van dit verband tussen de wijzigingsfactor en uitkomst zijn, samen met de grafieken met trendlijn, opgesomd in bijlage 9. Hieruit vielen vanwege onzekerheden in de gegevens, onvoldoende data en invoerparameters met weinig impact een aantal invoerparameters af van de test. Om deze reden was er voor de invoerparameters "gemiddelde belasting" en "duur tijd" ook naar het project "Hopperlosplaats" gekeken. Op deze manier was er met

zekerheid bepaalt dat de invoerparameters “gemiddelde belasting”, “duur tijd”, “Afstand tot dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied” en “Vermogen” een lineair verband hebben tussen de wf en stikstofdepositie-uitkomst en is daarmee de juistheid van het gebruik van de formule voor die parameters vastgesteld.

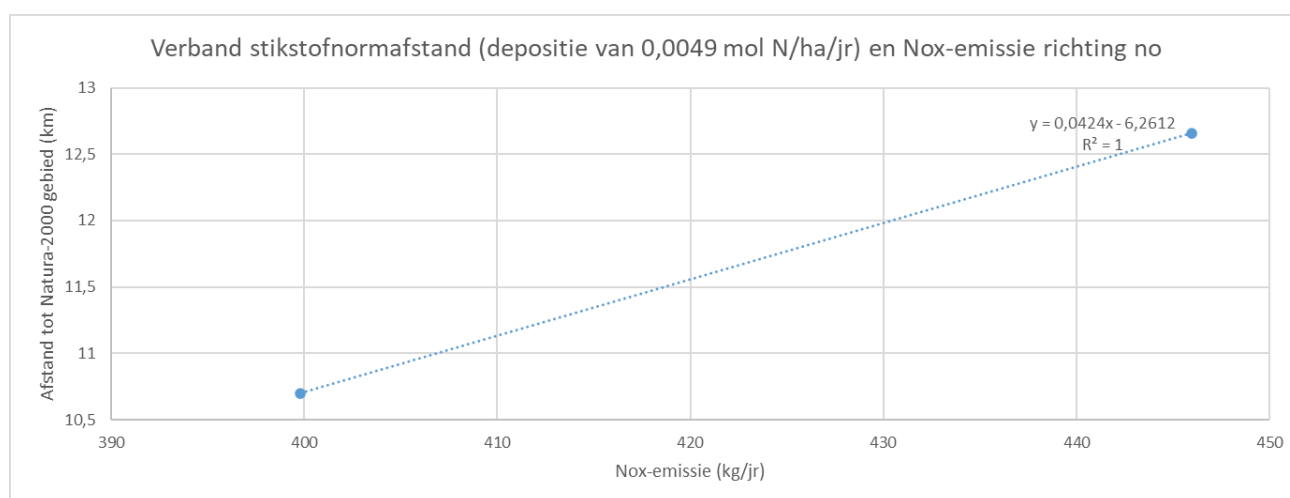
Uit het vaststellen van het verband tussen de invoerwijziging en afstand tot het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied bleek het te gaan om een kwadratisch verband. Hierom kan de formule voor het waardeoordeel niet gebruikt worden en dus niet op deze wijze vergeleken worden met de andere invoerparameters. Vandaar dat er voor de invoerparameter “Afstand tot het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied” een andere aanpak is gebruikt. Deze andere aanpak is een gevoeligheidsanalyse van de totale afstand. De gevoeligheid is beoordeeld door de afstand bij de 5 projecten steeds een kilometer te veranderen en daar een kwadratische trendlijn aan toe te voegen. De resultaten zijn uitgedrukt in de onderstaande grafiek (Figuur 15). In dit figuur zijn de stikstofdeposities verschillend per project aangezien de emissie ook verschilt. In bijlage 9 is een grafiek toegevoegd die de kwadratische trendlijn per project laat zien van deze invoerparameter samen met een uitgebreidere redenatie voor dit pad. Hieruit bleek ook dat er geen stikstofdepositie plaatsvond op het puntelement waar het project de emissie veroorzaakt. pas bij een geringe afstand tussen het bronelement en het rekenpunt berekend AERIUS de stikstofdepositie.



Figuur 15: Verband afstand tot rekenpunt en stikstofdepositie.

Ook is er een verband tussen de emissie en de afstand gemaakt waarbij er per project een afstand gehanteerd werd die de stikstofdepositiewaarde net onder de norm uit liet komen (0,0049 mol N/ha/jr). Dit

verband werd bepaald door een lijn van 0,0049 toe te voegen aan de grafiek uit Figuur 15, een kleur te geven aan elke trendlijn, te bepalen op welke afstand welk project de 0,0049 lijn raakt en vervolgens die data te potten in een grafiek met trendlijn (Figuur 16). In de data is het project Dokhaven Aanvaarbeveiliging verwijderd vanwege de sterk afwijkende windrichting. De grafiek geeft een stikstofnormafstand van 0,0424 km/(kg NOx/jr). De x- en y-as zijn omgedraaid om deze stikstofnormafstand duidelijk af te beelden. De stikstofnormafstand is de minimale afstand van een emissiebron tot een Natura-2000 gebied waarbij de stikstofdepositienorm gehaald wordt.



Figuur 16: Verband stikstofnormafstand en NOx-emissie richting het noordoosten.

De formule is ook toegepast om het gevoeligheidspercentage voor de emissie van NOx en NH₃ te inventariseren. Hierbij zijn ssdip en rssd respectabel vervangen met NOxip en rNOx en nhip en rnh. Vervolgens is het gemiddelde van de vier projecten genomen om een betrouwbaarder beeld te geven van de gevoeligheid. De uit deze formule volgende uitkomsten zijn opvolgend weergegeven in bijlage 5. De resultaten beschrijven een procentuele wijziging van een verhoogde emissie en stikstofuitstoot. De resultaten zijn om die reden omgevormd tot procentuele consequenties van omgekeerde acties volgens de formule: procentuele reductie = $100 - 100/(100 + IW) \cdot 100$ waarin IW staat voor initiële waarde. Dit is zichtbaar in bijlage 5.

Wijziging-, resultaat- en gevoeligheidstabel

Ook zijn de wijziging-, resultaat- en gevoeligheidmatrix bijgevoegd in bijlage 5. In de bijlage is een verband analyse van de stikstofdepositie toegevoegd. In de verband analyse zijn enkel de stikstofdepositiewaarden groter dan 0,01 mol N/ha/jr meegenomen en de 0 waarden uitgesloten ter waarborging van de betrouwbaarheid. In Figuur 17 is enkel de stijginggevoeligheidsuitkomst hiervan geïllustreerd ter beeldvorming. Uit deze analyse blijkt dat er geen correlatie is tussen emissie en stikstofdepositie, maar wel correlatie in de verandering. De correlatie is dat voor elke 180% verandering van NOx-emissie de stikstofdepositie 100% verandert, startend bij een minimum van 20% verandering van NOx-emissie met een Betrouwbaarheidswaarde van 0.922.



Gemiddeld waardeoordeel			
Invoerparameterwijziging	Stijginggevoeligheid (%)		
	Dep	Nox	NH3
Vermogen	106,4	150,2	55,7
Element			
Stagetype	64,2	78,9	26,7
gemiddelde belasting	53,0	32,6	44,3
Selective catalic reduction	305,6	597,4	10,0
Duur toepassing	153,9	201,6	74,5
Lengte lijnelement wegvervoer	2,5	16,8	16,3
wegvervoerbewegingen	12,1	18,6	18,4
wegvervoer in file/oponthoud		0,3	
Lengte lijnelement watervervoer		1,7	
Watervervoerbewegingen	0,1	1,9	
% Belast watervervoer			
% Belast waterafvoer			
% Totale waterafvoer		0,2	

Figuur 17: Gemiddeld waardeoordeel stijginggevoeligheid.



5 Stikstofdepositiereductie

Dit hoofdstuk beantwoordt de derde deelvraag. Deze beantwoording geschiedde door initieel een opsomming van de stijging- en reductiegevoeligheid uit te drukken (§5.1). In deze initiële opsomming waren de gevoeligheden van §4.5 het uitgangspunt. Opvolgend vond er een interview en bureaustudie naar mogelijkheden van de in §5.1 gevormde mogelijkheden plaats (§5.2). Deze mogelijkheden waren vervolgens beoordeeld op basis van effectiviteit (§5.3). De in dit hoofdstuk benoemde resultaten zijn vuistregels. Zie H7 voor de aannames, uitgangspunten en afbakeningen.

5.1. Vermindering stikstofdepositie via invoerparameterwijziging

Uit de gevoeligheidsanalyse in §4.5 bleek dat er 3 inputwijzigingclassificaties in de bouw zijn die veel invloed hebben op de stikstofdepositieuitkomst namelijk: afstand tot Natura-2000 gebied, windrichting van het Natura-2000 gebied en verandering van NOx-emissie. De verlaging van NOx-emissie kan worden bepaald door 1 of meerdere van de volgende invoerparameters: het hanteren van SCR, verlagen van vermogen, verlagen van de toepassingsduur, het verhogen van de stageklasse(s), het verlagen van de gemiddelde belasting en in mindere mate het verkorten van de lengte en het aantal van de vervoerbewegingen. Hieronder zijn de gemiddelde gevoeligheden van de 3 variabelen en invoerparameters opgesomd.

Afstand

Tot 1 km afstand van het Natura-2000 gebied:

- Zeer relevant, elke afstand wijziging verandert de uitkomst.

Tot 2 km afstand van het Natura-2000 gebied:

- Redelijk relevant, locatiewijzigingen zijn preferabel.

Tot 4 km afstand van het Natura-2000 gebied:

- Relevant, als de transportbewegingen naar een grotere afstand verplaatst kunnen worden heeft dat mogelijk impact op de uitkomst.

Tot 8 km afstand van het Natura-2000 gebied of verder:

- Minder relevant, vrijwel nihil impact.

Windrichting

Windrichting richting het Natura-2000 gebied:

- Probeer zo veel mogelijk een directe noordoostelijke windrichting vanuit het project naar het Natura-2000 gebied te vermijden. Vooral voor gebieden tot 8 km is dit relevant.
- Een directe noordelijke of oostelijke windrichting vanuit het project naar het Natura-2000 gebied is relevant tot 4 km.

(De factor windrichting is direct afhankelijk van het jaargemiddelde van de 10 jaar waar AERIUS mee rekent, houdt er rekening mee dat deze adviezen kunnen variëren als AERIUS de gekozen jaartallen verandert (zie bijlage 9).)



Uitstoot

SCR:

- Het hanteren van SCR waar mogelijk bij de vijf behandelde projecten, resulteert gemiddeld in een daling van 86% NOx-emissie (totaal NOx-emissie naar 14%) en een daling van 75% stikstofdepositie (totaal stikstofdepositie naar 25%).

Toepassingsduur:

- De verlagen van de toepassingsduur met een factor, resulteert gemiddeld in een daling van 67% NOx-emissie (totaal NOx-emissie naar 33%) en een daling van 61% stikstofdepositie (totaal stikstofdepositie naar 39%).

Vermogen:

- De verandering van het vermogen met een factor, resulteert gemiddeld in een daling van 60% NOx-emissie (totaal NOx-emissie naar 40%) en een daling van 52% stikstofdepositie (totaal stikstofdepositie naar 48%).

Verhogen van stageklasse(s):

- Het verhogen van een stageklasse bij de vijf behandelde projecten, resulteert gemiddeld in een daling van 44% NOx-emissie (totaal NOx-emissie naar 56%) en een daling van 39% stikstofdepositie (totaal stikstofdepositie naar 61%).

Gemiddelde belasting:

- Het verlagen van de gemiddelde belasting bij de vijf behandelde projecten, resulteert gemiddeld in een daling van 25% NOx-emissie (totaal NOx-emissie naar 75%) en een daling van 24% stikstofdepositie (totaal stikstofdepositie naar 76%).

Deze percentages en de percentages voor een wijziging met een stijgende uitkomst zijn uitgedrukt in Tabel 2. In dit figuur zijn er per uitkomstkolom conditionele datastaven toegevoegd om in een oogopslag te zien welke invoerparameters de meeste impact uitreiken aan de situatie. De 0-waarden zijn buiten beschouwing gelaten.

Gemiddeld waardeoordeel						
Invoerparameterwijziging	Stijginggevoeligheid (%)			Reductiegevoeligheid (%)		
	Dep	Nox	NH3	Dep	Nox	NH3
Vermogen	106,4	150,2	55,7	52	60	36
Element						
Stagetype	64,2	78,9	26,7	39	44	21
gemiddelde belasting	53,0	32,6	44,3	35	25	31
Selective catalic reduction	305,6	597,4	10,0	75	86	9
Duur toepassing	153,9	201,6	74,5	61	67	43
Lengte lijnelement wegvervoer	2,5	16,8	16,3	2	14	14
wegvervoerbewegingen	12,1	18,6	18,4	11	16	16
wegvervoer in file/oponthoud		0,3				
Lengte lijnelement watervervoer		1,7			2	
Watervervoerbewegingen	0,1	1,9			2	
% Belast watervervoer						
% Belast waterafvoer						
% Totale waterafvoer		0,2				

Tabel 2: Gemiddelde gevoeligheid wijziging invoerparameters.



Ook is er een verband tussen de daling van NOx-emissie en daling van de stikstofdepositie met een verbandwaarde van 0.922 (zie bijlage). Voor elke 50% vermindering van NOx-emissie verminderd de stikstofdepositie met 27,5%. Dit dient slechts als een vuistregel gehanteerd te worden vanwege een foutmarge van gemiddeld 30% op de verschillen tussen de uitkomst van NOx-emissie en stikstofdepositie. Deze foutmarge is groot doordat er veel (14) variabelen waren en weinig (5) situaties. Dit percentage van foutmarge blijkt uit het testen van de vuistregel volgens de formule: $100 - (\text{NOx}\% * \text{NOxEmissie})/(\text{depositie}\% * \text{depositie})$ en $|100 - (\text{NOx}\% * \text{NOxEmissie})/(\text{depositie}\% * \text{depositie})|$ met de data van §4.5 die groter is dan 0,01 mol N/ha/jr en de 2 gemiddeldes van de reeks formule-uitkomsten zo laag mogelijk te krijgen door het wijzigen van het depositie%. Wat dit in de praktijk betekent is uitgedrukt in de onderstaande tabel (Tabel 3). Hier zijn de stikstofdepositiewaarden van 0,01 tot en met 0,40 mol N/ha/jr uitgedrukt met de minimum en maximum noodzakelijke wijziging van NOx-emissie om een stikstofdepositiewaarde van afgerond 0,00 mol N/ha/jr te verkrijgen. 0,01 mol N/ha/jr kan bijvoorbeeld 0,005 tot 0,01499 mol N/ha/jr betekenen. Op basis van de tabel kan er gemakkelijker gekeken worden wat een procentuele Nox-emissie reductie op kan leveren. Voor de omrekening van stikstodepositiepercentages naar stikstofemissiepercentages zijn de waarden: $y=0,5^a$ en $x=0,725^a$ gehanteerd waarin y staat voor procentuele wijziging Nox-emissie en x staat voor de procentuele wijziging van stikstofdepositiereductie. a uitgedrukt op basis van x geeft: $a = (-\log(x))/(3 \log(2) + \log(5) - \log(29))$ en y uitgedrukt op x geeft: $y = x^{2,15542}$ (WolframAlpha, 2023). Op basis van de tabel kan er gemakkelijker gekeken worden wat een procentuele NOx-emissie op kan leveren.



Vereiste wijziging Nox-emissie om tot 0,00 mol N/ha/jr stikstofdepositie te komen op basis van de afrondingsbandbreedte							
Stikstofdepositie- uitkomst AERIUS (mol N/ha/jr)	Min stikstofdepositie (mol N/ha/jr)	Max stikstofdepositie (mol N/ha/jr)	Min wijziging depositie bandbreedte (% vereiste reductie depositie)	Max wijziging depositie bandbreedte (% vereiste reductie depositie)	Min wijziging Nox-emissie bandbreedte (% vereiste reductie Nox-emissie)	Max wijziging Nox-emissie bandbreedte (% vereiste reductie Nox-emissie)	
	0,01	0,005	0,01499	0,200	66,711		86,089
	0,02	0,015	0,02499	66,733	80,032	86,088	87,645
	0,03	0,025	0,03499	80,040	85,739	87,648	89,764
	0,04	0,035	0,04499	85,743	88,909	89,766	91,391
	0,05	0,045	0,05499	88,911	90,926	91,393	92,608
	0,06	0,055	0,06499	90,927	92,322	92,609	93,536
	0,07	0,065	0,07499	92,323	93,346	93,537	94,264
	0,08	0,075	0,08499	93,347	94,129	94,264	94,847
	0,09	0,085	0,09499	94,129	94,747	94,847	95,324
	0,1	0,095	0,10499	94,747	95,247	95,324	95,721
	0,11	0,105	0,11499	95,248	95,660	95,721	96,056
	0,12	0,115	0,12499	95,661	96,008	96,057	96,343
	0,13	0,125	0,13499	96,008	96,303	96,344	96,592
	0,14	0,135	0,14499	96,304	96,558	96,592	96,809
	0,15	0,145	0,15499	96,559	96,780	96,809	97,000
	0,16	0,155	0,16499	96,781	96,976	97,000	97,169
	0,17	0,165	0,17499	96,976	97,148	97,169	97,321
	0,18	0,175	0,18499	97,149	97,303	97,321	97,457
	0,19	0,185	0,19499	97,303	97,441	97,457	97,580
	0,2	0,195	0,20499	97,441	97,566	97,580	97,692
	0,21	0,205	0,21499	97,566	97,679	97,692	97,794
	0,22	0,215	0,22499	97,679	97,782	97,794	97,887
	0,23	0,225	0,23499	97,782	97,877	97,887	97,973
	0,24	0,235	0,24499	97,877	97,963	97,973	98,052
	0,25	0,245	0,25499	97,963	98,043	98,052	98,125
	0,26	0,255	0,26499	98,043	98,117	98,125	98,193
	0,27	0,265	0,27499	98,117	98,185	98,193	98,256
	0,28	0,275	0,28499	98,185	98,249	98,256	98,314
	0,29	0,285	0,29499	98,249	98,308	98,315	98,369
	0,3	0,295	0,30499	98,308	98,364	98,370	98,421
	0,31	0,305	0,31499	98,364	98,416	98,421	98,469
	0,32	0,315	0,32499	98,416	98,465	98,469	98,515
	0,33	0,325	0,33499	98,465	98,510	98,515	98,558
	0,34	0,335	0,34499	98,510	98,554	98,558	98,598
	0,35	0,345	0,35499	98,554	98,594	98,598	98,637
	0,36	0,355	0,36499	98,594	98,633	98,637	98,673
	0,37	0,365	0,37499	98,633	98,669	98,673	98,707
	0,38	0,375	0,38499	98,669	98,704	98,707	98,740
	0,39	0,385	0,39499	98,704	98,737	98,740	98,771
	0,4	0,395	0,40499	98,737	98,768	98,771	98,800

Tabel 3: Bandbreedtepercentages vermindering NOx-emissie om tot 0,00 mol N/ha/jr depositie te komen.

5.2. Maatregelen vermindering stikstofdepositie

In deze paragraaf vond een vertaling plaats naar de praktijk van stikstofdepositiereductie tijdens het ontwerp door middel van een opsomming van maatregelen. Deze maatregelen zijn gevormd via een bureaustudie, interviews met experts en met de inzichten vanuit de vorige paragraaf als leidraad. In deze paragraaf zijn de subparagrafen genummerd zodat er gerefereerd kon worden naar de desbetreffende maatregel. In de laatste subparagraaf (5.2.6) werden een aantal van de eerder in deze paragraaf benoemde maatregelen gecombineerd om tot een geavanceerdere maatregel te komen.

5.2.1. Lichter materiaal

Uit de resultaten van §4.5 bleek dat er bij een reductie van vermogen en gemiddelde belasting een stikstofdepositiereductie op zou treden. Vermogen reduceert per wijzigingsfactor 52% en gemiddelde belasting 35%. De resultaten van deze afweging zijn weergegeven in Tabel 4. In de tabel is er voor gemiddelde belasting (gb) en vermogen (v) een beginwaarde van 1 gegeven die per rij veranderd met een



factor (factorverandering). In de opvolgende kolommen is het wijzigingspercentage, stikstofdepostiewijziging en de cumulatieve wijziging van de stikstofdepositiewijziging berekend vanuit de verandering van gb en dt met 1 als startwaarde voor de berekening. Bij het gebruik van lichter materiaal kan deze vermogen-/gemiddelde belastingreductie gerealiseerd worden. Welke hoeveelheden materiaalverlichting welke hoeveelheden vermogen-/gemiddelde belastingreductie verwezenlijken, kan blijken uit opvolgend onderzoek.

Gemiddelde belasting	Vermogen	Wijziging% GB	Wijziging% V	Stikstofwijziging% GB	Wijziging% stikstofdep V	Cumulatief stikstofwijziging%
0,10	0,10	-90	-90	-31,49	-46,79	-78,29
0,11	0,11	-89	-89	-31,02	-46,08	-77,10
0,13	0,13	-87	-87	-30,47	-45,27	-75,75
0,15	0,15	-85	-85	-29,86	-44,36	-74,21
0,17	0,17	-83	-83	-29,15	-43,32	-72,47
0,19	0,19	-81	-81	-28,36	-42,13	-70,49
0,22	0,22	-78	-78	-27,45	-40,79	-68,24
0,25	0,25	-75	-75	-26,42	-39,26	-65,68
0,28	0,28	-72	-72	-25,25	-37,52	-62,77
0,32	0,32	-68	-68	-23,92	-35,54	-59,47
0,36	0,36	-64	-64	-22,41	-33,30	-55,71
0,41	0,41	-59	-59	-20,70	-30,75	-51,45
0,46	0,46	-54	-54	-18,75	-27,85	-46,60
0,53	0,53	-47	-47	-16,53	-24,56	-41,09
0,60	0,60	-40	-40	-14,01	-20,82	-34,83
0,68	0,68	-32	-32	-11,15	-16,56	-27,71
0,77	0,77	-23	-23	-7,90	-11,73	-19,63
0,88	0,88	-12	-12	-4,20	-6,24	-10,44
1,00	1,00	0	0	0,00	0,00	0,00
1,14	1,14	14	14	7,23	14,51	21,74
1,29	1,29	29	29	15,44	31,00	46,44
1,47	1,47	47	47	24,77	49,73	74,51
1,67	1,67	67	67	35,38	71,02	106,40
1,89	1,89	89	89	47,43	95,22	142,65
2,15	2,15	115	115	61,12	122,71	183,84
2,45	2,45	145	145	76,69	153,95	230,64
2,78	2,78	178	178	94,37	189,46	283,83
3,16	3,16	216	216	114,47	229,80	344,27
Factorverandering GB	Factorverandering V					
0,88	0,88					

Tabel 4: Afweging verandering gemiddelde belasting en vermogen. Bepaald op basis van de gevoeligheidsresultaten van §4.4.

5.2.2. Jonger materieel

Om de stikstofdepositie te reduceren kan er gekozen worden om jonger materieel in te zetten. Per stageklasseophoging (zie kopje "Vermogen" in §4.4 voor uitleg omtrent stageklassen)treedt er een vermindering van de stikstofemissie op. Uit de gevoeligheidsanalyse van §4.5 bleek dat het verhogen van alle stageklassen in het werk een gemiddelde stikstofdepositiereductie van 39% oplevert. Ook kan er bij voldoende verhoging van de stageklassen de optie voor toevoeging van AdBlue optreden. Dit resulteert in een vermindering van rond de 85% emissiereductie (zie §5.1).

5.2.3. Strakkere planning

Uit de resultaten van §4.5 bleek dat er bij een reductie van de duur toepassing een stikstofdepositiereductie op zou treden. Nu bleek ook dat deze stikstofdepositiereductie van 61% vermindering mogelijk op zou kunnen wegen tegen de 53% vermeerdering van de vermeerdering van gemiddelde belasting. Bij het



verhogen van de gemiddelde belasting wordt er meer werk in minder tijd verzet en daarmee ook de duur van toepassing verkort. Om deze reden zijn de stikstofdepositiewijzigingen van de wijziging van gemiddelde belasting en de wijziging van duur toepassing tegenover elkaar afgewogen. De resultaten van deze afweging zijn weergegeven in Tabel 5. In de tabel is er voor gemiddelde belasting (gb) en duur toepassing (dt) een beginwaarde van 1 gegeven die per rij veranderd met een factor (factorverandering). In de opvolgende kolommen is het wijzigingspercentage, stikstofdepostiewijziging en de cumulatieve wijziging van de stikstofdepositiewijziging berekend vanuit de verandering van gb en dt met 1 als startwaarde voor de berekening.

Uit de vergelijking van de cumulatieve veranderingen is gebleken dat er een optimum is bij het wijzigen van de gemiddelde belasting met 1,36 en de duur toepassing wijzigen met een factor van 0,377. Dit optimum is een stikstofdepositievermindering van 19%. De wijziging van de duur van toepassing is gedaan op basis van de uitloop van werkzaamheden. Hierin werd de toe- of afname van de vervoerbewegingen ook in acht genomen. Als de duur van toepassing enkel verandert wordt op basis van de verspreiding van werkzaamheden (bijvoorbeeld door een hiaat van een week) kan de mogelijke reductie geringer zijn.

Gemiddelde belasting	Duur toepassing	Wijziging% gb	Wijziging% dt	Stikstofwijziging% gb	Wijziging% stikstofdep dt	Cummulatief stikstofwijziging%
0,63	11,751	-37	1075	-12,94	714,97	702,03
0,663	8,814	-34	781	-11,78	519,60	507,82
0,698	6,61	-30	561	-10,56	373,08	362,52
0,735	4,958	-26	396	-9,27	263,18	253,91
0,774	3,718	-23	272	-7,92	180,76	172,84
0,815	2,789	-19	179	-6,49	118,95	112,45
0,857	2,092	-14	109	-4,99	72,58	67,59
0,903	1,569	-10	57	-3,41	37,81	34,40
0,95	1,176	-5	18	-1,75	11,74	9,99
1	1	0	0	0,00	0,00	0,00
1,053	0,85	5	-15	2,79	-9,15	-6,36
1,108	0,723	11	-28	5,73	-16,90	-11,17
1,166	0,614	17	-39	8,82	-23,55	-14,73
1,228	0,522	23	-48	12,07	-29,16	-17,09
1,292	0,444	29	-56	15,50	-33,92	-18,42
1,36	0,377	36	-62	19,10	-38,00	-18,90
1,432	0,321	43	-68	22,90	-41,42	-18,52
1,507	0,272	51	-73	26,89	-44,41	-17,52
1,587	0,232	59	-77	31,09	-46,85	-15,75
Factorverandering gb	Factorverandering dt					
0,95	0,85					

Tabel 5: Afweging verandering gemiddelde belasting tegenover duur toepassing. Bepaald op basis van de gevoeligheidsresultaten van §4.4.

5.2.4. Elektrisch vrachttransport

Bij het inzetten van elektrisch vrachttransport is, met uitzondering van de personeelsverplaatsing, de gehele transportroute stikstofemissieloos. Deze optie heeft de meeste impact bij een relevante stikstofdepositie van de transportroute. Een typische actieradius van een volledig opgeladen elektrische vrachtwagen valt in de range van 200 tot 400 km en verandert afhankelijk van het verbruik per kilometer en de capaciteit van de accu (Nijenhuis, 2022). Nadat de batterij leeg is kan deze op een 22 kW AC laadpaal in 9,5 tot 11 uur voor 80% opgeladen worden. Met een supersnelle DC-lader van 350 kW en een CCS₂-aansluiting duurt 80% opladen 90 minuten (Charge Guru, 2022). De aanschaf van een elektrische vrachtwagen is 1,5 tot 4 keer zo



duur als een truck op diesel en kost al gauw 25.000 tot 300.000 euro. Naar verwachting gaat deze prijs dalen vanwege de toenemende interesse in elektrische middelen (Rabobank, 2022). In de praktijk komt dit neer op 1,6 maal de totaalkosten van het transport (bijlage 10). Zie subparagraaf 5.2.6 voor de implementatie van deze maatregel.

5.2.5. Zero emissie

Bij de inzet van elektrisch materieel of materieel op waterstof is het deel van het werk wat elektrisch is stikstof- en fijnstofemissieloos (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022; Groet et al, 2020). Dit materieel wordt in vervolg aangesproken als zero-emissie. Voor zwaarder materieel is waterstof een goede bron van energie (TNO, 2022), al is er nog weinig aanbod. Wel is er een redelijke hoeveelheid aanbod van elektrisch materieel en een deel van de wagenparken in Nederland zijn hier al van voorzien (Dellaert et al, 2021).

Ook zijn er opties om elektrisch materieel aan te schaffen of te huren. De aanschaf van elektrisch materieel is typisch 2,5 (Green Road Equipment, 2023; Van Der Spek Vianen, 2023; Z.ERA, 2023) tot 3 (bijlage 10) maal zo duur, maar de inzetprijs is daarentegen veel lager. Een compleet pakket van een normaal gehanteerde dieselgraafmachine voor grootschalig grondverzet kost 230.000 tot 240.000 euro. De elektrische variant kost 765.000 euro. Net iets meer dan 3 maal zo duur. Vanwege dat het onderhoud gelijk blijft of goedkoper wordt (afhankelijk van de vergeleken dieselgraafmachine), de machinist hetzelfde blijft en het verbruik goedkoper wordt, is de inzetprijs voor een elektrische graafmachine enkel 1,6 maal zo duur (bijlage 10). De inzet van elektrisch materieel valt dan in het bereik van 1,3 tot 1,6 maal de inzetprijs. Hierbij is er geen rekening gehouden met het plaatsen van een eigen oplaadpunt. Hierover meer in de aanbeveling van §9.4.

5.2.6. Transportroute verleggen

Uit de resultaten van §4.5 blijkt dat de relevantie van het verleggen van de transportroute afhankelijk is van de factoren afstand tot en windrichting naar het Natura-2000 gebied. Om deze reden is er een tabel gevormd met de vertaling van het wijzigen van de transportroute naar de impact. Er zijn vijf scores uitgedeeld aan de tabel die afgebeeld zijn als “++++, +++, ++, + en +-”. In deze tabel heeft ++++ de hoogste impact en +- de minste. Deze wijze van afbeelden is gehanteerd om het overzicht te bewaken. §5.1 was de basis voor het indelen van de scores. Zie Tabel 6 voor de indeling van de scores.

Transportroute wijzigen	Afstand tot Natura-2000 gebied				
Windrichting	<1	<2	<4	<8	8 of meer
Noord	++++	+++	+++	++	+-
Noordoost	++++	++++	+++	++	+
Oost	++++	+++	+++	++	+-
Zuidoost	++++	+++	++	+	+-
Zuid	+++	++	+	+-	+-
Zuidwest	++	+	+	+-	+-
West	+++	++	+	+-	+-
Noordwest	++	+	+	+-	+-

Tabel 6: Gevoeligheid verleggen van transportroute op stikstofdepositiereductie.



Met deze tabel als basis is er een beslisboom voor de relevantie van het implementeren van deze maatregel gevormd (zie bijlage). Alle combinaties uit de tabel die uitkomen op ++ tot aan ++++ zijn verwerkt in de beslisboom. De combinaties die op +++ en ++++ uit waren gekomen zijn relevant genoeg om na te denken over het inschakelen van elektrisch materieel. De combinaties die op ++++ uitkwamen hebben ook het advies gekregen om alle elementen in AERIUS in te tekenen als vlakelement en erg te letten op de afstand en windrichting bij het indelen van het ontwerp vanwege de afstand tot het Natura-2000 gebied (Verhees, Masterclass Aan de slag met AERIUS calculator). De beslisboom is verwerkt in de beslisboom van §9.

5.3. Globale afweging maatregelen

In de onderstaande tabel (Tabel 7) zijn de maatregelen van de vorige subparagraaf (§5.2) uitgezet op uitvoerbaarheid, stikstofemissiewijziging, kosten, risico op gevaar, afstand die afgelegd kan worden voordat er nieuwe energie/brandstof toegevoegd moet worden en wordt er een totaalscore aan de maatregel gehangen op basis van hoeveel die in deze afweging scoort. Hiermee werd het overzicht gewaarborgd en het is in wezen een samenvatting van §5.2. De onderbouwing voor de keuzes zijn te vinden in Tabel 8.

Uitgaande van een project met een hoge stikstofemissie die zich in de zuidwestrichting van een Natura-2000 gebied op een afstand van 4 km						
	Uitvoerbaarheid	Stikstofemissiereductie	Kosten	Gevarenrisico	Actieradius	Totaal
Jonger materieel:	+	+	+/-	+	+	4+
Lichter materiaal	+	+	+/-	+	+/-	3+
Elektrisch vrachttransport:	+	++	-	+	+/-	3+
Transportroute verleggen:	+/-	+	+	+/-	+/-	2+
Zero-emissie materieel:	-	+++	-	+	-	1+

Legenda:		
+++	Zeer sterk positief effect	+100 tot +90%
++	Sterk positief effect	+90 tot +50%
+	positief effect	+50 tot +5%
+/-	Geen of weinig effect	+5 tot -5%
-	Negatief effect	-5 tot -50%
--	Sterk negatief effect	-50 tot -90%
---	Zeer sterk negatief effect	-90 tot -100%

Tabel 7: Globale afweging stikstofreductiemaatregelen.

De waarden in Tabel 7 zijn bepaald of ingeschat. Hieronder in Tabel 8 staat beschreven of het om een inschatting, bepaling of combinatie van gaat. Dit gebeurt op basis van de verzamelde gegevens in §5.2.

Uitvoerbaarheid	Inschatting
Stikstofemissiereductie	Bepaling
Kosten	Bepaald voor elektrisch materieel, ingeschat voor rest
Gevarenrisico	Inschatting
Actieradius	Bepaling

Tabel 8: Bepaling waardering globale afweging stikstofreductiemaatregelen (Tabel 7).

De uitkomsten van Tabel 7 laten zien dat bij gelijke afhankelijke factoren jonger materieel de beste keuze is. Chronologisch opvolgend zijn de maatregelen lichter materiaal, elektrisch vrachttransport, transportroute verleggen en tot slot zero emissie materieel.



6 AERIUS maatregelenroutekaart

In dit hoofdstuk wordt de stikstofreductiemaatregelen beslisboom (maatregelenroutekaart) behandeld. Met de voordelen bekend zijn enkel de stikstofdepositiereducties (§6.1), afweging op basis van reductie (§6.2) en vereisten (§6.3) van de zes maatregelen van §5.2, nog vereist om een toepasselijke maatregelenroutekaart te vormen (§6.4).

6.1. Stikstofdepositiereductie bij toepassing maatregelen

Elke maatregel heeft een aantal vereisten om toegepast te kunnen worden. Hieronder zijn deze per maatregel beschreven.

Lichter materiaal

Om de maatregel “lichter materiaal” toe te kunnen passen is het een vereiste dat het vermogen of de gemiddelde belasting verminderd kan worden. Dit kan gerealiseerd worden door bijvoorbeeld het vervangen van opvulzand door een lichtere variant als pees bij een dijkversterking. Hoe dit precies gerealiseerd kan worden is opvolgend onderzoek voor vereist. De maatregel is in de beslisboom verwerkt uitgaande van de kennis van het maximaal te wijzigen vermogen en/of gemiddelde belasting. Tabel 9 geeft de mogelijke reductie van het wijzigen van het totale vermogen en/of de totale gemiddelde belasting. In de kolom “vermindering vermogen en/of gemiddelde belasting” is het bereik van minimale en maximale reductiepercentages van vermogen en gemiddelde belasting beschreven. Het bereik van bandbreedte bij de reductie van stikstofdepositie is afkomstig uit Tabel 3. Dit om de stikstofreducties in de volgende kolommen te realiseren.

Vereist combinatiebereik vermindering vermogen en/of gemiddelde belasting	Reductie stikstof-depositie	Maximale stikstofdepositie die te reduceren valt tot 0,00 mol N/ha/jr bij combinatie V en GB	Minimale stikstofdepositie die te reduceren valt tot 0,00 mol N/ha/jr bij combinatie V en GB
98% v en 23% gb > 72% v en 72% gb > 56% v en 98% gb	63%	0,02 mol N/ha/jr	-
98% v en 67% gb > 78,4% v en 78,4% gb > 48% v en 98% gb	68%	0,03 mol N/ha/jr	0,01 mol N/ha/jr
98% v en 83% gb > 92% v en 92% gb 89% v en 98% gb	80%	0,05 mol N/ha/jr	0,02 mol N/ha/jr
99% v en 99% gb	86%	0,07 mol N/ha/jr	0,03 mol N/ha/jr

Tabel 9: Vereist combinatiebereik bandbreedte vermogen en/of gemiddelde belastingreductie voor het behalen van de stikstofnorm.



Afhankelijk factoren: maximale wijziging van vermogen en gemiddelde belasting.

Jonger Materieel:

Indien het materieel onder stagetype IV of lager valt en de stikstofdepositie op 0,02 mol/ha/jr neerkomt, kan het verjongen van het materieel tot stagetype V een stikstofdepositie van 0,00 mol/ha/jr opleveren (§5.2.2). Als het materieel onder stagetype IIIB of lager valt en de stikstofdepositie op 0,03 mol/ha/jr valt dan kan het verjongen van het materieel tot stagetype V een stikstofdepositie van 0,00 mol/ha/jr opleveren. Tabel 10 geeft de mogelijke reductie van het wijzigen van de gehanteerde stagetypen naar stagetype V. Het bereik van bandbreedte bij de reductie van stikstofdepositie is afkomstig uit Tabel 3.

Gemiddeld stagetype werk	Reductie stikstofdepositie	Maximale stikstofdepositie die te reduceren valt tot 0,00 mol N/ha/jr bij stagetype	Minimale stikstofdepositie die te reduceren valt tot 0,00 mol N/ha/jr bij stagetype
IV	39%	0,01 mol N/ha/jr	-
IIIB	63%	0,03 mol N/ha/jr	-
IIIA	77%	0,04 mol N/ha/jr	0,01 mol N/ha/jr
II	86%	0,07 mol N/ha/jr	0,03 mol N/ha/jr
I	92%	0,12 mol N/ha/jr	0,06 mol N/ha/jr

Tabel 10: Bandbreedtereductie bij wijzigen stagetype naar stagetype V

Afhankelijke factoren: stageklasse.

Elektrisch vrachttransport:

In het geval dat de transportroute langs of door een Natura-2000 gebied gepland moet worden, kan deze maatregel afhankelijk van de transport NOx-uitstoot effectief zijn. De uitstoot van de transportroute van project "Dokhaven Aanvaarbeveiliging", "Hopperlosplaats", "Meer en Geerweg" en "Ronde N216" is respectievelijk 0,5, 0,0897, 282,4 en 0,5 kg NOx/jr. De stikstofnormafstand van §4.5 vertaald deze uitstoten naar een minimale afstand van 0,021, 0,0038, 11,97 en 0,021 km. Van deze vier projecten komt alleen de transportroute van het project "Meer en Geerweg" in aanmerking voor deze maatregel. Het verschil in depositie als de transportroute hier verwijderd wordt uit de AERIUS-berekening is van 0,01 mol N/ha/jr naar 0,00 mol N/ha/jr. Op basis van deze uitkomsten kan een minimum voorwaarde voor het toepassen van deze maatregel bepaald worden, namelijk:

Elektrisch vrachttransport is relevant als maatregel indien er na het plannen van de ideale transportroute het volgende optreedt: $0,0424 \cdot \text{NOx}(\text{transportroute in kg/jr}) > (\text{gemiddelde afstand van de transportroute tot het Natura-2000 gebied (km)})$. Deze maatregel is verwerkt in de al gevormde beslisboom van §5.2.6.

Afhankelijke factoren: afstand en windrichting.



Transportroute verleggen:

In §5.2.6 is deze maatregel verwerkt tot beslisboom. In die subparagraaf zijn ook de voorwaarden beschreven. Zie bijlage 11 voor de beslisboom.

Afhankelijke factoren: afstand en windrichting.

Zero emissie:

Zero emissie materieel is een laatste optie die in alle gevallen werkt indien de andere opties niet van toepassing zijn.

6.2. Afweging toepassing maatregelen per stikstofdepositie uitkomst

Hieronder in Tabel 11 staat de toepasselijkheidsafweging van de maatregelen per stikstofdepositie-uitkomst. Deze afweging is gemaakt ter vergelijking van de maximale stikstofdepositiereductie van de maatregelen. De afweging is een combinatie van §6.2 en Tabel 3. Vanwege de veranderende windrichting, het bewaken van de duurzaamheid van de maatregelenroutekaart en de hoeveelheid data die de windrichtinggevoeligheid hebben bepaald, is er gekozen om aan te nemen dat het Natura-2000 gebied in de noordoostelijke windrichting ligt van elk van de projectgebieden. Dit is de meest bepalende windrichting.

Stikstofdepositie:

“+++” = maatregel die de stikstofdepositiewaarde gegarandeerd haalt.

“++” = maatregel die ongeveer in het midden van de bandbreedte van Tabel 3 uitkomt.

“+” = maatregel haalt in ieder geval het minimumpercentage uit Tabel 3.

“+,-” = maatregel levert in dit geval onvoldoende stikstofreductie op om de uitkomst naar de norm te krijgen.

Stikstofdepositieclassificatie maatregelen uitgaande van een project in de zuidwestrichting van een Natura-2000 gebied				
Stikstofdepositieuitkomst AERIUS	0,01	0,02-0,04	0,05-0,16	0,16+
Lichter materiaal	+++	+	+,-	+,-
Jonger materieel:	+++	++	+	+,-
Transportroute verleggen:	+++	++	+	+,-
Elektrisch materieel	+++	+++	+++	+++

Tabel 11: Stikstofdepositieclassificatie maatregelen.

6.3. Eliminatieproces maatregelen

In §5.3 zijn de maatregelen globaal tegenover elkaar afgewogen. Samen met de potentieafweging van de maatregelen op basis van de stikstofdepositie uit §6.2 was er een eliminatieproces opgesteld die de positiefste maatregel uit Tabel 7 liet gelden tot op het moment dat de voorwaarden van de maatregel niet meer voldoen en opvolgend de net minder positieve maatregel. Het proces ging uit van meer dan 2 factoren dus een normale tabel was geen optie. Er is gekozen om de uitkomstspaden van een tabel in een nieuwe tabel uit te zetten tegenover een opvolgende factor. Aan elke tabel zijn vier verschillende scores uitgedeeld en daarmee komen er per tabel 4 uitkomstspaden voor de volgende. Elektrisch materieel is uitgezonderd voor deze eliminatie vanwege dat dit de noodoptie is voor het geval de andere maatregelen niet werken. Elektrisch materieel werkt immers in elk geval. Dit eliminatieproces is hieronder weergegeven. Hierin is geen beschikbaarheidsafweging meegenomen.

Eerst wordt er bepaald of de maatregelen een optie zijn op basis van de volgende drie vragen:

- Kan het materieel een stageklasse verjongt worden en in welke mate?



- is het een project wat grootschalig materiaal aanbrengt, kan dit materiaal lichter gemaakt worden en in welke mate wordt het vermogen/de gemiddelde belasting hiermee verlaagd?

Vervolgens wordt de stikstofdepositie vastgesteld met de volgende vraag:

- Welke stikstofdepositie-uitkomst was er bij de eerste AERIUS berekening?

Deze vier vragen lijden naar de volgende uitkomsten van maatregelen:

0,16+ stikstofdepositie:

Eerst de transportroute beslisboom volgen, als dat niet werkt elektrisch materieel toepassen.

3 maal ja en 0,05-0,16 stikstofdepositie:

Eerst jonger materieel proberen, werkt dat niet probeer dan de transportroute beslisboom, als dat niet werkt elektrisch materieel toepassen.

3 maal ja en 0,02-0,04 stikstofdepositie:

Eerst jonger materieel proberen, werkt dat niet probeer dan de transportroute beslisboom, vervolgens lichter materiaal toepassen, als dat niet werkt elektrisch materieel toepassen.

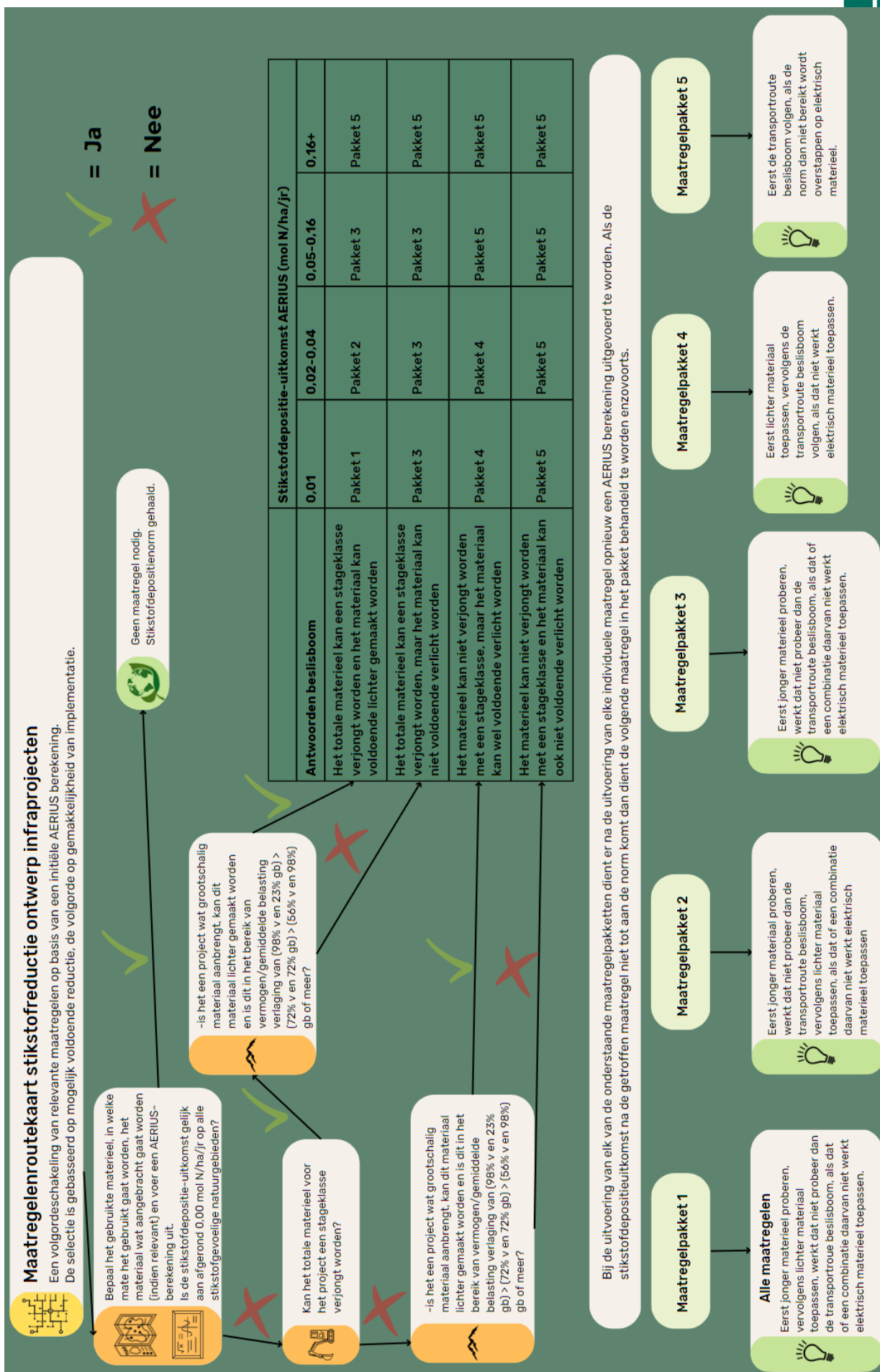
3 maal ja en 0,01 stikstofdepositie:

Eerst jonger materieel proberen, vervolgens lichter materiaal toepassen, werkt dat niet probeer dan de transportroute beslisboom, als dat of een combinatie daarvan niet werkt elektrisch materieel toepassen.

Iedere keer nee op 1 van de eerdere vragen zorgt voor het elimineren van de maatregel in de oplossing waar de vraag over gaat.

6.4. Maatregelenroutekaart stikstofreductie

Uit het eliminatieproces van §6.3 was een maatregelenroutekaart gevormd. De routekaart is bepaald op basis van de stikstofreductie-effectiviteit van de maatregelen. In het onderzoek zijn zes maatregelen voorgesteld met een effectiviteit afhankelijk van de situatie. Om tot de juiste maatregel bij de desbetreffende situatie te komen is de maatregelroutekaart ontwikkeld die de situatie beoordeelt en daar de toepasselijke maatregel aan koppelt. In totaal zijn er 6 maatregelen geïmplementeerd die per situatie een combinatie kunnen vormen voor de juiste klimaatrobuuste stikstofdepositiereductiestrategie. De maatregelenroutekaart is geïllustreerd in bijlage 12. De routekaart verwijst naar de implementaties zoals uitgelegd in §6.1 en §5.2. De maatregelenroutekaart is ook 90 graden gedraaid weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18: Maatregelenroutekaart stikstofreductie bij de ontwerp van infraprojecten.



7 Discussie

In dit onderzoek was er gekozen voor een aantal aannames, uitgangspunten en afbakeningen. Dit hoofdstuk gaat daar verder op in.

Vanwege de afbakening zijn er vier bouwprojecten en 1 fictief bouwproject gebruikt voor de gevoeligheidsanalyse. Meer bouwprojecten betrekken in de gevoeligheidsanalyse (§4.5) geeft een natuurgetrouwer beeld. Door het vaststellen van het toepasselijke verband op de invoerparameters is er aangenomen dat de wijziging beide kanten op hetzelfde effect heeft. Dit is ook bevestigd door het vaststellen van de verbanden in bijlage 9.

Tijdens het vaststellen van de verbanden is er vanwege tijdsafbakening gekozen voor het bepalen van een verband tussen de wijzigingsfactor en uitkomst voor vermogen, enkel gekeken naar project “Dokhaven aanvaarbeveiliging” en voor het verband bij gemiddelde belasting en duur toepassing naar project “Hopperlosplaats”. Deze verbandtesten tussen de wijzigingsfactor en stikstofdepositie-uitkomst hadden beter op alle projecten toegepast kunnen worden om een natuurgetrouwer beeld te geven. Bij het bepalen van het verband tussen de afstand en de stikstofdepositie is er wel naar meerdere projecten gekeken. Bij het bepalen van de afstanden tussen het rekenpunt en de emissiebron is een meetlint-tool in AERIUS gebruikt. Dit gaf een zekere onnauwkeurigheid voor richting en daarmee is de richting een schatting geworden.

In de gevoeligheidsformule is er eerst een invoerparameter gewijzigd door middel van een wijzigingsfactor en later wordt er om tot een vergelijkbare gevoeligheid te komen de gevoeligheid weer gedeeld door deze factor. Er kon een accurater resultaat geleverd worden door de niet het eindantwoord te delen door deze wijzigingsfactor maar juist de gewijzigde stikstofdepositie. De formule zou er dan als volgt uit komen te zien: berekening gevoeligheid invoerparameter: $(ssdip-rssd/wf)/rssd*100= \%gp$. Na het trekken van deze conclusie was er onvoldoende tijd over in de planning om dit te wijzigen voor het gehele onderzoek. In deze gevoeligheidsanalyse is telkens een wijziging uitgevoerd om een toename van stikstofdepositie te realiseren terwijl het uiteindelijke doelresultaat een vermindering is. Dit om de meetbaarheid te waarborgen. Vanwege tijdsafbakening is ervoor gekozen om deze verbeterde formule niet te hanteren voor het onderzoek.

De stikstofnormafstand van 0,0424 km/(kg NOx/jr) is gebaseerd op 2 waarden.

In de praktijk zal er naast de mogelijkheid van stikstofreductie en een globale afweging ook een beschikbaarheidsafweging meegenomen worden in het keuzeproces van de maatregelen. Dit is niet gebeurt in de beslisboom vanwege tijdsafbakening en complexiteit.

7.1. Opmerkelijke bevindingen

Uit het onderzoek is gebleken dat er 3 invoerwijzigingsclassificaties in de bouw zijn die invloed hebben op de stikstofdepositie, namelijk: afstand tot het depositiepunt, windrichting naar het depositiepunt en verandering van NOx-emissie. Het verband tussen stikstofdepositieuitkomst en de afstand van het emissiepunt tot het depositiepunt heeft een kwadratisch verband in tegenstelling tot de andere invoerparameters met een lineair verband tussen invoerparameter en stikstofdepositieuitkomst.

Er is een verband tussen NOx-emissie en de stikstofnormafstand (afstand met depositie van 0,0049 mol N/ha/jr) vastgesteld in de noordoostelijke richting. Het gaat om een stikstofnormafstand van 0,0424 km/(kg NOx/jr).



8 Conclusies

In dit hoofdstuk werden de antwoorden van de deelvragen (§0) en bijkomende opmerkelijke bevindingen (§7.1) kort en bondig gepresenteerd.

Hoe kan het ontwerp van een bouwproject bij Iv-Infra worden verwerkt tot output van een AERIUS-berekening?

Via de stappen in bijlage 2.

Welke invoerparameters (factoren) voor een AERIUS-berekening zijn het meest bepalend voor de stikstofdepositie bepaald via de AERIUS-berekening?

De meest stikstofdepositiebepalende invoerparameters voor een AERIUS-berekening zijn op volgorde van groot naar klein: afstand tot het Natura-2000 gebied, SCR, duur toepassing, vermogen, stagetype en gemiddelde belasting.

Hoe kan het bouwproces aangepast worden om stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden te reduceren?

Via de inzet van lichter materiaal, jonger materieel, elektrisch vrachttransport, zero emissie materieel en het verleggen van de transportroute.

Wat zijn de voorwaarden bij het aanpassen van het bouwproces voor stikstofreductie?

De voorwaarden voor stikstofreductie bij het toepassen van maatregelen zijn hieronder per maatregel opgesomd.

Lichter materiaal:

Om deze maatregel toe te passen moet het vermogen of de gemiddelde belasting worden verminderd. De verminderingpercentages van het vermogen en de belasting worden beschreven in Tabel 9.

Jonger materieel:

Afhankelijk van de stadiumklasse kan het upgraden van de apparatuur naar stageklasse V resulteren in minder stikstofdepositie. Zie Tabel 10 voor de stikstofdepositiereductie bij een stageklasseverhoging.

Elektrisch vrachttransport:

Als de transportroute niet verlegd kan worden, door een Natura-2000 gebied loopt en/of de afstand tot het gebied van de route uitkomt op meer dan 0,0424 km/(kg NOx/jr uitstoot van de route) is dit relevant.

Zero emissie materieel:

Deze maatregel wordt beschouwd als een laatste redmiddel wanneer andere opties niet toepasbaar zijn.



Verleggen van transportroute:

Deze maatregel is afhankelijk van de afstand en windrichting. Zie Tabel 6.

Hoe kan een strategische maatregelenroutekaart voor stikstofreductie ontworpen worden op basis van AERIUS calculaties?

Door de maatregelen globaal tegenover elkaar af te wegen, tegenover elkaar af te wegen op basis van stikstofdepositiereductie, de maatregelvoorwaarden te bepalen en de positiefste maatregel te laten gelden die voldoet aan de vereiste stikstofdepositiereductie en maatregelvoorwaarden.

Hoe kan de door bouwprojecten veroorzaakte stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden gereduceerd worden tijdens het ontwerp?

De meest efficiënte manier om reductie van stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden veroorzaakt door bouwprojecten te reduceren tijdens het ontwerp is met de in dit onderzoek geformuleerde maatregelenroutekaart. Zie bijlage 12.



9 Aanbevelingen

Dit hoofdstuk gaat in op de vervolgstappen na het onderzoek. Elke paragraaf in dit hoofdstuk geeft een mogelijke vervolgstap. De aanbevelingen hebben een chronologische prioritering waarin de aanbeveling van §9.1 de hoogste prioriteit heeft en de aanbeveling in §9.4 de laagste prioriteit heeft als toevoeging op dit onderzoek. Desalniettemin zijn de aanbevelingen elk een substantiële toevoeging op het onderzoek.

9.1. Stikstofnormafstandbetrouwbaarheid

De stikstofnormafstand van 0,0424 km/(kg NO_x/jr) is gebaseerd op 2 waarden. Er wordt sterk geadviseerd om in de toekomst meer waarden te verzamelen voor dit verband. Zie §4.5.

9.2. Toepassing lichter materiaal

Ook wordt er geadviseerd om een vervolgonderzoek naar mogelijkheden voor de toepassing van lichter materiaal op te starten. Zie §5.2.1.

9.3. Beschikbaarheidsafweging

In de gevormde maatregelenroutekaart is geen beschikbaarheidsafweging verwerkt. Aangezien dit in de praktijk wel relevant is kan dit de basis vormen voor een vervolgonderzoek.

9.4. Elektrisch bouwhub

Vervolgens kan er verder nagedacht worden over de implementatie van elektrisch materieel (§5.2.5) waardoor het makkelijker te eisen valt vanuit het ontwerp. Dat kan via een bouwhub met eigen energieopwekking.

Het doel van een bouwhub in deze maatregel is om alle stikstofemissie buiten het voor stikstofemissie gevoelige gebied te houden zodat er een nihil stikstofdepositie op de Natura-2000 gebieden optreedt. Een bouwhub is een locatie die het projectgebied kan voorzien van materiaal, materieel en brandstof. In dit geval valt stroom ook onder brandstof. Door het bouwhub op een tactische locatie te plaatsen, een (bio)dieselgenerator te gebruiken voor de opwekking van stroom en enkel elektrisch materieel in te zetten op de projectlocatie kan deze optie elk project tot een nihil stikstofdepositie brengen. Deze optie is ingrijpend qua ontwerp en duurder dan de andere maatregelen vanwege het omleggen van de transportroute, het toevoegen van een projectlocatie, opwekking en opslag van energie en deze energie verplaatsen over een grotere afstand, het wijzigen van het materieel en het wijzigen van de werkzaamheden om het elektrische materieel hetzelfde werk uit te kunnen laten voeren. Het bouwhub kan op een tijdsrobuuste positie geplaatst worden zodat toekomstige projecten hier ook voordeel aan kunnen hebben. Het bepalen van de locatie van de bouwhub is onderhevig aan de afstand tussen het projectgebied, de afstand tussen het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied en de windrichting. Deze 3 beïnvloeden elkaar en zijn onderhevig aan een aantal factoren. Hierover opvolgend meer.



Minimale afstand Natura-2000 gebied

Voor het bepalen van de minimale afstand tussen het Natura-2000 gebied en het bouwhub wordt er gekeken naar de windrichting vanaf het perspectief van het bouwhub, de brandstof van de generator, de gemiddelde efficiëntie van de generator tot aan de batterij van het materieel, de vereiste kWh van het materieel en de vereiste kWh om het materieel te verplaatsen over de afstand tussen het projectgebied en de bouwhub. Hieronder is dit uitgewerkt in een formule:

Minimale afstand tot Natura-2000 gebied obv dieselgenerator = $sna * eff * em * (kW_{hp} + kW_{ht})$

Met

Sna = stikstofnormafstandfactor van 0,0424 km/(kg Nox/jr) (zie p4.5).

Eff = efficiëntie generator in aantal liter diesel per opwekking kWh tot aan batterij materieel;

Em = emissie Nox per verbrande liter diesel;

kW_{hp} = vereiste kWh per jaar voor projectmaterieel van het gehele project;

kW_{ht} = vereiste kWh per jaar voor transportmaterieel van het gehele project.

kW_{hp} = Gemiddeld verbruik energie projectmaterieel per werkdag * aantal werkdagen;

kW_{ht} = Gemiddeld verbruik energie transportmaterieel per werkdag * aantal werkdagen.

Ook kan ervoor gekozen worden om 25 km te hanteren als afstand tot alle Natura-2000 gebieden. AERIUS gebruikt deze afstand als afstand vanaf waar de depositie verwaarloosbaar is. (Verhees, Online masterclass Aan de slag met AERIUS Calculator, 2023)

Afstand projectgebied

De maximale afstand tussen het projectgebied en de bouwhub is onderhevig aan de actieradius van het transportmaterieel. De wenselijke afstand is daarbovenop afhankelijk van de hoeveelheid transportmaterieel, de hoeveelheid gewicht die het transportmaterieel kan verplaatsen, de hoeveelheden die het transportmaterieel verplaatst, de laadtijd van het transportmaterieel, de actietijd van het werkmaterieel, de laadtijd van het werkmaterieel en het aantal werkuren per dag. Dit transportmaterieel kan het materieel wat het werk in het projectgebied uitvoert verplaatsen van de bouwhub waar de energie opgewekt wordt. De actieradius van het transportmaterieel is afhankelijk van het gemiddelde kWh verbruik per kilometer en de totale kWh van de batterij. De hoeveelheden die het transportmaterieel kan verplaatsen per dag is onderhevig aan het aantal transportmaterieel, het max kWh verbruik per kilometer, het totale kWh van de batterij en de laadtijd van een volledige batterij. De wenselijke afstand probeert een maximaal aantal gewerkte uren uit de werkuren te realiseren.

Maximale afstand tot projectgebied = actieradius volbeladen transportmaterieel / 2 = $\frac{1}{2} * kW_{htb} / kW_{hvv}$

Wenselijke afstand tot projectgebied = veiligheidsfactor * actieradius volbeladen transportmaterieel / (2*verplaatsingen)

= $vf * kW_{htb} / (kW_{hvv} + kW_{hlv})$

Met

Vf = veiligheidsfactor (file/oponthoudt/etc, 1,2);

kW_{htb} = Maximale hoeveelheid batterij transportmaterieel

kW_{hvv} = energieverbruik volbeladen transportmaterieel per km



kWhlv = energieverbruik leeg transportmaterieel per km

Het plaatsen van een afstandsbuffer om de buitenste ring van de Natura-2000 gebieden in een GIS-programma met de afstand uit de berekening "Minimale afstand tot het Natura-2000 gebied obv dieselgenerator" geeft de geografische locaties waar het bouwhub niet geplaatst kan worden. Het plaatsen van een afstandsbuffer om het middelpunt van het projectgebied met de afstand "Maximale afstand tot projectgebied" geeft de uiterste ring waar het bouwhub nog geplaatst kan worden. Tussen deze 2 buffers in kan het bouwhub geplaatst worden. Het is wenselijker om de bouwhublocatie te plaatsen tussen de buffer van "Minimale afstand tot het Natura-2000 gebied obv dieselgenerator"

Hiervoor zijn een aantal formules gegeven om de ideale locatie voor een bouwhub te bepalen. Een combinatie van de maximum en minimale afstand van de formules kan ook een maximum afstand van deze maatregel geven. Voor het bepalen van deze maximale afstand wordt er gerekend met 38,6 MJ/l (IOR-energy, 2010), wat zich vertaalt naar 10,6 kWh/l bij 100% efficiëntie, en een typische efficiëntie van 40% (General Power, 12). Dit komt neer op 4,24 kWh/liter diesel bij stroomwisseling die geen verlies heeft. In de praktijk zal er een nog kleiner percentage van die energie in de batterij belanden. Hierom wordt er voor de tijdsafbakening en betrouwbaarheid met 0,25 l/kWh gerekend. Voor de bepaling van de emissie wordt er gerekend met een stage IIIA machine die 0,015 kg NOx uitstoot per liter diesel (Ligterink & Mensch, 2023). De formule voor de maximum afstand is de helft van de actieradius. Er werd gerekend met een typische elektrische vrachtwagenradius van 200 km (Nijenhuis, 2022). De projectlocatie en de Natura-2000 gebieden liggen waarschijnlijk niet op dezelfde locatie. Voor deze formule wordt er gerekend met een projectgebiedafstand tot aan het bouwhub van 1,1 maal de afstand van het Natura-2000 gebied tot aan het bouwhub. De andere factoren zijn te projectafhankelijk om nog verdere aannames over te maken. Dit resulteert in de volgende formule:

Maximum afstand tot projectgebied = $200/2 = 100$ km

Maximum afstand tot Natura-2000 gebied = $100/1,1 = 90,91$ km

$S_{na} \cdot eff \cdot em \cdot (kWh_p + kWh_t) = 90,91$

$kWh_p + kWh_t = 90,91 / (0,0424 \cdot 0,2 \cdot 0,015) = 572$ MWh maximale opwekking energie per jaar

Als het project meer dan 572 MWh per kalenderjaar verbruikt voor het werk op het projectgebied en transport van het bouwhub naar het projectgebied, dan is deze maatregel niet toepasbaar. Dit is een inschatting vanwege dat er met een aantal aannames gewerkt is tijdens de berekening van deze maximale opwekking van energie. In realiteit zou het bouwhub ook bij een grotere energiebehoefte toegepast kunnen worden.



10 Bibliografie

- Bij12. (2021). *Veelgestelde vragen*. Opgeroepen op 3 10, 2023, van bij12.nl: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/stikstof-en-natura2000/informatiepunt-stikstof-en-natura-2000/veelgestelde-vragen/>
- Breuil, M. O. (2020, 12 21). *Is een Aerius-berekening ook een vergunningsvoorschrift?* Opgeroepen op 3 10, 2023, van poelmannvandenbroek.nl: <https://poelmannvandenbroek.nl/is-een-aerius-berekening-ook-een-vergunningvoorschrift/>
- Canva. (2023, 6 7). *Maatregelenroutekaart stikstofreductie in het ontwerp*. (G. A. Vierwind, Red.) Arnhem. Opgeroepen op 6 7, 2023, van <https://www.canva.com/design/DAFapPLI6rc/uQZC5eKEYJP17RDgksD6fQ/edit>
- Charge Guru. (2022, 5 5). *Alles weten over elektrische vrachtwagens in 2023*. Opgeroepen op 5 15, 2023, van Chargeguru.com: <https://chargeguru.com/nl-be/blog/alles-weten-over-elektrische-vrachtwagens-in-2023/#:~:text=Met%20een%20standaard%20elektrische%20vrachtwagen,9%2C5%20tot%2011%20uur.>
- Dellaert, S. N., Mensch, P. v., Bhoraskar, A., & Mark, P. v. (2021). *Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland*. Traffic & Transport. Den Haag: TNO. Opgeroepen op 5 15, 2023
- Department of Agriculture, Environment and Rural Affairs. (sd). *Uk AERIUS Pilot Tool - an integrated air quality assessment tool - screenshots*. Opgeroepen op 03 07, 2023, van daera-ni.gov.uk: <https://www.daera-ni.gov.uk/galleries/uk-aerius-pilot-tool-integrated-air-quality-assessment-tool-screenshots>
- Diesel Technology Forum. (2015, 8 13). *Clean Diesel: What Is SCR (Selective Catalytic Reduction), How Does It Work . . . & Why Is It Important?* Opgeroepen op 3 23, 2023, van prnewswire.com: <https://www.prnewswire.com/news-releases/clean-diesel-what-is-scr-selective-catalytic-reduction-how-does-it-work-----why-is-it-important-300158921.html>
- Dieselnet. (2021, 7 1). *Emission standards*. (Ecopoint incorporated) Opgeroepen op 4 3, 2023, van dieselnet.com: <https://dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php>
- Digital Coast. (2023, 5 31). *Climate Adaptation*. (NOAA Office for Coastal Management) Opgeroepen op 6 2, 2023, van coast.noaa.gov: <https://coast.noaa.gov/digitalcoast/topics/climate-adaptation.html>
- Drentsche Aa. (2020). *Waterkwaliteit en kwantiteit*. Opgeroepen op 3 13, 2023, van drentscheaa.nl: <https://www.drentscheaa.nl/water/waterkwaliteit-en-quantiteit/>
- Europese Commissie. (2022). *Natura 2000*. Opgeroepen op 3 15, 2023, van ec.europa.eu: <https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/>
- Fouraschen, P. (2023). *Het stikstofdepositiedashboard*. Opgeroepen op 3 21, 2023, van digitalsolutions.witteveenbos.com: <https://digitalsolutions.witteveenbos.com/ruimtelijke-ontwikkeling-wonen-en-mobiliteit/voedsel-natuur-en-landschap/stikstofdepositiedashboard>
- Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, N. J., Reis, S., . . . Voss, M. (2013). *The Global Nitrogen Cycle in the Twenty-First Century*. Nerc Centre for Ecology and Hydrology, Penicuik, UK, CNRS, University Pierre et Marie Curie (UPMC), Paris, France, Department of Biogeochemistry, Stanford University, Stanford, CA, USA, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency,



- Utrecht University. Opgeroepen op 2 14, 2023, van <https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rstb.2013.0164>
- Fung-A-Loi, C., Maltha, L., Mink, M., Romeijn, P., Vlieger, V. d., & Wilmot, M. (2023). *Handboek Werken met AERIUS Calculator*. Handboek, RIVM, Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. Opgeroepen op 2 14, 2023, van <https://www.aerius.nl/nl/handboeken>
- General Power. (12, 6 2021). *Diesel generator vs. gas generator: which is more efficient?* Opgeroepen op 5 19, 2023, van General power - the generator company: <https://www.genpowerusa.com/blog/diesel-generator-vs-gas-generator-which-is-more-efficient/#:~:text=Typically%20a%20diesel%20generator%20will,units%20are%20delivered%20as%20output.>
- Green Road Equipment. (2023, 1 16). Personal communication. *Infratech*. Rotterdam.
- Groet, I., Walterbos, J., Kuipers, P., Kersten, W., Twillert, W. v., & Werk, G. d. (2020). *Handreiking stikstofvrije woningbouw*. C-creators, Hedgehog Company, Platform31. Haarlem: Provincie Noord-Holland. Opgeroepen op 5 15, 2023
- Han, L., Cai, S., Gao, M., Hasegawa, J.-y., Wang, P., Zhang, J., . . . Zhang, D. (2019). *Selective Catalytic Reduction of NO_x with NH₃ by Using Novel Catalysts: State of the Art and Future Prospects*. Chem. American Chemical Society. Opgeroepen op 3 23, 2023, van <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00202>
- Hofman, F. (2022, 6 23). *Zeker 14 grote infrastructuurprojecten jaren vertraagd door tekort aan stikstofdeskundigen*. Opgeroepen op 6 13, 2023, van nrc.nl: <https://www.nrc.nl/nieuws/2022/06/23/zeker-14-grote-infrastructuurprojecten-jaren-vertraagd-door-tekort-aan-stikstofdeskundigen-a4134545>
- Holland, E. A., Dentener, F. J., Braswell, B. H., Sulzman, J. M., & Lamarque, J. F. (1999). *Contemporary and pre-industrial global reactive nitrogen budgets: A comparison of three approaches*. Article, Biogeochemistry. doi:10.1023/a:1006148011944
- Huijbregts, R. (2023, 2 7). Interview Robin Huijbregts AERIUS-expert Iv-Infra afdeling Waterbouw. (B. Vierwind, Interviewer) Sliedrecht. Opgeroepen op 3 14, 2023
- Huijbregts, R. (2023, 2 7). Interview Robin Huijbregts AERIUS-expert Iv-Infra afdeling Waterbouw. (B. Vierwind, Interviewer) Sliedrecht. Opgeroepen op 3 14, 2023
- International Bureau of Weights and Measures. (2019). *The International System of Units (SI)* (9 ed.). Opgeroepen op 3 15, 2023, van <https://www.bipm.org/documents/20126/41483022/SI-Brochure-9-EN.pdf>
- IOR-energy. (2010, 8 25). *Engineering conversion factors*. Opgeroepen op 5 2023, 19, van lor.com: <https://web.archive.org/web/20100825042309/http://www.ior.com.au/ecflist.html>
- Iv-Groep. (2023). *Infra*. Opgeroepen op 2 14, 2023, van iv-groep.nl: <https://iv-groep.nl/nl/markten/infra>
- Iv-Groep. (2023A). *Ons DNA*. Opgeroepen op 2 14, 2023, van iv-groep.nl: <https://iv-groep.nl/nl/over-iv/ons-dna>
- Iv-Groep. (2023B). *Infra*. Opgeroepen op 2 14, 2023, van iv-groep.nl: <https://iv-groep.nl/nl/markten/infra>
- Iv-Group. (2023). *Ons DNA*. Opgeroepen op 2 14, 2023, van iv-groep.nl: <https://iv-groep.nl/nl/over-iv/ons-dna>
- Kijlstra, W. S., Brands, D. S., Smit, H. I., Poels, E. K., & Blik, A. (1997, 10 1). *Mechanism of the Selective Catalytic Reduction of NO with NH₃ over MnO_x/Al₂O₃*. Opgeroepen op 3 23, 2023, van <https://doi.org/10.1006/jcat.1997.1789>



- Koopman, G. (2023, 4 4). Interview Gertjan Koopman, docent wiskunde Van Hall Larenstein, University of applied sciences. (B. Vierwind, Interviewer) Iv-Infra. Opgeroepen op 4 4, 2023
- Ligterink, N. E., & Mensch, P. v. (2023). *Een vergelijking tussen de uitstoot bij de bouw van nieuwe woningen en die van mobiele bronnen buiten de bouw*. Mobility en Built Environment. Den Haag: TNO. Opgeroepen op 5 19, 2023, van <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2023/05/15/rapport-tno-rapport-stikstofuitstoot-bouw-nieuwe-woning/rapport-tno-rapport-stikstofuitstoot-bouw-nieuwe-woning.pdf>
- Ligterink, N. E., Dellaert, S., & Mensch, P. v. (2021). *AUB (AdBlue verbruik, Uren, en brandstofverbruik): een robuuste schatting van Nox en NH3 uitstoot van mobiele werktuigen*. Den Haag: TNO. Opgeroepen op 3 27, 2023, van <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:1f164e7f-2749-4ace-b107-bb0c5905b5f6/datastream/URL/download>
- Ligterink, N. E., Eijk, E. v., & Holmes, G. C. (2021). *MaVe actie EMPK mobiele werktuigen*. Memorandum, TNO, Traffic & Transport, Den Haag. Opgeroepen op 5 3, 2023, van <https://www.tno.nl/media/18781/2021-stl-mem-100340343.pdf>
- MBH Consult B.V. (2021, 4 14). *AERIUS-berekening verplicht? [Update]*. Opgeroepen op 3 10, 2023, van [mbhconsult.nl: https://www.mbhconsult.nl/kennisbank/aerius-berekening-verplicht/](https://www.mbhconsult.nl/kennisbank/aerius-berekening-verplicht/)
- Milieudefensie. (2023). *Veelgestelde vragen over stikstof*. Opgeroepen op 2 14, 2023, van [milieudefensie.nl: https://milieudefensie.nl/onderwerp/veel-gestelde-vragen-over-stikstof#:~:text=Stikstofoxiden%20en%20ammoniak%20komen%20in,bij%20ons%20naar%20binne n%20waait](https://milieudefensie.nl/onderwerp/veel-gestelde-vragen-over-stikstof#:~:text=Stikstofoxiden%20en%20ammoniak%20komen%20in,bij%20ons%20naar%20binne n%20waait)
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019A). *Nationale emissierichtlijnen lucht*, 5.2. Opgeroepen op 3 13, 2023, van <https://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/lucht/nationale-/>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019B). *Standaard emissieberekeningsmethoden*, 5.2. Opgeroepen op 3 13, 2023, van [infomil.nl: https://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/lucht/nationale-/methoden/](https://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/lucht/nationale-/methoden/)
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022, 12 5). *Tempo omhoog bij verduurzamen bouwmachines*. (Rijksoverheid) Opgeroepen op 3 24, 2023, van [rijksoverheid.nl: https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/12/05/tempo-omhoog-bij-verduurzamen-bouwmachines](https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/12/05/tempo-omhoog-bij-verduurzamen-bouwmachines)
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (2008). *Strategy bites back: It is a lot more, and less, than you ever imagined*. Pearson Education Canada. Opgeroepen op 3 15, 2023
- Munger, J. W., Fan, S.-M., Bakwin, P. S., Goulden, M. L., Goldstein, A. H., Colman, A. S., & Wofsy, S. C. (1998). *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 103, NO. D7, PAGES 8355-8368, APRIL 20, 1998 Regional budgets for nitrogen oxides from continental sources: Variations of rates for oxidation and deposition with season and distance from source regions*. Journal, Harvard University, Engineering and Applied Sciences and Department of Earth and Planetary Sciences, Cambridge. Opgeroepen op 3 23, 2023, van <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/98JD00168>
- NASA. (2011, 06 16). *The Slow Carbon Cycle*. Opgeroepen op 02 14, 2023, van [earthobservatory.nasa.gov: https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle/page2.php](https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle/page2.php)
- Nijenhuis, J. (2022, 05 11). *Hoe ver kan een elektrische vrachtwagen rijden?* Opgeroepen op 5 15, 2023, van [elektrischevrachtwagen.nl: https://www.elektrischevrachtwagen.nl/post/hoe-ver-kan-een-](https://www.elektrischevrachtwagen.nl/post/hoe-ver-kan-een-)



elektrische-vrachtwagen-

rijden#:~:text=ln%20de%20praktijk%20hebben%20elektrische,geen%20380%20kilometer%20per%20dag.

OpenGeoGroep. (2023, 2 7). *IMAER Plugin*, 3.3.1. (R. Nijssen, Redacteur) Opgeroepen op 4 17, 2023, van plugins.qgis.org: <https://plugins.qgis.org/plugins/ImaerPlugin/>

Overheid.nl. (1993). *Wet Milieubeheer*. Opgeroepen op 3 13, 2023, van wetten.overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/2021-01-01>

Overheid.nl. (2014). *Besluit emissiearme huisvesting*. Opgeroepen op 3 13, 2023, van overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0034299/2014-12-18>

Raad van State. (2022, 11 2). *Stikstof*. Opgeroepen op 2 14, 2023, van raadvanstate.nl: <https://www.raadvanstate.nl/stikstof/>

Rabobank. (2022, 10 10). *Wat kost een elektrische vrachtwagen onder de streep?* Opgeroepen op 5 15, 2023, van rabobank.nl: <https://www.rabobank.nl/bedrijven/groei/duurzaamheid/elektrische-bedrijfsmiddelen/elektrische-vrachtwagen-financieel-informatie>

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2021, 6 14). *Ecologisch deskundige*. Opgeroepen op 4 6, 2023, van rvo.nl: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/ruimtelijke-ingrepen/ontheffing-of-vrijstelling/ecologisch-deskundige>

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2020, 10 15). *Emissieberekening mobiele werktuigen*. Opgeroepen op 3 23, 2023, van aerius.nl: <https://www.aerius.nl/nl/factsheets/emissieberekening-mobiele-werktuigen/15-10-2020>

Rijksoverheid. (2021, 1 4). *Natura 2000 en stikstof*. Opgeroepen op 3 13, 2023, van rijksoverheid.nl: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/ecologie/ecologisch-onderzoek/index.aspx>

Rijksoverheid. (2021, 1 1). *Wet natuurbescherming*. Opgeroepen op 3 13, 2023, van wetten.overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037677/2021-01-01>

Rijkswaterstaat. (2020). *Wat is een ecohydrologisch onderzoek*. Opgeroepen op 3 13, 2023, van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/ecologie/ecologisch-onderzoek/index.aspx>

RIVM. (2021, 10 10). *Wat is stikstof?* Opgeroepen op 4 18, 2023, van rivm.nl: <https://www.rivm.nl/stikstof>

RIVM. (2023, 4 6). *AERIUS Calculator*. (2022.1). Opgeroepen op 5 2023, 30, van <https://calculator.aerius.nl/wnb/>

RIVM. (2023, 02 22). *Hotfix AERIUS*, 2022.0.1. Opgeroepen op 03 06, 2023, van aerius.nl: <https://www.aerius.nl/nl/nieuws/hotfix-aerius>

Spruijt, A. (15, 2 2023). Interview Arnout Spruijt planologisch adviseur Iv-Verkeer. (B. Vierwind, Interviewer) Sliedrecht. Opgehaald van bijlage 4

TNO. (2019). *Factsheet Emissies en Depositie van Stikstof in Nederland*. Factsheet, TNO, Den Haag. Opgeroepen op 3 10, 2023, van <https://publications.tno.nl/publication/34634850/8Pywsn/TNO-2019-emissies.pdf>

TNO. (2022, 10 12). *Waterstofverbrandingsmotor maakt zwaar materieel sneller CO2-neutraal*. Opgeroepen op 5 15, 2023, van tno.nl: <https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2022/10/waterstofverbrandingsmotor-co2-neutraal/>

Tognetti, P. M., Prober, S. M., Baez, S., Sankaran, M., Firn, J., Risch, A. C., . . . Wragg, P. D. (2021). *Negative effects of nitrogen override positive effects of phosphorus on grassland legumes worldwide*. Stanford University. PNAS. Opgeroepen op 3 10, 2023, van <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2023718118>



- Tweede Kamer Der Staten-Generaal. (2012, 9 10). *Kamerstuk*. Opgeroepen op 3 23, 2023, van zoek.officielebekendmakingen.nl: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-33348-3.html>
- Tygron B.V. (2020, 11 30). *Stikstodepositie in kaart in het Tygron Platform*. Opgeroepen op 3 21, 2023, van Tygronplatform: <https://www.tygron.com/blog/2020/11/30/stikstofdepositie-in-kaart-in-het-tygron-platform/>
- Van Der Spek Vianen. (2023, 1 16). Personal communication. *Infratech*. Rotterdam.
- Verhees, L. (2023, 5 9). Online masterclass Aan de slag met AERIUS Calculator. Tauw. Opgeroepen op 5 30, 2023, van <https://vimeo.com/825364669?share=copy>
- Verhees, L. (sd). Masterclass Aan de slag met AERIUS calculator. Deventer. Opgeroepen op 5 2023, 9
- Vierwind, B. (2023). *PVA Stikstofreductie bij bouwprojecten*. Iv-Infra, Waterbouw. Arnhem: Van Hall Larenstein University of Applied Sciences. Opgeroepen op 3 17, 2023
- Vierwind, G. A. (2023, 5 23). Stikstofreductiebeslisboom voor transportroute naar project. Arnhem. Opgeroepen op 5 23, 2023, van <https://www.canva.com/design/DAFapPLI6rc/uQZC5eKEYJP17RDgksD6fQ/edit>
- Vries, M. W., Grunsven, R. v., & Swaay, C. v. (2020). *Stikstof, planten en vlinders*. De Vlinderstichting. Wageningen University. Opgeroepen op 3 10, 2023, van <https://edepot.wur.nl/514328>
- WolframAlpha. (2023, 6 15). *Wolframalpha computational intelligence*. Opgeroepen op 6 15, 2023, van wolframalpha.com: <https://www.wolframalpha.com/input?i=y%3D0.5%5E%28-log%28x%29%2F%283+log%28%29+%2B+log%285%29+-+log%2829%29%29%29>
- Z.ERA. (2023, 1 16). Personal communication. *Infratech*. Rotterdam.



BIJLAGEN

A. Bijlage 1: Interview Robin Huijbregts AERIUS-expert Iv-Waterbouw

Datum: 7-2-2023

Hoe is een typische AERIUS-calculatie uitgevoerd?

- Zie video-opname interview

Hoelang duurt het opstellen van het proces van een berekening?

- Afhankelijk van een project. Kan in een extreem geval uitlopen tot 60 uur puur voorbereidingswerk voor de calculatie. Met salderingswerk kan het nog verder uitlopen.

Welke materialen sturen de uitkomst het meest?

- Zeer projectafhankelijk, heeft veel minder invloed dan het materieel.

Welk materieel stuurt de uitkomst het meest?

- Ook projectafhankelijk, vaak het materieel met het meeste vermogen/grootste werk verzet.

Zijn er buiten het wijzigen van parameters opties om een afgekeurd project goed te laten keuren?

- Bij afwijzing kan er een ecologisch advies (natuurwaarden waar de overschrijding plaatsvindt) opgesteld worden wat mogelijk alsnog kan leiden tot een goedkeuring van de vergunning.

Hoe gaat salderen in zijn werk?

- Intern: bijvoorbeeld een autoweg stilleggen voor renovatie/onderhoudt en dat de auto's die niet rijden dan ook meegenomen mogen worden in de calculatie.
- Extern: bijvoorbeeld een boerenbedrijf dat bepaalde stikstofdepositierechten heeft en die "verkoopt" aan een vliegveld. Dit gaat meestal in een percentage van echt gebruik en een percentage natuurherstel.

Zijn er interessante parameters die nog onbekend zijn voor jou?

- Type situaties bij berekening (bijvoorbeeld beoogd)
- Gevoeligheidsanalyse punt, polylijn en polygoon invoer
- Stageklasse noox filter

Zijn er tips die je mij mee kan geven in mijn onderzoek?

- Wind komt uit het westen dus slim om de projectwerkzaamheden op het oosten van natuurgebieden te plaatsen. Daardoor is er veel minder stikstofdepositie op de natuurgebieden wat je uiteindelijk ook probeert te verminderen.



- Doorklikken en veel parameters uitproberen in de AERIUS-calculatie
- De artikelen op de site van AERIUS goed bestuderen.



B. Bijlage 2: Stappen uitvoering AERIUS-calculaties binnen Iv-Infra

In te zetten materieel:

1. Exceltemplate “In te zetten materieel” opstarten;
2. Werkuren per dag invullen;
3. Overzicht maken met welke activiteiten er uitgevoerd moeten worden onder activiteiten;
4. Per activiteit: inschatten welk type werktuig daar voor nodig is (soms is er wat in voorgeschreven maar meestal inschatting);
5. Per activiteit en type werktuig: brandstof, bouwjaar (over algemeen inschatting), Vermogen, SCR (ja/nee) en gemiddelde belasting (percentage van hoeveel vermogen tijdens het werk daadwerkelijk uitgevoerd wordt op basis energieverbruik) invullen;
6. Brandstof- en AdBlue verbruik wordt hierna automatisch ingevuld aan de hand van bouwjaar, gemiddelde belasting en maximaal vermogen, rekening houdende met motorefficiëntie en optimale efficiëntie;
7. Per activiteit en type werktuig: hoeveelheid werkdagen van toepassing zijn invullen;
8. Per activiteit en type werktuig: aantal werktuigen met dezelfde reeks voorgaande invoerparameters van toepassing invullen;
9. Noteer het, via Excel, berekende brandstofverbruik (l/jaar), gebruiksduur en AdBlue verbruik voor iedere van toepassing zijnde stageklasse. Dit wordt later gebruikt voor de invoer in AERIUS (stap 30).
10. Excel open laten staan voor nog te bepalen weg- (vanaf stap 11) en watertransport (vanaf stap 16).

Wegtransport:

11. Tab “Transport over de weg” openen;
12. Werkduur in dagen bepalen en invullen;
13. Wegtransportactiviteiten invullen;
14. Type voertuig per wegtransportactiviteit invullen;
15. Per activiteit en type voertuig het aantal vervoersbewegingen, het percentage oponthoud, wegtype en elementbron invullen;

Watertransport:

16. Tab “Transport over water” openen;
17. Werkduur in dagen bepalen en invullen;
18. Watertransportactiviteiten en CEMT-klasse watergang invullen;
19. Type voertuig per wegtransportactiviteit invullen;
20. Per activiteit en type voertuig het aantal vervoersbewegingen, het percentage belaste aanvoer en het percentage belaste afvoer invullen;

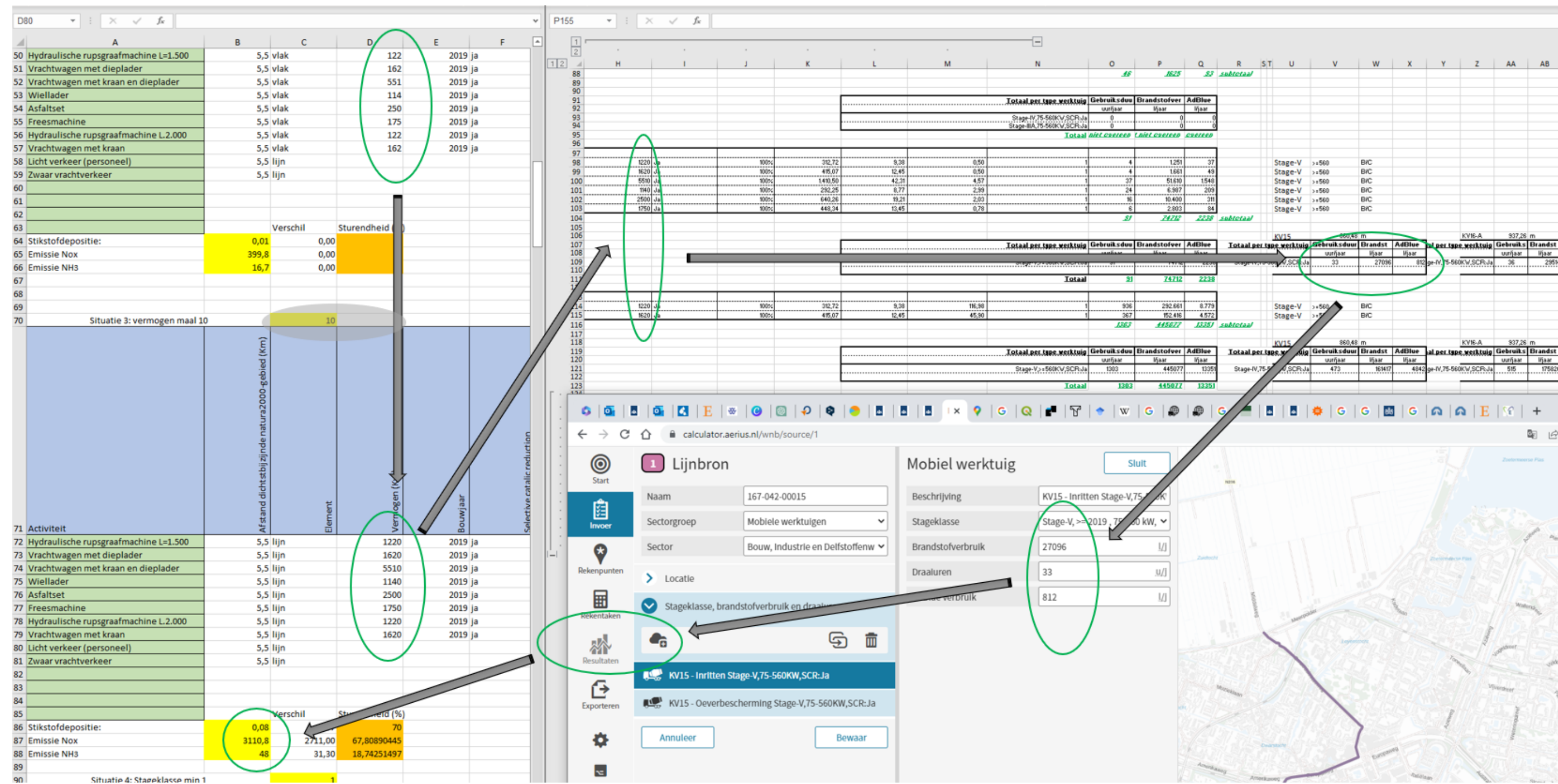
Invoer in AERIUS:

21. Ga naar de website “calculator.aerius.nl/wnb/”
22. Start een nieuwe situatie door op het blauwe veld “Nieuwe situatie” te klikken;
23. Voer het juiste type situatie (in het voorbeeld was dit beoogd) en het rekenjaar in;
24. Klik op emissiebronnen;



25. *Klik op het “Nieuwe bron” wolkje met een plusje;
26. Vul de sectorgroep “Mobiele werktuigen” in;
27. Vul de juiste sector in;
28. Klik op het juiste element (punt, lijn of vlak) wat bij de desbetreffende activiteit uit stap 3 hoort. Indien er meerdere activiteiten op dezelfde locatie plaatsvinden in dezelfde stageklasse en ruimtelijke en ingetekende elementvorm, dan kan de sommatie van het brandstofverbruik, gebruiksduur en AdBlue verbruik van die activiteiten en werktuigen gebruikt worden in de onderstaande stappen;
29. Teken het aangeklikte element in op de van toepassing zijnde locatie in de desbetreffende vorm;
30. Vul de juiste stageklasse, brandstofverbruik, draaiuren en AdBlue verbruik in zoals genoteerd in stap 9. Er kunnen meerdere subbronnen aan dezelfde elementen gekoppeld worden;
31. Als er nog materieelactiviteiten zijn die niet als bron toegevoegd zijn voor het desbetreffende werk, begin dan weer bij stap 25 tot alle materieelactiviteiten in het AERIUS-systeem staan;
32. Klik nogmaals op emissiebronnen;
33. Voer de sectorgroep “Wegverkeer” in;
34. Teken het lijn-element van het wegverkeer in voor een wegtransportactiviteit uit stap 13 volgens de meest logische route;
35. Vul het wegtype en richting van voertuig in die bij die activiteit hoort;
36. Vul het aantal verplaatsingen over van A naar B en vice versa in per jaar bij de toepasselijke soort (licht verkeer, Middelzwaar vrachtverkeer, etc.) met het bijbehorende percentage van vertraging door bijvoorbeeld file zoals bepaald in stap 15;
37. Als er verkeersactiviteiten niet als bron toegevoegd zijn in het AERIUS-systeem start dan weer bij stap 30;
38. Voer de sectorgroep “Scheepvaart” in;
39. Teken het lijn-element van het vaarverkeer in voor een vaaractiviteit uit stap 20 volgens de meest logische route;
40. Vul het vaarwater type in die bij de activiteit hoort;
41. Vul het aantal verplaatsingen over van A naar B en vice versa in per jaar per type vaartuig met het bijbehorende percentage van belading voor de ingetekende lijn, klik voor ieder nieuw vaartuig op de wolk met een plusje onder het vaarwater;
42. Als er Scheepsvaartactiviteiten nog niet als bron toegevoegd zijn in het AERIUS-systeem start dan weer bij stap 30;
43. Klik op de rechter tab “rekentaken”;
44. Vul de voor het project relevante opties in en klik op bereken.

C. Bijlage 3: Voorbeeld processtroom invoerparameterwijziging





D. Bijlage 4: Interview Arnout Spruijt planologisch adviseur Iv-Verkeer

Datum: 15-2-2023

Voor welke activiteiten voeren de mensen die jij adviseert AERIUS-calculaties uit?

- 2 dingen, bestemmingsplan. Ruimtelijke onderbouwing buitenplans afwijken. Vooral VO.

Waar loop je/anderen het meest tegenaan bij het maken van een AERIUS-calculatie?

- Weinig mensen die het kunnen. Vrij veel onbekende juridische procedures.
- Procedure na te hoge depositiewaarde kan zo 1,5 jaar duren. Formeel alleen een halfjaar maar in de praktijk blijkt het anders te zijn.
- Niemand wil slapende honden wakker maken.

Welke maatregelen adviseer je het meest aan collega's om de voortoets op de norm te krijgen?

- Adbleu

Welke invoer is het meest sturend?

- Praat met teddy vink. Deze en voorgaande vraag stellen.

Je hebt het gehad over beheer en onderhoudsmaatregelen, waar zat je zelf aan te denken?

- Voortoets door wetgever, zelf gok nemen is niet handig. Duur ligt aan de complexiteit, zou rekenen met 4 weken om safe te zijn.

Zijn er nog tips die je mij mee kan geven in mijn onderzoek?

- Let vooral op afbakening



E. Bijlage 5: Inventarisatie parameterwijzigingen

Fictieve situatie:

Wijziging uitgevoerd op het fictieve project:

- Het project wordt 2 km verplaatst in elke windrichting (Ficsitmw sit1 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: 4 maal de puntlocatie van de revsit 2 km verplaatsen. Dit in elke windrichting.
Resultaat: Van een stikstofdepositiewaarde van 0,35 mol N/ha/jr naar nihil in rekenpunt 1 voor alle 4 de richtingen. Aangezien hier gebruik gemaakt was van een aantal rekenpunten rondom de revsit kon er wel de windrichting mee bepaalt worden. De windrichting met de grootste impact op de uitkomst is noordoost. Dus als het Natura-2000 gebied zich richting het noordoosten van het bouwproject bevindt, ondervindt het Natura-2000 gebied relatief meer stikstofdepositie.
- Element (Ficsitmw sit2 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Het puntelement wordt omgezet naar een vlakelement wat rekenpunt 1 nu omsluit in plaats van ernaast ligt.
Resultaat: 0.98 mol N/ha/jr. Een stijging van 180 procent bovenop het origineel. Deze stijging komt vanwege de geringe afstand tot het rekenpunt en zou met een grotere afstand een verwaarloosbaar resultaat geven. Zie ook de grafiek met trendlijnen tussen de invoerparameter afstand en de stikstofdepositie in Bijlage 9: Verband invoerwijziging AERIUS-uitkomst.
- Vermogen (Ficsitmw sit3 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Vermogen maal 100.
Resultaat: 64.89 mol N/ha/jr voor rekenpunt 1.
- Bouwjaar (Ficsitmw sit4 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Stageklasse wordt 1 trap omlaag gevoerd door het bouwjaar 2019 te veranderen naar 2018.
Resultaat: 0.37 mol N/ha/jr voor rekenpunt 1.
- Selective catalic reduction (Ficsitmw sit5 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Alle AdBlue invoer in AERIUS die groter is dan 0, wordt omgezet naar 0. Dit komt neer op een afname van 533 liter AdBlue per jaar.
Resultaat: 2.26 mol N/ha/jr voor rekenpunt 1.
- Gemiddelde belasting (Ficsitmw sit6 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: De gemiddelde belasting wordt maal 1,5 gedaan zodat de waarde voor al het materieel van 35% naar 87.5% verplaatst wordt.



Resultaat: 0.82 mol N/ha/jr voor rekenpunt 1.

- Duur toepassing (Ficsitmw sit7 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: De duur van toepassing werd vermenigvuldigd met 100.

Resultaat: 36.61 mol N/ha/jr voor rekenpunt 1.

Dokhaven Aanvaarbeveiliging:

Wijzing uitgevoerd op project Dokhaven Aanvaarbeveiliging:

- Afstand tot dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied (Dh Ab sit1 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: De afstand tot het meest zuidelijke puntje van het project tot aan het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied de Oude Maas gedeeld door 4 en het project op die afstand richting het zuiden ingetekend op basis van dezelfde afstanden van de lijnelementen in dezelfde richting.

Resultaat: een toename naar 0.05 mol N/ha/jr voor Natura-2000 gebied Oude Maas.

- Vermogen (Dh Ab sit2 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Vermogen maal 10. Stage lv>560 kw en AdBlue bestaat niet in de calculator, dus de AdBlue optie vervalt tijdens deze wijzing.

Resultaat: 0.03 mol N/ha/jr op Natura-2000 gebied Oude Maas.

- Element (Dh Ab sit3 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: De uitvoeringswerkzaamheden vervangen van punt naar polygoon.

Resultaat: 0.01

- Bouwjaar (Dh Ab sit4 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Stageklasse werd 1 type omlaag gevoerd.

Resultaat: 0.01

- Gemiddelde belasting (Dh Ab sit14 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing)

Wijzing: Gemiddelde belasting maal 2,5.

Resultaat: 0.01

- Selective catalic reduction (Dh Ab sit5 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Alle AdBlue invoer in AERIUS die groter is dan 0, wordt omgezet naar 0.

Resultaat: 0.01



- Duur toepassing (Dh Ab sit6 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Het aantal werkdagen maal 2.5. Meer kan bijna niet. Dit komt neer op 250 werkdagen en 8384 uur aan
Resultaat: 0.02
- Lengte lijnelement wegvervoer (Dh Ab sit7 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Lengte van het lijnelement wegvervoer maal 4. In de tegenovergestelde richting van het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied.
Resultaat: 0.01
- Wegvervoerbewegingen (Dh Ab sit8 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Het aantal wegvervoerbewegingen werd maal 40 gedaan.
Resultaat: 0.01
- Wegvervoer in file/oponhoud (Dh Ab sit9 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Het tijdspercentage wegvervoer met oponhoud werd vermenigvuldigd met 20. Dit is een maximale verhoging naar 100% oponhoud
Resultaat: 0.01
- Lengte lijnelement watervervoer (Dh Ab sit10 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Lengte maal 50. Van 355,11 meter naar 17.755,57 km. Dit was namelijk een zeer klein onderdeel van het werk.
Resultaat: De AERIUS-rekentaak duurt relatief lang (4 uur), advies is om de lengte van het watervervoer niet aan te passen tenzij er geen andere opties meer zijn. 0.01
- Watervervoerbewegingen (Dh Ab sit11 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Watervervoerbewegingen maal 1000. Idem als sit10 gaat het in dit project om een kleine vaarbeweging dus werd er een grote factor toegepast om de impact te analyseren. De factor 20 is gebruikt op de duur van toepassing om het project een meetbare stikstofdepositie te geven. De factor die hier gebruikt werd moest om deze reden een veelvoud van de factor zijn. Aangezien deze factor geen limiet heeft is er voor de factor 1000 gekozen.
Resultaat: 0.01
- % Belast watervervoer (Dh Ab sit12 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Belast wateraanvoer naar 100% met een wijzigingsfactor van 1,25.



Resultaat: 0.01

- % Belast waterafvoer (Dh Ab sit13 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing).

Wijzing: Belast waterafvoer naar 100% met een wijzigingsfactor van

Resultaat: 0.01

Hopperlosplaats

Wijzing uitgevoerd op project Hopperlosplaats:

- Afstand tot dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied (HLplaats sit1 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: De afstand tot het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied werd gehalveerd.

Resultaat: 0.51 mol N/ha/jr.

- Vermogen (HLplaats sit3 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Vermogen maal 10.

Resultaat: 1.27 mol N/ha/jr.

- Element (HLplaats sit2 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Alle puntelementen vervangen voor vlakelementen.

Resultaat: 0.13 mol N/ha/jr.

- Selective catalic reduction (HLplaats sit4 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: 0 Invullen bij AdBlue in AERIUS.

Resultaat: 0.15 mol N/ha/jr.

- Bouwjaar (HLplaats sit5 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Alle stageklassen 1 trap omlaag.

Resultaat: 0.28 mol N/ha/jr.

- Gemiddelde belasting (HLplaats sit6 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: De gemiddelde belasting maal 2,5.

Resultaat: 0.31 mol N/ha/jr.

- Lengte lijnelement wegvervoer (HLplaats sit7 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);



Wijzing: De lengte van het lijnelement voor wegvervoer 4 maal vergroten in de tegenovergestelde richting van het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied.

Resultaat: 0.13 mol N/ha/jr.

- Wegvervoerbewegingen (HLplaats sit8 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Wegvervoerbewegingen maal 1000.

Resultaat: 0.16 mol N/ha/jr.

- Wegvervoer in file/oponhoud (HLplaats sit9 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: File/oponhoud naar 100%. Dit was bereikt door het percentage plus 100.

Resultaat: 0.13 mol N/ha/jr.

- Lengte lijnelement watervervoer (HLplaats sit10 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: De lengte van het lijnelement watervervoer 10 maal vergroten in de tegenovergestelde richting van het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied.

Resultaat: 0.13 mol N/ha/jr.

- Watervervoerbewegingen (HLplaats sit11 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Maal 1000.

Resultaat: 0.27 mol N/ha/jr.

- % Belast watervervoer (HLplaats sit12 en sit 13 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Al het belaste watervervoer van afvoer naar aanvoer. En vice versa.

Resultaat: 0.13 mol N/ha/jr in beide gevallen.

- % Belast waterver- en -afvoer (HLplaats sit14 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing).

Wijzing: Maal 7.

Resultaat: 0.13 mol N/ha/jr.

- Duur toepassing (HLplaats sit15 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing).

Wijzing: Maal 10.

Resultaat: 1.29 mol N/ha/jr.

Rotonde N216 Goudriaan

Wijzing uitgevoerd op project Rotonde N216 Goudriaan:



- Afstand tot dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied (N216 sit1 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Het bouwproject is verplaatst naar een afstand van 0.786, 1, 2, 3, 6 en 8 km tot het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied rekenpunt. Op de verschillen van deze waarden is een trendlijn gehangen die het verband aantoont.
Resultaat: Zie Bijlage 9: Verband invoerwijziging AERIUS-uitkomst
- Element (N216 sit2 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Vlakelementen vervangen voor punt.
Resultaat: 0.03
- Vermogen (N216 sit3 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Maal 10.
Resultaat: 0.42
- Bouwjaar (N216 sit4 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Stageklasse 1 trap omlaag door alle bouwjaar naar 2013 te veranderen.
Resultaat: 0.09
- Selective catalic reduction (N216 sit5 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Geen AdBlue toevoegen waar het wel mogelijk is.
Resultaat: 0.29
- Duur toepassing (N216 sit6 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Maal 10.
Resultaat: 1.54
- Lengte lijnelement wegvervoer (N216 sit7 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Maal 8 in de tegenovergestelde richting van het rekenpunt.
Resultaat: 0.03
- Wegvervoerbewegingen (N216 sit8 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);
Wijzing: Maal 1000.
Resultaat: 0.05



- Wegvervoer in file/oponthoud (N216 sit9 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Naar 100% door maal 20.

Resultaat: 0.03

- Gemiddelde belasting (N216 sit10 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Maal 2.

Resultaat: 0.06

Meer en Geerweg

Wijzing uitgevoerd op project Meer en Geerweg:

- Afstand tot dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied (sit1 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Het bouwproject is verplaatst naar een afstand van 1, 2, 3, 4 en 5 km tot het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied rekenpunt. Op de verschillen van deze waarden is een trendlijn gehangen die het verband aantoont.

Resultaat: Zie Bijlage 9: Verband invoerwijziging AERIUS-uitkomst

- Vermogen (sit2 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Maal 10.

Resultaat: 0.08

- Bouwjaar (sit3 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Stageklasse 1 trap omlaag door het bouwjaar van al het materieel in te voeren als 2018.

Resultaat: 0.01

- Selective catalic reduction (sit4 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Geen AdBlue toevoegen waar dat wel kan.

Resultaat: 0.02

- Element (sit5 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Alle lijnelementen van de mobiele werktuigen vervangen door vlakelementen.

Resultaat: 0.01

- Gemiddelde belasting (sit6 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Maal 4/3.



Resultaat: 0.01

- Duur toepassing (sit7 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Maal 3

Resultaat: 0.02

- Lengte lijnelement wegvervoer (sit8 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Maal 10

Resultaat: 0.02

- Wegvervoerbewegingen (sit9 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

Wijzing: Maal 1000

Resultaat: 4.84

- Wegvervoer in file/oponthoud (sit10 in Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing);

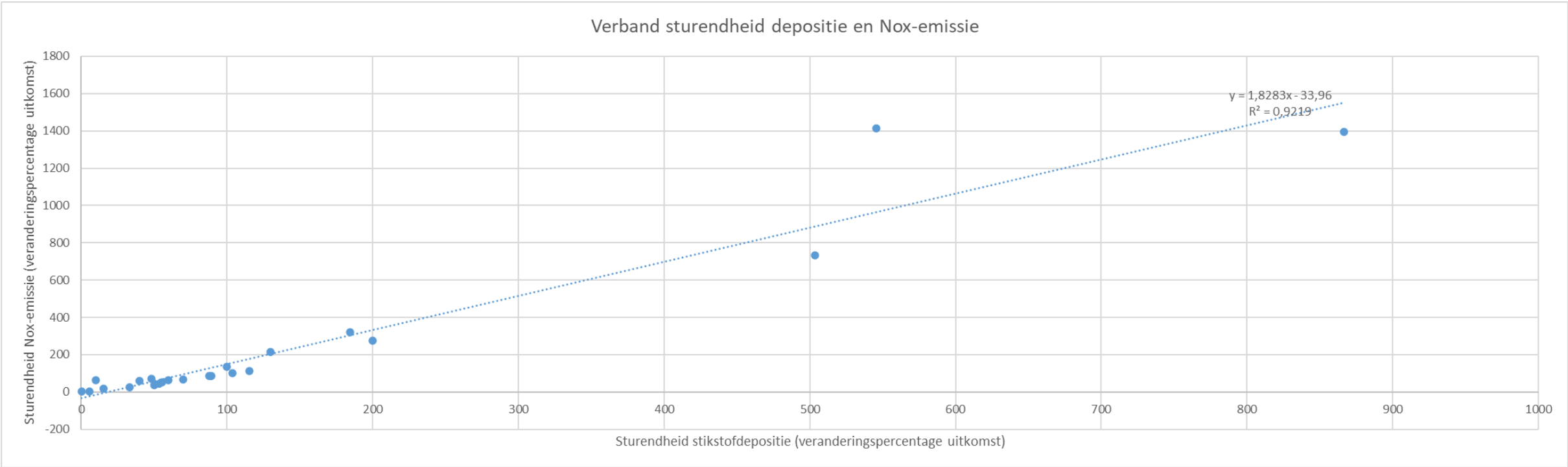
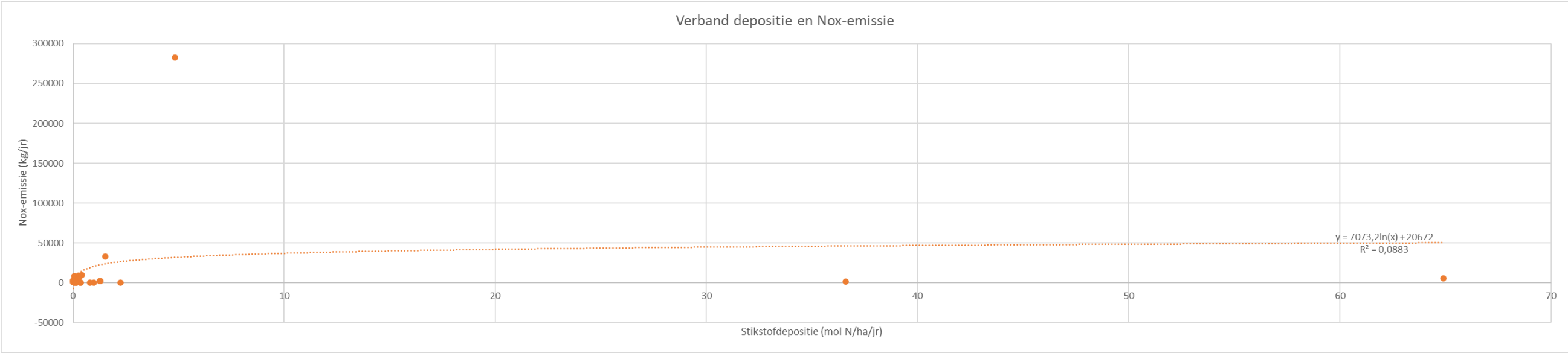
Wijzing: Maal 20 waardoor het totale oponthoud 100% werd.

Resultaat: 0.01



F. Bijlage 6: Uitvoeringsmatrix en verband wijzigingen invoerparameters

Project	Fictieve situatie							Aanvaarbeveiliging Dokhaven Rotterdam							Hopperlosplaats							Meer en Geerweg							Ronde N216							Gemiddelde waardeoordeel									
Invoerparameterwijziging		Resultaat			Sturendheid (%)				Resultaat			Sturendheid (%)				Resultaat			Sturendheid (%)				Resultaat			Sturendheid (%)				Resultaat			Sturendheid (%)			Stijgingssturendheid (%)			Reductiesturendheid (%)						
	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Dep	Nox	NH3	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Dep	Nox	NH3	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Dep	Nox	NH3	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Dep	Nox	NH3	Operatie	mol N/ha/jr	Kg/jr Nox	Kg/jr NH3	Dep	Nox	NH3	Dep	Nox	NH3	Dep	Nox	NH3				
Refsit		0,35	17,2	1,9					0,01	1101,1		2,8				0,13	227,1		0,4					0,01	399,8		16,7					0,03	446,2		47,7					0		0			
"Transportbewegingsafstand tot Natura-2000 gebied"																																								0		0			
Vermogen	x100	64,89	5524,8	176,2	184	320	91,7	x10	0,07	8175,1	27,1	60	64,2	86,8	10	1,27	2147,6	4	88	85	90	10	0,08	3110,8	48	70	68	19	10	0,42	10000	5	130	214	-9	106,42	150,17	55,66301	52	60	36				
Element	x1	0,98	17,2	1,9	180	0	0	->[]	0,01	1101,1	2,8	0	0	0	1	0,13	227,1	0,4	0	0	0	1	0,01	399,8	16,7	0	0	0	1	0,03	446,2	47,7	0	0	0	36	0	0	26	0	0				
Stagetype	-1	0,37	17,4	1,9	5,71	1,16	0	-1	0,01	1173,8	2,9	0	6,6	3,57	-1	0,28	480,5	0,9	115	112	125	1	0,01	400,2	16,7	0	0,1	0	-1	0,09	1674	50,1	200	275	5	64,219	78,889	26,714	39	44	21				
gemiddelde belasting	x2,5	0,82	35,6	4,4	53,7	42,8	52,6	x2,5	0,01	1757,2	6,7	0	23,8	55,7	2,5	0,31	524,5	1	55	52	60	1,33333	0,01	432,2	18,2	0	6,1	6,7		0,06	782,4	91,8	50	37,7	46	31,819	32,55	44,26016	24	25	31				
Selective catalic reduction	Geen	2,26	260,1	1,9	546	1412	0	Geen	0,01	1406	2,8	0	27,7	0	Geen	0,15	267,2	0,6	15	18	50	1	0,02	944,9	16,7	100	136	0	Geen	0,29	6662,2	47,7	867	1393	0	305,55	597,38	10	75	86	9				
Duur toepassing	x100	36,61	1734,9	186,2	104	99,9	97	x2,5	0,02	2778,6	7	40	60,9	60	10	1,29	2177,9	4,1	89	86	93	3	0,02	727,2	30,7	33	27	28	10	1,54	33200	500,6	503	734	95	153,9	201,6	74,47882	61	67	43				
Lengte lijnelement wegvervoer								x4	0,01	1102,6	2,9	0	0,03	0,89	10	0,13	305,7	0,4	0,1	0	0	10	0,02	2941,8	124	10	64	64	8	0,03	449,8	48	0	0,1	0,1	2,5325	15,937	16,30574	2	14	14				
wegvervoerbewegingen								x40	0,01	1120	4	0	0,04	1,07	1000	0,16	316,7	5,5	0	0	1,3	1000	4,84	282500	11900	48	71	71	1000	0,05	951,1	85	0,07	0,11	0,1	12,097	17,689	18,39553	11	15	16				
wegvervoer in file/oponhoud								x20	0,01	1101,4	2,8	0	0	0	,+100	0,13	227,2	0,4	0	0	0	20	0,01	509,1	16,8	0	1,4	0	20	0,03	446,6	47,8	0	0	0	0	0,3433	0,009985	0	0	0	0			
Lengte lijnelement watervervoer								x50	0,01	1112,6	2,8	0	0,02	0	10	0,13	305,7	0,4	0	3,5	0																		0	1,7409	0	0	2	0	
Watervervoerbewegingen								x1000	0,01	1335,6	2,8	0	0,02	0	1000	0,27	8952,9	0,4	0,1	3,8	0																	0,054	1,9316	0	0	2	0		
% Belast watervervoer								x1,25	0,01	1101,1	2,8	0	0	0	Alles naa	0,13	227,1	0,4	0	0	0																		0	0	0	0	0	0	
% Belast waterafvoer								x2,5	0,01	1101,1	2,8	0	0	0	Alles naa	0,13	227,1	0,4	0	0	0																	0	0	0	0	0	0		
% Totale waterafvoer															7	0,13	233	0,4	0	0,4	0																0	0,1856	0	0	0	0	0		





G. Bijlage 7: Documentatie projectberekening AERIUS voor alle in §4.4 uitgevoerde referentiesituaties en wijzing

Doordat het toevoegen van deze documentatie het rapport van 84 naar 948 bladzijden laat gaan, was ervoor gekozen om dit als een apart document bij te voegen. Dit document heeft de naam "AERIUS_projectberekeningen_Stikstofreductiemaatregelenroutekaart".



H. Bijlage 8: Interview Gertjan Koopman, docent wiskunde Van Hall Larenstein, University of Applied Sciences

Datum: 4-4-2023

- Hoe zou je een formule opstellen die de invloed uit wil drukken van een invoerparameter op een AERIUS-calculatie?

Probeer eerst te werken met een factor 2, 4, 8, 16, 32, etc om een juist beeld te schetsen van de factor. Dit kan in een grafiek uitgedrukt worden. Zie vraag 2. Dit hoeft maar voor 1 project.

- Hoe test je of een formule een lineair, exponentieel of ander verband heeft?

Excel trendline, kijk naar de R^2 voor de betrouwbaarheid. Hoogste R^2 waarde is het beste want dit geeft de fit van de data met het lineaire, exponentiële of andere verband weer.

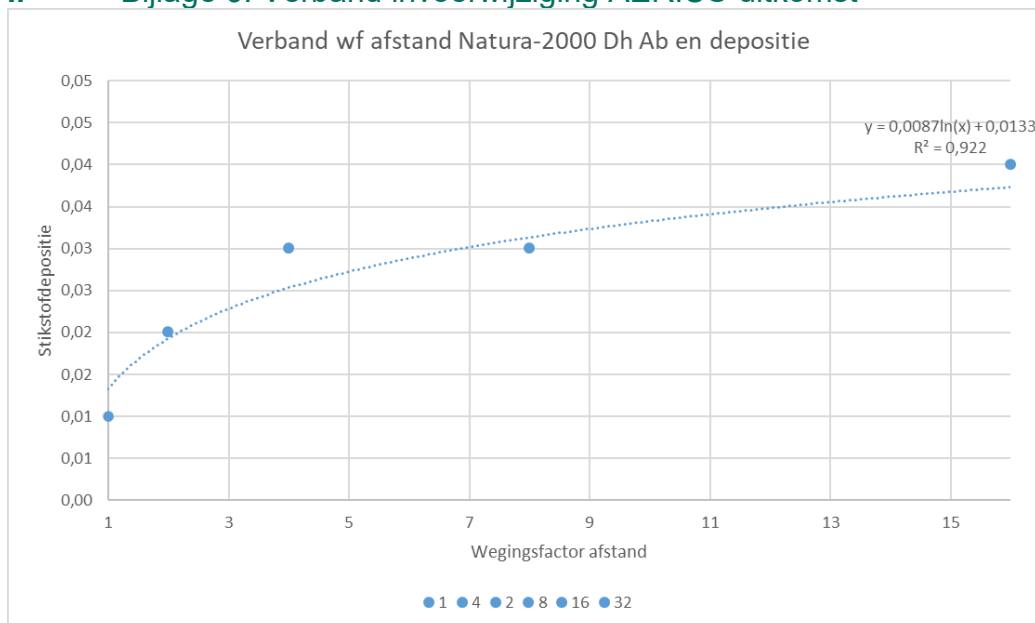
- Heb je een tip voor de formule die ik al opgesteld heb?

De referentiewaarde is meestal een gestandaardiseerde waarde, qua formulering is dat vervelend om te zien. Mijn tip is: noem het anders.

- Nog verdere tips/trics?

Probeer het niet nog ingewikkelder te maken haha. Het is al erg ingewikkeld zoals je het nu hebt.

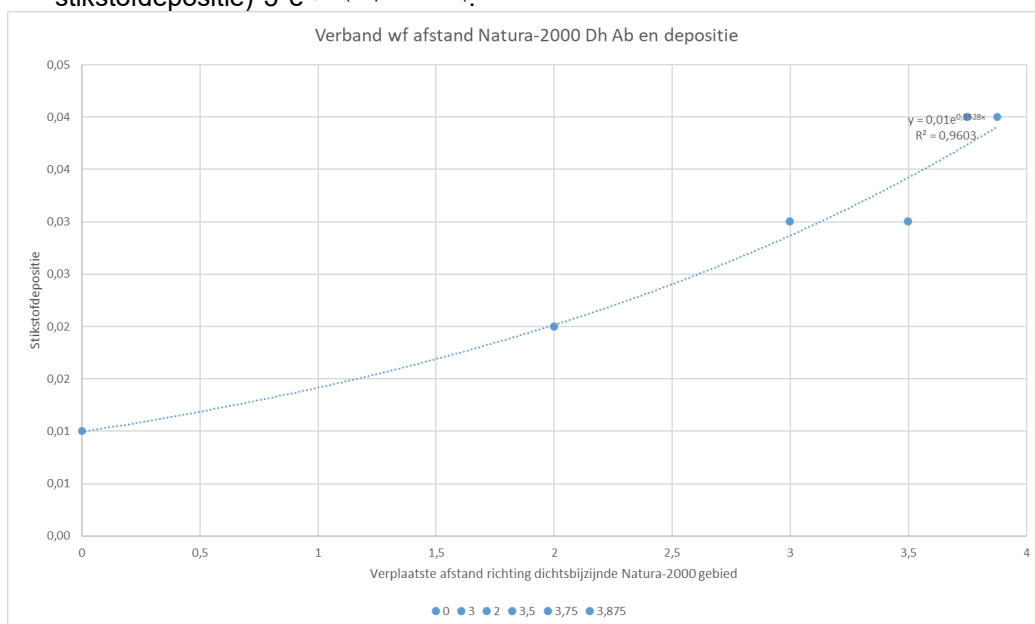
I. Bijlage 9: Verband invoerwijziging AERIUS-uitkomst



- Afstand tot dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied;

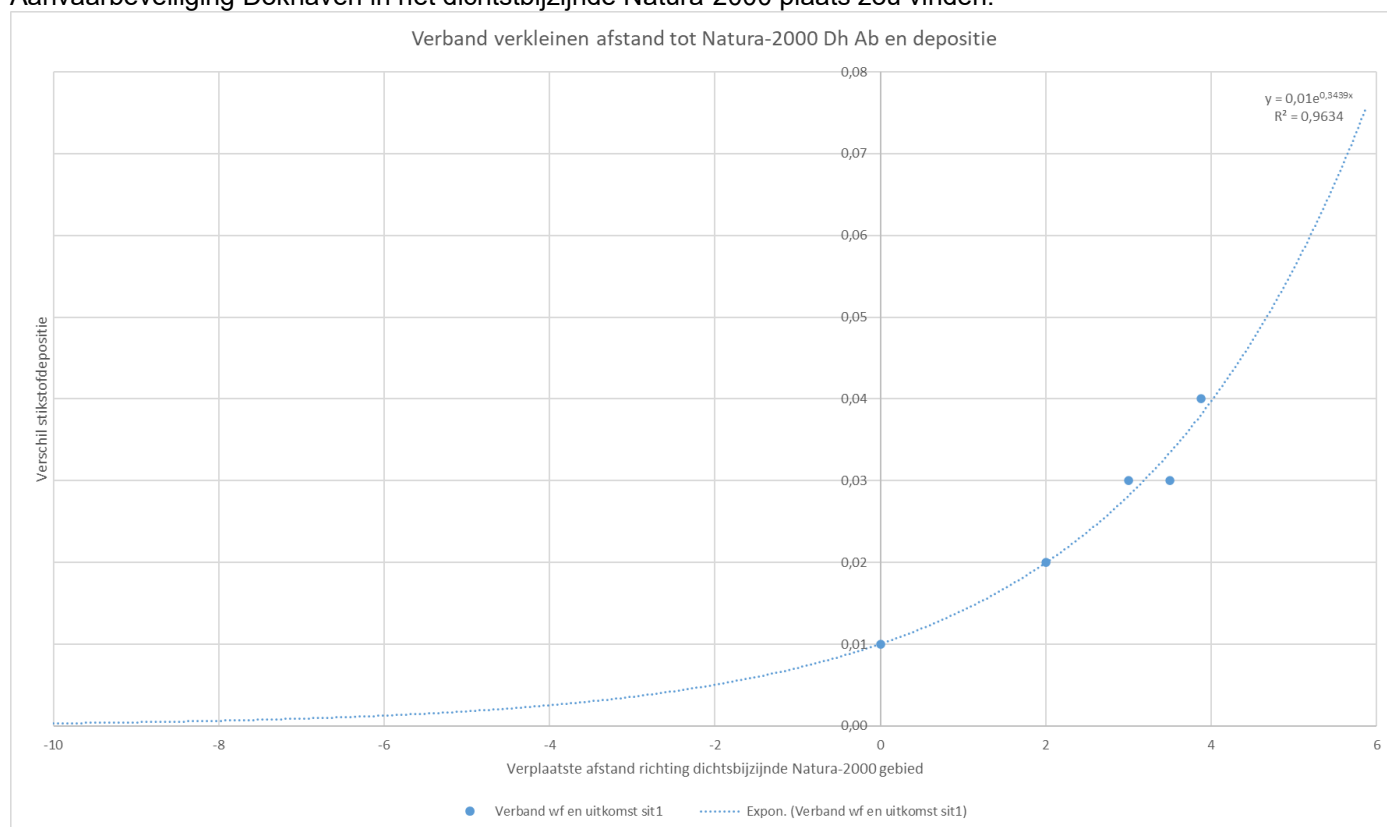
Logaritmisch: Uitkomst = $0,0087\ln(wf) + 0,0133$ met een R^2 van 0,922.

Ook al zijn er maar 5 punten gaat het hier duidelijk om een logaritmisch verband. Om deze reden moet er een andere formule gehanteerd worden om de juiste vergelijking met de andere invoerparameters te hanteren. Als er in plaats van een invoerwijziging de verplaatste afstand ingevuld wordt dan komt er de volgende exponentiële formule uit: Uitkomst = (beginstikstofdepositiewaarde project) $e^{0,3528(\text{afstand in km})}$ met een R-waarde van 0.9603. Zie ook de grafiek hieronder. Uitkomst = (beginwaarde stikstofdepositie)* $3 * e^{0,57 * (\text{verplaatste km})}$.

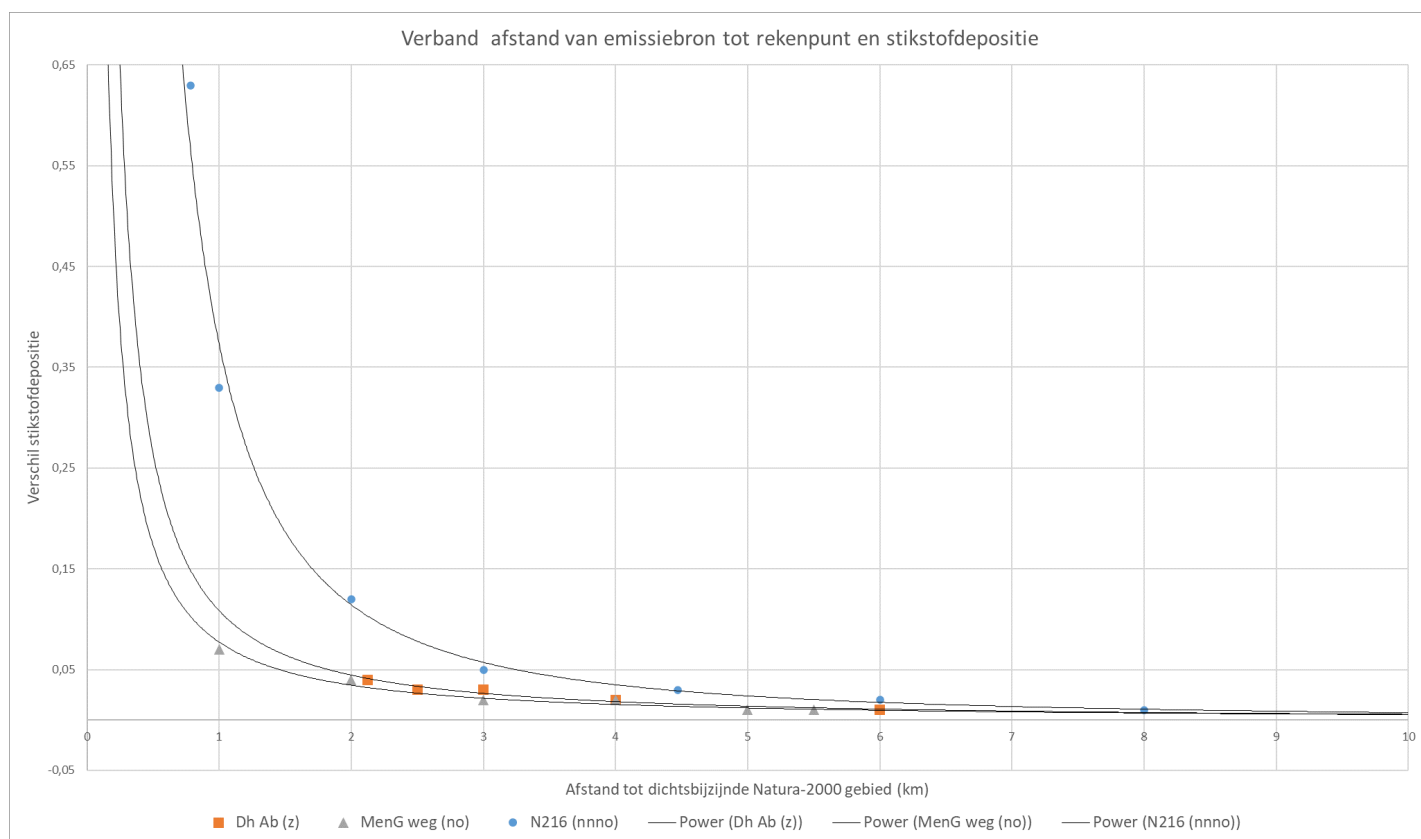




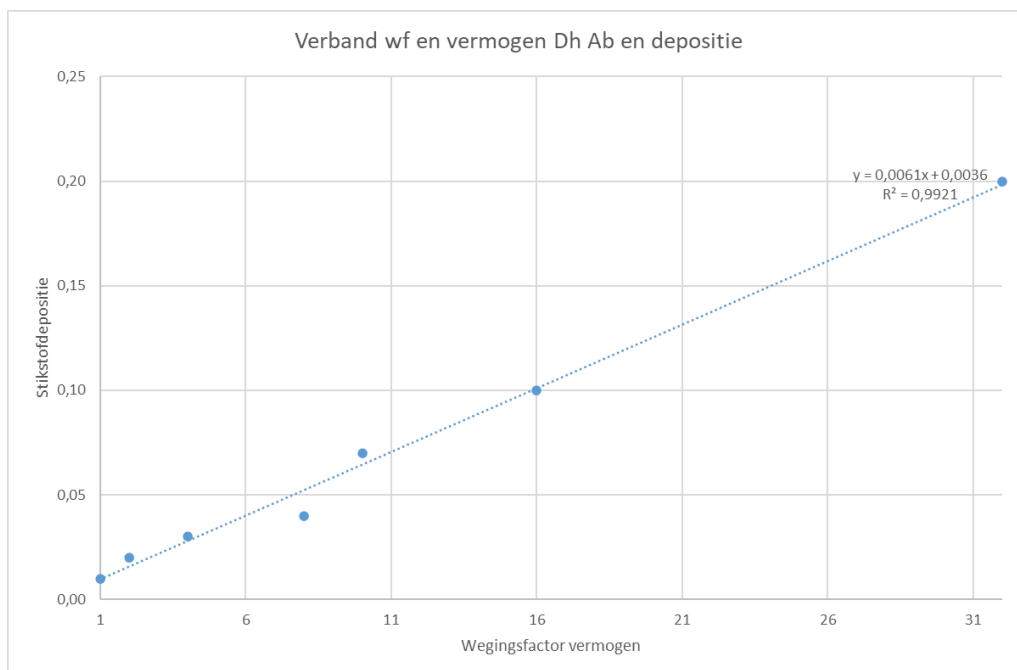
Uit de trendlijn van deze grafiek blijkt dat hoe dicht het project bij een Natura-2000 gebied wordt geplaatst, hoe meer de stikstofdepositie toeneemt met een exponentieel verband. Dit wil zeggen dat de opties om bijvoorbeeld het wegverkeer te verplaatsen steeds minder relevant wordt. Dit is weergegeven in de onderstaande grafiek waar de waarde -10 betekent dat het project 10 km verder van het Natura-2000 gebied verplaatst wordt. De waarde 6 voorspelt de fictieve situatie die plaats zou vinden als het hele project Aanvaarbeveiliging Dokhaven in het dichtstbijzijnde Natura-2000 plaats zou vinden.



Vanwege het niet uit kunnen voeren van een waardeoordeel in vergelijking met de andere invoerparameters door het niet-lineaire verband, is er voor de invoerparameter “Afstand tot het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied” een andere aanpak gebruikt. Deze andere aanpak is een gevoeligheidsanalyse van de totale afstand. De gevoeligheid is beoordeeld door de afstand bij de 5 projecten steeds een kilometer te veranderen. De resultaten zijn uitgedrukt in de onderstaande grafiek.



- Punt-, lijn- of vlakelement;
Niet meegenomen vanwege enkele wijziging en dus geen mogelijke factor.



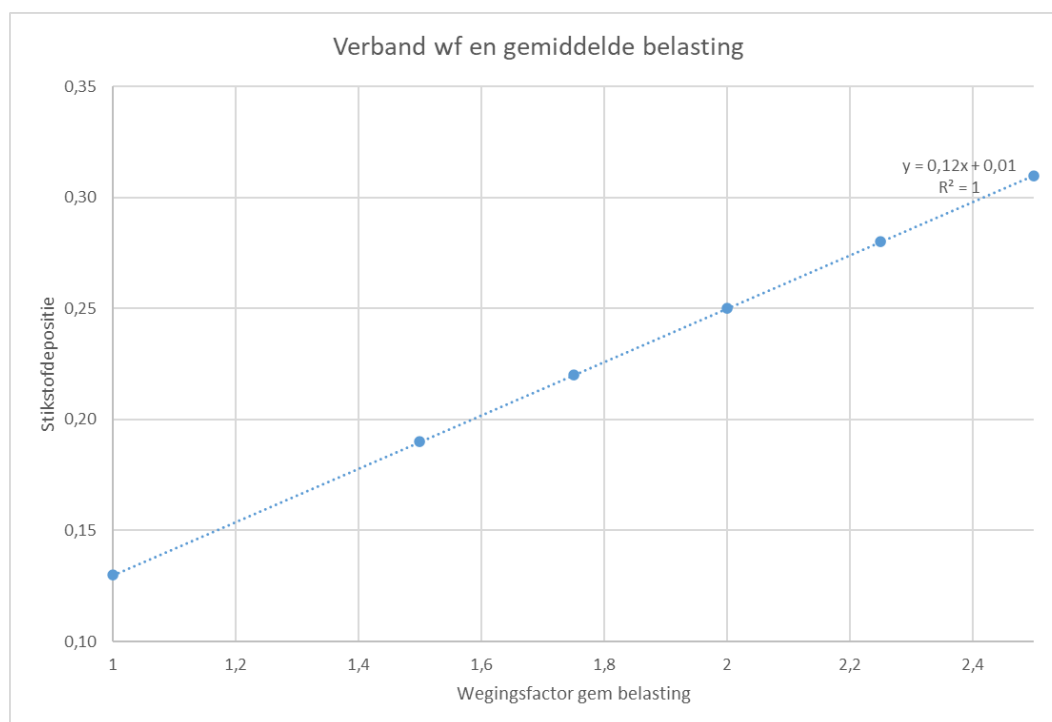
- Vermogen;

Lineair: Uitkomst = $0,0061wf + 0,0036$ met een R-waarde van 0,9921.

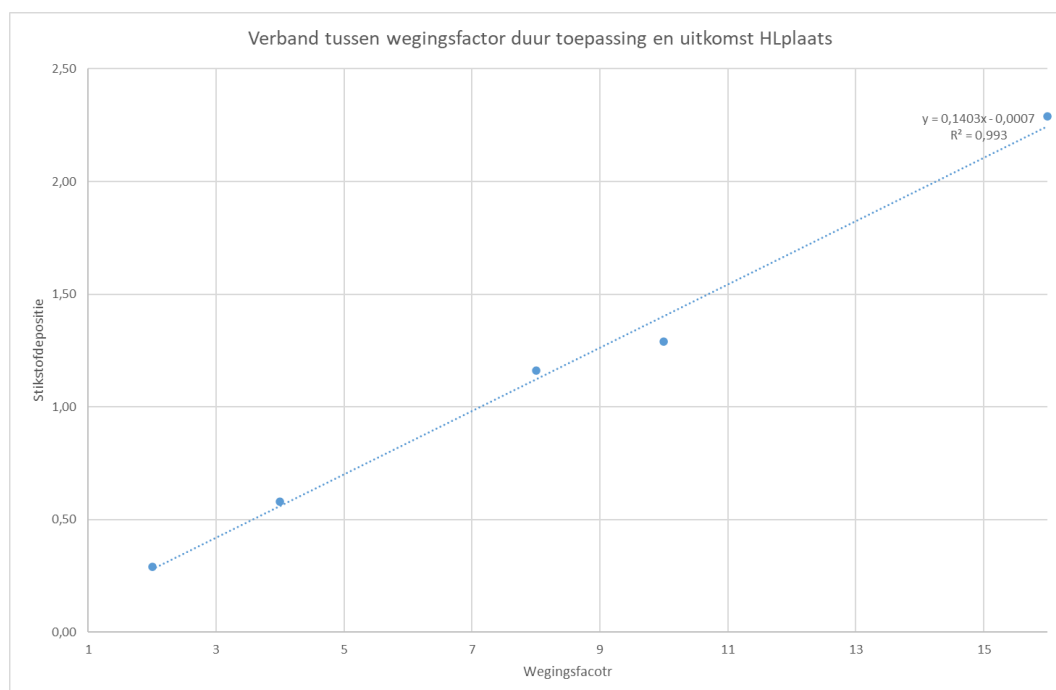
Het lineaire verband heeft de hoogste R-waarde en de R-waarde is bijna 1. Deze formule tussen de invoerwijziging en de uitkomst binnen dit project is zeer aannemelijk.

- Bouwjaar;

Nadat er 4 jaar opgeteld wordt op het materieel bij project aanvaarbeveiliging Dokhaven Rotterdam is er nog geen verschil merkbaar in stikstofdepositie. Bij het optellen van 4 jaar komen sommige bouwjaren op 2021 uit. Om deze vrijwel niet merkbare verandering is een verband tussen stikstofdepositie zoeken en bouwjaar niet mogelijk via deze wijze.



- Gemiddelde belasting;
Vrijwel nihil score op impact bij maximale verhoging. Wel veel meer Natura-2000 gebieden die naar 0,01 mol N/ha/jr gaan. Vandaar is voor deze invoerparameter het project “Hopperlosplaats” toegepast. Door het toepassen van het verband op de Hopperlosplaats was er met 6 datapunten een overduidelijk lineair verband vastgesteld met een R-waarde van 1.
- Selective catalic reduction;
Niet meegenomen vanwege enkele wijziging en dus geen mogelijke factor.



- Duur toepassing;

De verandering is te klein bij het maximaal verlengen van het aantal werkdagen om een verband te vinden. Vandaar is voor deze invoerparameter het project “Hopperlosplaats” toegepast. Het gaat hier om een lineair verband met een R-waarde van 0,993.

- Lengte lijnelement wegvervoer;
Vrijwel nihil impact dus niet meegenomen.

- Wegvervoerbewegingen;
Vrijwel nihil impact dus niet meegenomen.

- Wegvervoer in file/oponthoud;
Vrijwel nihil impact dus niet meegenomen.

- Lengte lijnelement watervervoer;
Vrijwel nihil impact dus niet meegenomen.

- Watervervoerbewegingen;
Vrijwel nihil impact dus niet meegenomen.

- % Belast watervervoer;
Geen impact dus niet meegenomen.

- % Belast waterafvoer.
Geen impact dus niet meegenomen



J. Bijlage 10: Interview Aernout Beimers

Functie: Onderzoeker stikstofarm materieel en materiaal Nederland.

Bron: Uitkomsten vanuit eigen conceptverslag.

Datum: 10-5-2023

Wat onderzoek jij op het moment?

- het juridische gedeelte rondom de aanvraag van een stikstofvergunning;
- de hoeveelheid werkzaamheden voor een grondverzetproject;
- het vertalen van de werkzaamheden van het project naar een AERIUS-berekening;
- het aanbod van emissiearm grondverzetmaterieel bij aannemers.

Welke bevindingen vind je het interessantst?

- Het verschil tussen het depositieresultaat bij trekkers als wegverkeer en trekkers als mobiel werktuig is wonderbaarlijk groot. Trekkers voor het uitgerekende project maken 1% van het depositieresultaat uit en trekkers als mobiel werktuig 61%. Dit terwijl ze ongeveer dezelfde afstand afleggen in beide gevallen.

Welke invoerparameters denk jij dat de meeste impact hebben op de emissie van stikstof op basis van je onderzoek?

- AdBlue

Welke mogelijke maatregelen heb je onderzocht of ga je tijdens het onderzoek nog onderzoeken?

- Biogas als stroomopwekker voor elektrisch materieel.

Op basis van de interviews die je gehouden hebt met aannemers omtrent het onderzoek, wat zijn de kosten waarmee gerekend wordt voor elektrisch materieel?

- Met alles erop en eraan kost een normaal gehanteerde dieselgraafmachine voor grootschalig grondverzet 230.000 tot 240.000 euro. De elektrische variant kost 765.000 euro. Net iets meer dan 3 maal zo duur.
- De inzetprijs is daarentegen maar 1,6 maal duurder dan een traditionele diesel graafmachine als productie-eenheid. Dit komt doordat het onderhoud gelijk of goedkoper blijft (afhankelijk van de gebruikte dieselgraafmachine), de machinist blijft hetzelfde en het verbruik wordt goedkoper.
- Het huren van een accubox is 4 maal zo duur als het gebruik van een aggregaat.
- De aanschaf van elektrisch materieel is typisch 2,5 tot 3 maal zo duur.



Transportroute van materiaal/materieel naar de bouwplaats

Een aantal situatierelevante stikstofdepositiereducerende routewijzingen.



Bepaal het punt op de route dat het dichtst bij het dichtstbijzijnde Natura-2000 gebied ligt. Volg daarna beide pijlen



Wat is de afstand van het punt tot het Natura-2000 gebied?



Wat is de windrichting van dit punt richting het Natura-2000 gebied?

	Afstand tot Natura-2000 gebied				
Windrichting	<1 km	<2 km	<4 km	<8 km	8 km of meer
Noordoost	Blok 1, 2 en 3	Blok 1, 2 en 3	Blok 2 en 3	Blok 3	Blok 4
Noord	Blok 1, 2 en 3	Blok 2 en 3	Blok 2 en 3	Blok 3	Blok 4
Oost	Blok 1, 2 en 3	Blok 2 en 3	Blok 2 en 3	Blok 3	Blok 4
Zuidoost	Blok 1, 2 en 3	Blok 2 en 3	Blok 3	Blok 4	Blok 4
Zuid	Blok 2 en 3	Blok 3	Blok 4	Blok 4	Blok 4
West	Blok 2 en 3	Blok 3	Blok 4	Blok 4	Blok 4
Zuidwest	Blok 3	Blok 4	Blok 4	Blok 4	Blok 4
Noordwest	Blok 3	Blok 4	Blok 4	Blok 4	Blok 4

Blok 1

Inrichting gebied

Probeer de route in het ontwerp en de grootste stikstofemissiebronnen van het werk zo ver mogelijk van het Natura-2000 gebied in te richten en vermijdt de zuidwestrichting ten opzichte van het Natura-2000 gebied.

Blok 2

Elektrisch vrachttransport

Kijk naar de mogelijkheid om het vrachttransport uit te voeren met elektrische vrachtwagens

Blok 3

Afstand en richting

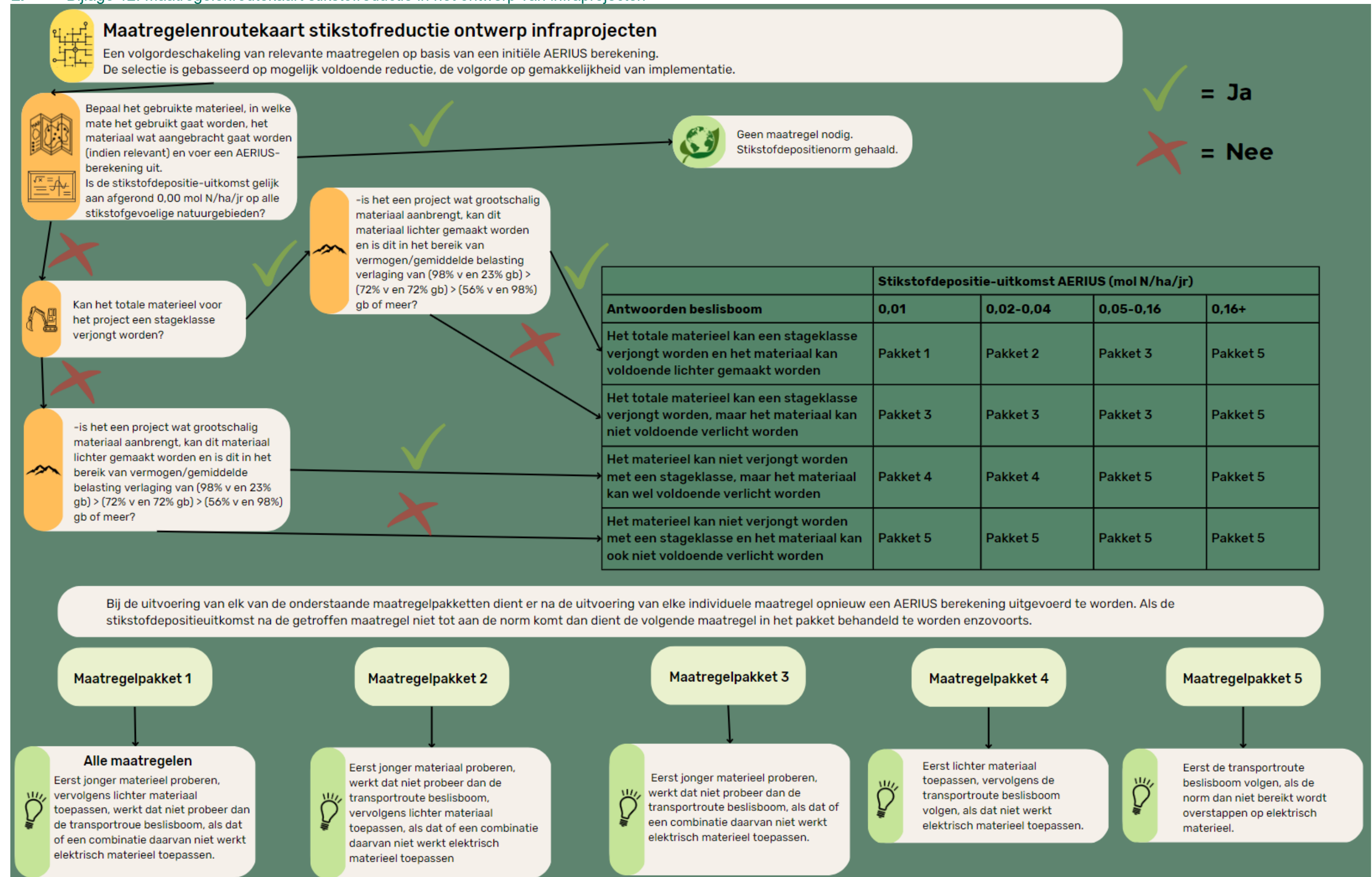
Probeer de transportroute naar het werk zo ver mogelijk van het Natura-2000 gebied in te richten. Probeer ook de zuidwestrichting ten opzichte van het Natura-2000 gebied te vermijden

Blok 4

Onrelevant

Ga op zoek naar andere mogelijkheden

L. Bijlage 12: Maatregelenroutekaart stikstofreductie in het ontwerp van infraprojecten



(Canva, 2023)



Waarderweg 40
2031 BP Haarlem
Nederland

Pettelaarpark 10-15
5216 §D 's-Hertogenbosch
Nederland

Nevelgaarde 10
3436 ZZ Nieuwegein
Nederland

iv-infra b.v.
Trapezium 322
3364 DL Sliedrecht
Nederland

Trompstraat 36a
9190 Stekene
België

Westervoortsedijk 73
Gebouw CB
6827 AV Arnhem
Nederland

www.iv-infra.nl
Telefoon +31 88 943 3200
Postbus 135
3360 AC Sliedrecht
officemanagement@iv-infra.nl