Rapport

Actieagenda Industrie en Omwonenden

Rekening houden met cumulatie van stressoren in de fysieke leefomgeving

Klant:	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Referentie:	BJ9926I&BRP004F01
Status:	Definitief/01
Datum:	29 september 2025

Titel document:	Actieagenda Industrie en Omwonenden
Sub titel:	Rekening houden met cumulatie van stressoren in de fysieke leefomgeving
Status:	Definitief/01
Datum:	29 september 2025
Projectnaam:	Actieagenda IenW Industrie en Omwonenden
Projectnummer:	BJ9926
Opgesteld door:	Haskoning, Witteveen+Bos

Managementsamenvatting

Achtergrond, doelstelling en aanpak

Mensen krijgen in hun leefomgeving dagelijks te maken met verschillende soorten blootstelling, zoals chemische stoffen, geluid, geur en trillingen (chemische en niet-chemische “stressoren”). Deze gelijktijdige blootstelling - ook wel ‘cumulatieve blootstelling’ genoemd – kan een impact hebben op de gezondheid.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid stelt in het rapport *Industrie en Omwonenden*, dat de impact op de gezondheid momenteel onvoldoende wordt meegenomen in ruimtelijk beleid en vergunningverlening aan de industrie. Hoewel individuele industriële emissies voldoen aan vergunde normen, ontbreekt een beoordeling van de gezondheidsimpact van de cumulatie.
Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft naar aanleiding van dit rapport de Actieagenda “Industrie en Omwonenden” geïnitieerd. Eén van de acties, op basis van een motie van Kamerlid Koekkoek, is te onderzoeken of het mogelijk is om gezondheidseffecten door cumulatie van industriële emissies (chemische stoffen, geluid, geur en trillingen) te beoordelen.

Het onderzoek heeft als doel om tot pragmatische oplossingen te komen om cumulatieve effecten mee te wegen bij de inrichting van de ruimte en vergunningverlening aan de industrie. Om tot deze pragmatische oplossingen te komen is het volgende onderzocht:

- De beschikbare methoden om cumulatie van meerdere stressoren te bepalen.
- De mogelijkheden van het huidige kader, met name de Omgevingswet, om cumulatie mee te wegen.
- Een analyse van de ervaring vanuit de praktijk om cumulatieve risico’s te bepalen.

Resultaten

Methoden om cumulatie te bepalen

- Er is op dit moment geen kwantitatieve methode beschikbaar die zowel chemische als niet-chemische stressoren volledig dekt en die direct toepasbaar is voor – met name – vergunningverlening.
- Er zijn wel diverse methoden beschikbaar om cumulatieve risico’s te beoordelen, maar al deze methoden vereisen nog verdere doorontwikkeling, voordat het in de dagelijkse praktijk kan worden toegepast. De methoden zijn onderverdeeld in:
    - Kwantitatieve methoden, waarvan de Hazard Index-methode, die nader wordt onderzocht door het RIVM, de meest kansrijke is voor stoffen. Deze methode is vanwege het normatieve karakter inzetbaar voor vergunningen.
    - Kwalitatieve methoden die kunnen worden toegepast voor het vergelijken van situaties.
      Deze kwalitatieve methoden zijn bruikbaar voor afwegingen tussen varianten en alternatieven in besluitvormingsprocessen, zoals de ontwikkeling van omgevingsvisies, plannen en het proces van de milieueffectrapportage.

Mogelijkheden Omgevingswet

Het inbedden van een kwantitatieve methode over de cumulatie van alle stressoren, kan effectiever gebeuren dan op het niveau van vergunningverlening. Vergunningverlening aan de industrie is namelijk het einde van het proces van de inrichting van de ruimte en bescherming van de omgeving.

De Omgevingswet is het kader om de ruimte in Nederland in te delen en biedt kansen om cumulatie al op een hoger niveau mee te nemen, bijvoorbeeld in omgevingsvisies, plannen en MER-procedures. Aanpassing van de omgevingswet is hiervoor niet nodig. Gemeenten en provincies kunnen hun beleids-

ruimte benutten, ook wanneer individuele emissies binnen de norm blijven, maar cumulatie van deze individuele emissies de gezondheid kan schaden. Vergunningverlening kan dan worden getoetst aan deze lokale kaders, waarbij cumulatie expliciet wordt meegenomen in de vergunningaanvraag.

Ervaring vanuit de praktijk

- Het is vanuit gezondheidsoogpunt niet voldoende om cumulatieve risico's alleen op vergunningen-niveau mee te wegen. Omdat vergunningverlening gebonden is aan (wettelijke) normen vanwege de handhaafbaarheid, kunnen cumulatieve risico's daarin slechts beperkt worden meegewogen. Instrumenten zoals omgevingsplannen en milieueffectrapportages bieden daarentegen wel mogelijkheden voor een bredere, kwalitatieve benadering bij de vergelijking van alternatieven.
- Er is gebrek aan een eenduidig kader over hoe cumulatieve risico's beoordeeld moeten worden. Er zijn veel verschillende methoden beschikbaar, maar toepasbaarheid in de praktijk ontbreekt vooralsnog. Kwantitatieve methoden om alle chemische én niet-chemische stressoren integraal te beoordelen, ontbreken.
- Er is gebrek aan capaciteit en expertise bij de uitvoerende instanties. Het beoordelen van cumulatieve risico's vereist specifieke kennis en voldoende capaciteit. Instanties, zoals omgevingsdiensten en GGD'en, beschikken momenteel over onvoldoende expertise en capaciteit om te bepalen of - en hoe - cumulatie moet worden meegenomen.
- Voor het meewegen van niet-chemische stressoren zagen de stakeholders mogelijkheden voor een kwalitatieve benadering, bij de inrichting van de ruimtelijke visies en plannen. Daarvoor moet wel duidelijkheid en eenduidigheid zijn over de wijze waarop.

Oplossingsrichtingen en aanbevelingen

Op basis van de resultaten van dit onderzoek wordt aan alle bevoegd gezagen geadviseerd om gebruik te maken van de instrumenten van de Omgevingswet om cumulatieve risico's mee te wegen bij de ruimtelijke inrichting. Om dit effectief te kunnen doen, is het noodzakelijk om de, in dit onderzoeksrapport gesignaleerde, knelpunten aan te pakken en de beschikbare kansen te benutten. Hiervoor worden in dit rapport oplossingsrichtingen geschetst die leiden tot de onderstaande aanbevelingen.

<u>Aanbeveling 1: Organiseren van samenwerking rond cumulatie</u>

Om een breder en completer beeld van de cumulatieve risico's op landelijk en regionaal niveau te krijgen, en te borgen dat op geharmoniseerde wijze de methoden worden toegepast bij het analyseren van cumulatie, is landelijke samenwerking nodig.
We stellen voor dat het Rijk deze samenwerking initieert tussen de ministeries van IenW en van VWS, provincies en gemeenten, het RIVM, omgevingsdiensten en GGD'en. Aanbevolen wordt om deze samenwerkende partijen de volgende doelstellingen mee te geven:

- Het verder uitwerken en afstemmen van de aanbevelingen over het in kaart brengen van cumulatieve druk van chemische en niet-chemische stressoren en het stellen van prioriteiten.
- Af te stemmen hoe kwalitatieve en kwantitatieve methoden van cumulatie van verschillende stressoren vertaald kunnen worden naar maatregelen en eisen bij de ontwikkeling van ruimtelijke plannen, omgevingsvisie, plannen, milieueffectrapportages en vergunningen. Dit betekent ook het toezien op verdere doorontwikkeling van methoden en deze toepassen in proefprojecten.
- Afspraken te maken over dataverzameling en omgaan met onzekerheden, en over het delen van kennis.
- Het delen van projecten waarbij cumulatie van stressoren in ruimtelijke planontwikkeling is verwerkt.

- Het verzorgen van de communicatie over de voortgang van deze samenwerking.
- Het opzetten van trainingen waarin voorbeelden van omgevingsvisies en omgevingsplannen worden gepresenteerd waarin cumulatie van stressoren is verwerkt.

Aanbeveling 2: Verder uitwerken van kwalitatieve en kwantitatieve methoden

Om in beleid en regelgeving voldoende rekening te houden met de potentiële gezondheidsrisico's die voortvloeien uit cumulatieve blootstelling, wordt aan het Rijk aanbevolen om:

- Te investeren in de verdere ontwikkeling van zowel kwantitatieve (zoals de Hazard Index) als kwalitatieve methoden:
  - Kwantitatieve methoden bieden mogelijkheden voor inzet bij normeringen (in vergunningen).
  - Kwalitatieve methoden kunnen, eventueel in combinatie met kwantitatieve methoden, vergelijkend ingezet worden in de ontwikkeling van plannen en visies en bij het vergelijken van alternatieven in een milieueffectrapport.

Inhoud

1	**Inleiding**	**1**
2	**Achtergrond**	**2**
2.1	Aanleiding	2
2.2	Doel van het onderzoek	2
2.3	Probleemanalyse	2
2.3.1	Wat is cumulatie?	3
2.3.2	Welke uitdagingen zijn er om cumulatieve risico's integraal mee te wegen?	4
2.3.3	Context: Omgevingsbeleid	4
2.4	Link met andere acties en motie Grinwis	5
3	**Aanpak uitvoering onderzoek**	**6**
3.1	Methoden van cumulatie	6
3.2	Mogelijkheden van het bestaande kader: de Omgevingswet	7
3.3	Mogelijkheden in de dagelijkse praktijk	7
4	**Inventarisatie en analyse van cumulatiemethoden**	**8**
4.1	Beschikbare methoden voor cumulatie	8
4.1.1	Dosis-additiemethoden	8
4.1.1.1	Hazard Index	8
4.1.1.2	Cumulatieve assessmentgroepen	10
4.1.1.3	Sommatiebepaling	11
4.1.1.4	Mixie tool	12
4.1.2	Allocatiefactor	12
4.1.3	Disability-adjusted Life Years (DALY's)	14
4.1.4	Scoresystemen	15
4.1.4.1	Luchtkwaliteitsindex	15
4.1.4.2	Gezondheidseffectscreening	16
4.1.4.3	Vragenlijsten	17
4.1.5	Gezondheidseffectrapportage	18
4.1.6	Overige methoden	19
4.1.6.1	Humane biomonitoring	19
4.1.6.2	Exposoom	19
4.2	Overzicht en analyse cumulatieve methoden	20
4.3	Knelpunten en kansen beschikbare cumulatie methoden	23
5	**Analyse van de Omgevingswet en beschikbare data**	**25**
5.1	De Omgevingswet	25

5.2 Nationaal 25
5.3 Provincies en gemeenten 26
5.4 Milieueffectrapportage en vergunningen 26
5.5 Beschikbare data 27
5.6 Knelpunten en kansen in de Omgevingswet en beschikbare data 27

6 Analyse van de praktijk 29

7 Oplossingsrichtingen 30
7.1 Samenwerking rond cumulatie bij de inrichting van de ruimte 30
7.2 Verder uitwerken van kwalitatieve en kwantitatieve methoden 31

Bijlagen
1. Afkortingen en begrippenlijst
2. Proces onderzoeksvragen
3. Literatuurlijst
4. Verslag workshop
5. Rapportage parallel onderzoek Universiteit Utrecht

1 Inleiding

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de Actieagenda Industrie en Omwonenden[1] en hoort bij de actie die naar aanleiding van een motie van kamerlid Koekkoek is gestart. Het betreft een onderzoek om cumulatieve effecten mee te wegen bij de inrichting van de ruimte en vergunningverlening aan de industrie.

De Actieagenda is door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat opgesteld naar aanleiding van het rapport 'Industrie en Omwonenden' door de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV)[2]. Hierin werd geconcludeerd dat de gezondheid van omwonenden niet altijd voldoende wordt beschermd. Het kabinet heeft dit in zijn reactie op dit rapport onderschreven[3].

De Actieagenda heeft als doel opvolging te geven aan de aanbevelingen van de Onderzoeksraad voor Veiligheid, met als doel omwonenden beter te beschermen tegen schadelijke industriële emissies. De aanbevelingen van de OVV worden opgevolgd in samenhang met staand beleid van het ministerie van IenW zoals het Impulsprogramma Chemische stoffen en het vervolg van het Interbestuurlijk Programma VTH. Hierin worden respectievelijk de aanbevelingen opgepakt om het voorzorgprincipe zwaarder te borgen en het kennisniveau van omgevingsdiensten verbeterd.

In de actieagenda worden concrete maatregelen onderzocht die het stelsel van vergunningverlening, toezicht en handhaving kunnen verbeteren en die bijdragen aan een betere bescherming van de gezondheid van omwonenden.

De Actieagenda bestaat uit 4 actielijnen:

1 Een goede buur, overheden, omwonenden, industrie en andere belanghebbenden gaan vaker in gesprek;

2 Minder hinder, schone lucht, regelgeving wordt nog beter;

3 Meten en weten, er wordt meer gemeten en die informatie wordt beschikbaar gesteld;

4 Een betrouwbare overheid, gezondheid wordt een belangrijk element in afwegingen.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de achtergrond van dit onderzoek en Hoofdstuk 3 de aanpak.
De beschikbare methode om cumulatieve risico's te beoordelen staan omschreven in Hoofdstuk 4.
Hoofdstuk 5 omschrijft de analyse van de Omgevingswet en Hoofdstuk 6 de ervaringen uit de praktijk.
De oplossingsrichtingen worden omschreven in Hoofdstuk 7.

[1] *Kamerstukken II, 2023-2024, 28089, nr. 273.*
[2] *Kamerstukken II, 2022-2023, 28089, nr. 259.*
[3] *Kamerstukken II, 2023-2024, 28089, nr. 267.*

2 Achtergrond

2.1 Aanleiding

Mensen worden in hun leefomgeving dagelijks blootgesteld aan een combinatie van chemische en niet-chemische stressoren, zoals geluid, geur en trillingen, afkomstig van uiteenlopende bronnen. Deze gecombineerde blootstelling wordt aangeduid als *cumulatieve blootstelling*. Om de gezondheid van de bevolking te beschermen, is het van belang dat bij de ruimtelijke inrichting van de fysieke leefomgeving rekening wordt gehouden met deze cumulatieve blootstelling.

Op dit moment wordt in beleid en regelgeving nog onvoldoende rekening gehouden met de potentiële gezondheidsrisico's die voortvloeien uit cumulatieve blootstelling. Dit blijkt onder andere uit het Onderzoeksraad voor Veiligheid-rapport *Industrie en Omwonenden* rapport, waarin de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied stelt dat de huidige normstelling en regelgeving op Europees en Rijksniveau – vanuit gezondheidskundig oogpunt – tekortschiet in complexe gebieden met een opeenstapeling van emissies en piekbelastingen, zoals de IJmond. Ook het RIVM-rapport *De bijdrage van Tata Steel Nederland aan de gezondheidsrisico's van de omwonenden en de kwaliteit van hun leef-omgeving*[4] concludeert dat er nog onvoldoende aandacht is voor de cumulatie van gezondheidsrisico's.

In april 2024 is in de Tweede Kamer een motie[5] ingediend om inzicht te geven in cumulatieve gezondheidseffecten en om deze te meten.

Motie Koekkoek

"Overwegende dat in de onderzoeksagenda wordt gekeken naar de bodem en het water en niet naar de mensen; verzoekt de regering middels de onderzoeksagenda inzicht te geven in cumulatieve gezondheidseffecten en deze te meten, zoals gevraagd door de provincies Noord- en Zuid-Holland".

Dit onderzoek is in navolging van deze motie Koekkoek uitgevoerd.

2.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om tot aanbevelingen te komen hoe de cumulatieve gezondheidseffecten door industriële stressoren beter kunnen worden meegewogen in de besluitvorming met betrekking tot ruimtelijke inrichting.

2.3 Probleemanalyse

Om de gezondheid van mensen te borgen is het noodzakelijk om de gevolgen van deze cumulatieve blootstelling te beoordelen. Een integrale afweging van de cumulatieve risico's van meerdere stressoren ontbreekt echter over het algemeen. Op dit moment wordt er bij de risicobeoordeling echter voornamelijk uitgegaan van de risico's van één stof of niet-chemische stressor. Voor sommige stressoren wordt wel rekening gehouden met geaggregeerde blootstelling, bijvoorbeeld via achtergrondblootstelling.

[4] *Geelen et al., 2023.*
[5] *https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/moties/detail?id=2024Z05845&did=2024D13513*

Om de definitieve doelstelling, onderzoeksvragen en scope van dit onderzoek vast te stellen en af te kaderen, is allereerst een probleemanalyse uitgevoerd. In deze analyse is onderzocht:

- wat onder de term cumulatie wordt verstaan en in hoeverre cumulatieve blootstelling op dit moment wordt meegenomen in ruimtelijke inrichting;
- welke uitdagingen er bestaan om cumulatie integraal te kunnen betrekken in de inrichting van de leefomgeving; en
- op welke wijze de ruimtelijke inrichting in Nederland momenteel vorm krijgt.

2.3.1 Wat is cumulatie?

In de praktijk wordt de term cumulatieve uiteenlopende manieren geïnterpreteerd. Deze variatie komt onder andere door de complexiteit die het begrip met zich meebrengt. Deze complexiteit bevindt zich op verschillende niveaus.

Laag 1: Type stressoren
Een eerste bron van variatie betreft de stressoren die worden meegenomen in de definitie van cumulatie. Sommige benaderingen beperken zich tot chemische stoffen, terwijl andere ook niet-chemische stressoren zoals geluid, geur of trillingen includeren. Hoe breder het spectrum aan stressoren, hoe complexer de analyse van cumulatie wordt.

Laag 2: Optellen van stressoren of effecten
Daarnaast bestaat er verschil in de wijze waarop cumulatie wordt benaderd: gaat het om het optellen van de blootstelling aan individuele stressoren, of om het samengestelde gezondheidseffect dat deze stressoren gezamenlijk veroorzaken? Dit verschil in de benaderingswijze leidt ertoe dat het begrip cumulatie ook op verschillende manieren geïnterpreteerd worden.

Laag 3: Blootstellingsbron en route
Tot slot speelt ook de blootstellingscontext een rol. In sommige gevallen wordt cumulatie opgevat als blootstelling aan één stressor via meerdere bronnen en één route (bijvoorbeeld via de lucht). Dit wordt vaak aangeduid als *geaggregeerde blootstelling*. In bredere interpretaties wordt gekeken naar blootstelling aan meerdere stressoren, soms via één route of bron (zoals industriële emissies), en in de meest uitgebreide benadering betreft het blootstelling aan meerdere stressoren via meerdere bronnen én routes (inhalatie, dermale opname, orale inname, etc.). Hoe breder de term cumulatie wordt toegepast hoe complexer het wordt om die in kaart te brengen.

Definities in dit rapport:
Er is beleidsmatig gezien geen standaard definitie beschikbaar die voor de term cumulatie toegepast wordt. In dit onderzoek worden de onderstaande definities gehanteerd:

- **Cumulatieve blootstelling** = de gezamenlijke blootstelling aan meerdere stoffen en/of niet-chemische stressoren (geluid/geur/trillingen, etc.) vanuit één of meerdere bronnen.
- **Geaggregeerde blootstelling** = de blootstelling aan één stof of niet-chemische stressor vanuit meerdere bronnen.

Naast cumulatieve blootstelling wordt soms ook gesproken over cumulatieve effecten en cumulatief risico. Dit onderzoek hanteert de onderstaande definities.

- **Cumulatieve effecten** = het totale, samengestelde effect van blootstelling aan meerdere stoffen en/of stressoren die op elkaar inwerken.

- **Cumulatief risico** = het risico dat de gezamenlijke blootstelling aan meerdere chemische en of niet-chemische stressoren tot gezondheidseffecten leidt.

2.3.2 Welke uitdagingen zijn er om cumulatieve risico's integraal mee te wegen?

Het beoordelen van cumulatieve risico's is een complex vraagstuk. Zo zijn er veel verschillende bronnen die bijdragen aan de blootstelling van omwonenden. Deze blootstelling is onder andere afkomstig van de industrie, agrarische activiteiten, het verkeer (over de weg, het water en in sommige regio's de lucht) en ook door consumenten gebruik van producten. Om effectief en gericht maatregelen te kunnen nemen moeten die bronnen allemaal in kaart worden gebracht, inclusief de bijdrage van elke bron aan de totale blootstelling. Dit is complex en specialistisch werk waar op dit moment nog kwantitatieve en soms ook kwalitatieve informatie over ontbreekt.

Ook zijn er veel verschillende stressoren, die ieder hun eigen gezondheidseffecten hebben. Dit maakt het lastig om te bepalen welke stressoren gezamenlijk een cumulatief effect kunnen veroorzaken, om zo gericht maatregelen te nemen die een (direct) positief effect op de gezondheid hebben. Vaak ontbreken ook de gegevens om dit goed te kunnen beoordelen. Voor chemische stoffen is bijvoorbeeld niet altijd voldoende toxicologische informatie beschikbaar, of deze informatie is moeilijk toegankelijk. Bij niet-chemische stressoren is het nog ingewikkelder, omdat er vaak geen gegevens zijn over de dosis-effectrelatie. Dit betekent dat het onbekend is bij welk blootstellingsniveau een schadelijk gezondheidseffect te verwachten is. Hierdoor ontbreken gezondheidskundige normen en is een kwantitatieve risicobeoordeling niet mogelijk.

2.3.3 Context: Omgevingsbeleid

In deze paragraaf wordt een beknopt overzicht gegeven van de beleidscontext rondom de ruimtelijke inrichting van Nederland, waarin een afweging van gezondheidsrisico's door cumulatie vooralsnog ontbreekt. De informatie hoe binnen de Omgevingswet cumulatieve risico's meegenomen kunnen worden is vooral gebaseerd op de rapportage van *Actie 12: Onderzoek naar het meewegen van gezondheid in het kader van de Omgevingswet*. Dit onderzoek is eveneens een actie van de Actieagenda *Industrie en Omwonenden*.

In Nederland wordt op verschillende bestuursniveaus – van Rijk tot gemeenten – beleid ontwikkeld en besluiten genomen over de inrichting van de fysieke leefomgeving en de ruimte voor industriële activiteiten. Figuur 2-1 biedt een overzicht van de relevante besluitvormingsniveaus, waaronder de omgevingswet, omgevingsvisies, omgevingsplannen, milieueffectrapportages en vergunningverlening.

Figuur 2-1: Overzicht van de verschillende niveaus (omgevingsvisie, omgevingsplan, project-MER, MER-beoordeling en vergunningen) waarin besluiten gemaakt worden met impact op omgevingsgezondheid



De **Omgevingswet** gaat over de fysieke leefomgeving en activiteiten die gevolgen hebben of kunnen hebben voor die fysieke leefomgeving. Hieronder vallen ook gevolgen voor de gezondheid van de mens. De Omgevingswet regelt de evenwichtige toedeling van functies aan locaties, stelt regels voor activiteiten in de leefomgeving en regels over vergunningverlening. De evenwichtige toedeling van functies aan locaties impliceert dat de schaarse ruimte binnen de fysieke leefomgeving op een zo goed mogelijke wijze wordt verdeeld en benut. Daarbij heeft het bevoegd gezag (provinciaal en gemeentelijk) beleids- of beoordelingsruimte. Deze beoordelingsruimte wordt wel begrensd door de instructieregels in het Besluit kwaliteit leefomgeving, die betrekking hebben op verschillende milieuthema's, waaronder luchtkwaliteit en geluid.

2.4 Link met andere acties en motie Grinwis

Er zijn drie onderzoeken (acties) van de Actieagenda Industrie en Omwonenden (die door het consortium worden uitgevoerd) die verband houden met de resultaten van de motie Koekkoek:

Actie 7: Onderzoek piekbelastingen en gezondheid bij vergunningverlening.

Actie 12: Onderzoek naar het meewegen van gezondheid in het kader van de Omgevingswet.

Actie 13: Versterken adviesrol van de GGD bij risicovolle bedrijven.

Daarnaast is er een relatie met ander onderzoek dat plaatsvindt in het kader van een motie in de Tweede Kamer van lid Grinwis. Deze motie verzoekt om te onderzoeken of en hoe cumulatie bij de emissie van zeer-zorgwekkende stoffen voortaan kan worden meegewogen in de risico-inventarisatie bij vergunning-verlening[6]. De motie Koekkoek is breder zowel met betrekking tot stressoren (álle gevaarlijke stoffen en niet-chemische stressoren) als de processen om de ruimte in te richten (verder dan vergunningverlening).

[6] https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/moties/detail?id=2021Z15698&did=2021D33687

3 Aanpak uitvoering onderzoek

De oorspronkelijke onderzoeksvragen die het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat aan het consortium heeft gesteld, opgenomen in Bijlage 2, zijn besproken met betrokken stakeholders.
Op basis van reacties is op enkele aspecten de nadruk gesteld, maar de aanpak en doelstelling van het onderzoek zijn niet gewijzigd. Om het rapport compact te houden, is een beschrijving van dit proces – inclusief de oorspronkelijke vragen – opgenomen in Bijlage 2.

Om tot pragmatische oplossingen te komen om cumulatieve effecten mee te wegen bij de inrichting van de ruimte en vergunningverlening aan de industrie, zijn de volgende onderzoeksvragen gedefinieerd:

1 Welke methoden zijn er om cumulatie van meerdere stressoren met impact op de gezondheid te bepalen, waaronder de blootstelling aan stoffen, geluid en aan geur bij *omwonenden*? Onderzoek toegepaste methoden in de praktijk nationaal en internationaal.

2 Welke mogelijkheden biedt het bestaande kader, met name de Omgevingswet, om cumulatie van stressoren mee te wegen bij de inrichting van de ruimte en vergunningverlening aan de industrie?

3 Wat zijn mogelijkheden en knelpunten om cumulatie in de dagelijkse praktijk van de uitvoerings-instanties mee te wegen bij de inrichting van de ruimte en vergunningverlening aan de industrie?

3.1 Methoden van cumulatie

Doel:

Het doel is het in kaart brengen van welke methoden op dit moment beschikbaar zijn om cumulatieve risico's van chemische en niet-chemische stressoren te beoordelen.

Aanpak:

Er is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de al beschikbare methoden om de cumulatieve effecten van stoffen en overige hinder te beoordelen.

Er is gebruikgemaakt van de volgende bronnen:

- Openbare literatuur, zoals wetenschappelijke artikelen, RIVM-rapporten, rapporten van de Gezondheidsraad;
- Websites van overheidsinstanties en autoriteiten, zoals de Wereldgezondheidsorganisatie, de Europese Voedselveiligheidsautoriteit, en de Commissie mer;
- Voorgedragen literatuur en referenties vanuit de stakeholdergroepen.

Een overzicht van de gebruikte bronnen in dit onderzoek is opgenomen in Bijlage 3.

Vervolgens is een multi-criteria-analyse uitgevoerd om de toepasbaarheid van de verschillende methoden te bepalen.

Er is eveneens naar de internationale praktijk gekeken waarop het effect van meerdere industriële stressoren op de gezondheid wordt beoordeeld. Voorwaarden hiervoor was dat deze informatie beschikbaar is in het Nederlands of Engels.

3.2 Mogelijkheden van het bestaande kader: de Omgevingswet

Doel:

Met de resultaten van de analyse van de beschikbare methoden van cumulatie is geanalyseerd in hoeverre het bestaande kader van de Omgevingswet mogelijkheden biedt deze toe te passen.

Analyse van de Omgevingswet

Op basis van de resultaten van Actie 12 (Meewegen gezondheid in de Omgevingswet), is gekeken naar de knelpunten en mogelijkheden binnen de Omgevingswet om cumulatieve risico's mee te wegen in ruimtelijke besluitvorming. Hiervoor is een analyse gemaakt van de verschillende instrumenten binnen de Omgevingswet, welke methoden van cumulatie daarvoor geschikt zijn en de ruimte die de instrumenten beden om met cumulatie rekening te houden.

3.3 Mogelijkheden in de dagelijkse praktijk

Doel

Het identificeren van de inpassing van cumulatie bij de inrichting van de ruimte en vergunningverlening aan de industrie in de dagelijkse praktijk.

Aanpak:

De mogelijkheden en knelpunten in de praktijk zijn onderzocht op basis van een analyse van:

- Een workshop met experts op het gebied van besluitvorming over de ruimtelijke inrichting, in relatie tot cumulatie, verzameld tijdens een workshop. De resultaten van de voorgaande analyses (methoden en Omgevingswet) zijn hierbij gedeeld.
- Een project van studenten van de Universiteit Utrecht dat ter inspiratie is gebruikt.

Workshop cumulatie van stressoren

Om tot oplossingen te komen die haalbaar en werkbaar zijn, is gebruikgemaakt van de praktijkervaring van professionals die dagelijks met dit vraagstuk te maken hebben. Daarvoor zijn medewerkers van provincies, omgevingsdiensten, Commissie mer, GGD, ministeries en RIVM gevraagd om deel te nemen aan een workshop.

Doel van de workshop was het verdiepen van het inzicht in methoden voor het beoordelen van cumulatieve gezondheidsrisico's en het identificeren van kennishiaten die nog verdere invulling vereisen. Tijdens de workshop zijn resultaten van de eerdere analyses gedeeld en zijn de volgende vragen voor Motie Koekkoek aan bod gekomen:

- De manier waarop de specialisten in de praktijk toetsen.
- De manier waarop de specialisten in de praktijk omgaan met onzekerheid door missende informatie.

De antwoorden op de vragen, geïdentificeerde eigenschappen en voor- en nadelen van de verschillende methoden zijn gebruikt voor het formuleren van oplossingsrichtingen.

Een verslag van de workshop, inclusief de stellingen en de uitkomsten van de bijbehorende discussie zijn opgenomen in Bijlage 4.

Onafhankelijk onderzoek door studenten Universiteit Utrecht

Parallel aan het onderzoeksteam van het consortium hebben masterstudenten van de Universiteit Utrecht een onderzoek uitgevoerd met een vergelijkbare doelstelling. De resultaten van dit project zijn, waar relevant, gebruikt als inspiratie voor de oplossingsrichtingen.

4 Inventarisatie en analyse van cumulatiemethoden

Dit hoofdstuk geeft uitleg over de - op dit moment beschikbare - methoden voor cumulatie en wanneer relevant waar deze methoden een toepassing hebben in het buitenland.

4.1 Beschikbare methoden voor cumulatie

De afgelopen jaren zijn er verschillende methoden ontwikkeld om cumulatieve effecten in kaart te brengen. De methoden die ontwikkeld zijn kunnen grofweg onderverdeeld worden in vijf groepen:

1 Dosis-additie, waaronder de Hazard Index;

2 Allocatiefactor;

3 Disability-Adjusted Life Year (DALY's);

4 Scoresystemen;

5 Overige methoden, zoals human biomonitoring en Exposoom.

Deze methoden worden in de volgende paragrafen behandeld. Paragraaf 4.1.5 bevat een totaaloverzicht van alle cumulatieve methoden. In dit overzicht is de geschiktheid beoordeeld op gebied van:

- Prospectieve toepasbaarheid;
- Retrospectieve toepasbaarheid;
- Kwantitatief gebruik (is er een grenswaarde te definiëren);
- Bronspecificiteit (immissie koppelen aan emissie op bronniveau);
- Het vereist kennisniveau;
- Beschikbaarheid van de benodigde informatie;
- De benodigde tijdsbesteding;
- Geschiktheid voor stoffen, geluid, voor geur en overige hinder;
- Geschiktheid om alle stressoren te cumuleren;
- Of welzijn wordt gewogen.

4.1.1 Dosis-additiemethoden

4.1.1.1 Hazard Index

Omschrijving

Het RIVM heeft de Hazard Index ontwikkelt als methode voor immissietoetsen voor lucht en water en voert hier verder onderzoek naar uit[7]. De methode gaat uit van het dosis-additieconcept. Dit houdt in dat de effecten van verschillende stoffen bij elkaar opgeteld kunnen worden. Per stof wordt gekeken hoe de blootstelling zich verhoudt tot een (gezondheidskundige) norm voor die stof.

Uitleg van het principe Hazard Index met een voorbeeld

Een stof met een blootstelling van 0,5 mg/m^3 en een veilige norm van 1 mg/m^3 krijgt een Hazard Index van 0,5. Per stof worden de verschillende Hazard Indexen vervolgens opgeteld om het cumulatieve risico te bepalen. Wanneer deze boven de 1 ligt kan een cumulatief risico niet uitgesloten worden, zie Tabel 4-1.

[7] *Bodar et al. 2022*

Tabel 4-1: Voorbeeld cumulatieve risicobeoordeling door middel van Hazard Index-concept

Stof	Blootstelling (mg/m³)	Norm (mg/m³)	Hazard Index
X	0,5	1	0,5
Y	15	20	0,75
Z	0,02	0,1	0,2
Cumulatief risico	**-**	**-**	**1,45**

Naast het basale gebruik van de dosis-additie, is het mogelijk dat stoffen elkaars werking versterken (synergisme) of juist afzwakken (antagonisme). Dit is sterk afhankelijk van de soort stoffen en vereist dan ook een case-by-case-*benadering*. Dit vereist specifieke kennis over de interactie tussen stoffen, die over het algemeen echter ontbreekt. Daarom gaat de Hazard Index doorgaans uit van dosis-additie.

In het voorbeeld in de tabel hierboven is geen rekening gehouden met waar de stof in het lichaam tot effecten aanleiding kan geven (benoemd als Tier 0 door het RIVM). Van een stof die effect heeft op de longen en een andere stof die effect heeft tijdens de zwangerschap is echter geen cumulatief effect te verwachten.
Als verfijning is het mogelijk om te bepalen welke stoffen hetzelfde schadelijke effect veroorzaken en enkel deze stoffen op te tellen (Tier 1)[8]. Hierbij is het wel belangrijk dat men niet alleen kijkt naar het kritische effect waarop de gezondheidskundige norm bepaald is, maar naar álle mogelijke schadelijke effecten die de stof kan veroorzaken en bij welke blootstelling deze effecten plaatsvinden.
Ook hierbij geldt dat niet voor alle stoffen het toxicologische profiel volledig bekend is en daarom is deze verfijningstap niet altijd mogelijk[8].

Een optie voor een verdere verfijning is om alleen stoffen met hetzelfde werkingsmechanisme bij elkaar op te tellen (benoemd als Tier 2 door het RIVM). Echter ontbreekt vaak informatie over hoe een stof een bepaald schadelijk effect veroorzaakt. Deze aanpak wordt daarom in de praktijk niet vaak toegepast door bevoegde gezagen en beoordelende instanties.

Voordelen

- Getierde aanpak biedt mogelijkheden voor een snelle screening in Tier 0.
- De methode is wetenschappelijk onderbouwd en onderliggende principe van dosis-additie wordt al toegepast binnen andere wettelijke kaders, zoals gewasbeschermingsmiddelen.

Nadelen

- De Tier 0 gaat uit van een ‘worst-case’ aanpak, omdat de risico’s van alle stoffen opgeteld worden onafhankelijk van het schadelijke effect. In veel gevallen zal een Tier 1-verfijning noodzakelijk zijn.
- De toxicologische gegevens die nodig zijn voor een Tier 1-verfijning zijn niet altijd beschikbaar of zijn slecht toegankelijk door dat ze niet centraal op één plek of database staan.
- Toxicologische expertise is vereist om een Tier 1-verfijning uit te voeren.
- De methode is niet geschikt voor niet-chemische stressoren of welzijn.

[8] *Bodar et al. 2023*

Toepassing

Zowel de gewasbeschermingsmiddelen wetgeving (zie Paragraaf 4.1.1.2) als de Arbowetgeving heeft specifieke vereisten voor het beoordelen van mogelijke cumulatieve effecten. Binnen deze context wordt de dosis-additie principe toegepast.
Het RIVM heeft recent de methode toegepast in een casus naar de mogelijke cumulatieve risico's van de luchtuitstoot van monovinylchloride, 1,3-butadieen en benzeen vanuit Chemelot[9]. RIVM doet op dit moment nog verder onderzoek naar de haalbaarheid en toepasbarheid van methode in de context van vergunningverlening.

4.1.1.2 Cumulatieve assessmentgroepen

Omschrijving

De gewasbeschermingsmiddelen[10] wetgeving was een van de eerste wetten voor chemische stoffen, die eisen stelde over de mogelijke gevolgen van cumulatieve blootstelling. De Europese Voedselveiligheidsautoriteit heeft in samenwerking met het RIVM een methode ontwikkeld die gebruikt wordt om de cumulatieve risico's van gewasbeschermingsmiddelen via voedsel in kaart te brengen.

In deze methode is het startpunt niet de blootstelling, maar het **schadelijke effect**. Het Europese Voedselveiligheidsautoriteit prioriteert allereerst op het schadelijke effect van het gewasbeschermingsmiddel waarvoor een cumulatieve beoordeling uitgevoerd zal worden.
Vervolgens wordt bepaald welke werkzame stoffen dit schadelijke effect kunnen veroorzaken en wat de veilige norm is voor dit specifieke effect per specifieke stof. De groepen met stoffen die daarmee ontstaan worden de cumulatieve assessment groepen (CAGs) genoemd.
Als laatste wordt op basis van monitoringsgegevens in voedsel en consumptiepatronen bepaald wat de cumulatieve blootstelling en het cumulatieve risico is[11]. Hierbij wordt net als bij de Hazard Index-methode uitgegaan van dosis-additie, wat inhoudt dat de risico's per stof opgeteld worden. Deze berekeningen kunnen uitgevoerd worden met het MCRA (Monte Carlo Risk Assessment)[12] model, dat ontwikkeld is door het RIVM en de Wageningen University & Research.
Hiernaast is er ook een methode ontwikkeld om **prospectieve** cumulatieve risicobeoordeling uit te voeren[13]. Dit houdt in dat, voordat een nieuw gewasbeschermingsmiddel op de markt komt, er gekeken kan worden wat dit nieuwe gebruik toevoegt aan de bestaande cumulatieve blootstelling via voedsel.

Voordelen

- Het gebruik van cumulatieve assessment groepen geven een realistische weergave van de cumulatieve risico's. Er wordt tenslotte heel precies gekeken naar het schadelijke effect en welke chemische stoffen wel of niet opgeteld moeten worden.

Nadelen

- De methode vereist veel toxicologische gegevens van een stof. De aanpak werkt voor bestrijdingsmiddelen, omdat hier veel data over beschikbaar zijn[14]. Dit is niet altijd het geval bij andere chemische stoffen.
- De methode is tijdrovend, omdat per stof – voor elk schadelijk effect – er eindpunt specifieke normen afgeleid moeten worden.

[9] *ter Burg, 2025.*
[10] *Verordening 1107/2009.*
[11] *EFSA, 2020a; EFSA, 2020b; EFSA, 2022*
[12] *https://mcra.rivm.nl/mcra/#/*
[13] *van Klaveren et al., 2021.*
[14] *Bodar, et al., 2022.*

- Kennis over toxicologische effecten is noodzakelijk.
- De methode is niet geschikt voor niet-chemische stressoren of welzijn.

Toepassing

Binnen de gewasbeschermingsmiddelen wetgeving wordt deze methode toegepast voor de blootstelling via voedsel. De methode wordt nog niet toegepast voor de cumulatieve blootstelling van omwonenden in agrarische gebieden, voornamelijk vanwege het ontbreken van blootstellingsgegevens.
De toepasbaarheid van deze methode om cumulatieve risico's te bepalen in het kader van ruimtelijke besluitvorming wordt laag ingeschat. Dit komt door de tijdrovende aard van de methode en de gegevens die nodig zijn om de methode toe te kunnen passen.

4.1.1.3 Sommatiebepaling

Omschrijving

Bij een sommatiebepaling wordt de blootstelling van stoffen die binnen dezelfde stofklasse vallen opgeteld en getoetst aan de emissiegrenswaarde voor die klasse. Bij de toepassing van een sommatiebepaling wordt vooraf bepaald voor welke stofklasse deze methode toegepast moet worden. In de praktijk geldt dit maar voor een beperkt aantal stofklasse.

Voordelen

- Doordat vooraf vastgesteld voor welke stofklasse de methode toegepast moet worden kost de methode minder tijd dan bijvoorbeeld de Hazard Index-methode.

Nadelen

- Voor maar een zeer beperkt aantal stofklassen is eerder vastgesteld dat sommatiebepaling toegepast moet worden. Het RIVM concludeert dan ook het volgende "de sommatie-aanpak bij de toets aan emissiegrenswaarden kan worden beschouwd als een (beperkte) stap om cumulatie mee te nemen bij vergunningverlening, maar waarborgt niet dat er geen inhalatierisico's als gevolg van mengseltoxiciteit op leefniveau kunnen zijn[14]."

Toepassing

De sommatiebepaling concept werd in het verleden toegepast in Nederland, maar is vervallen onder de Omgevingswet[15]. In België en Duitsland wordt nog wel gebruikgemaakt van deze methode. Gezien de beperkte toepassing heeft deze methode niet de voorkeur boven andere dosis additie methoden, zoals de Hazard Index-methode.

[15] *IPLO inhoudelijke veranderingen luchtemissies, ZZS en geur, versie maart 2023*

4.1.1.4 Mixie tool

Omschrijving

De Mixie tool is gepubliceerd in 2001 door de Quebec arbeidsveiligheidsonderzoekinstituut Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) en de Universiteit van Montreal. Het bevat toxicologische informatie van meer dan 700 stoffen met hun Canadese Occupational Exposure Limits (OEL, 8-uur)[16]. In 2007 is deze tool uitgebreid met de Franse OELs[17]. De toxicologische effecten zijn onderverdeeld in 24 klassen, zoals leverschade, hormoonverstoring en ontwikkelingseffecten. In de tool kan men de concentratie in de lucht - per stof - invullen en vergelijken met de OELs. Dit leidt tot een risico-index per stof die vervolgens opgeteld worden. Zolang de som hiervan onder de 1 blijft is er geen cumulatief risico, analoog aan de eerder beschreven Hazard Index-methode. De Mixie tool richt zich op de cumulatieve risico's voor werknemers.

Nadelen

- De gebruikte OELs zijn niet één-op-één toepasbaar op omwonenden, omdat normen voor omwonenden doorgaans strenger zijn om rekening te houden met gevoelige groepen, zoals ouderen en kinderen, en met langere blootstelling.

Voordelen

- Het geeft bruikbare informatie over welke orgaansystemen door een stof beïnvloed worden.

Toepassing

De beschikbare informatie in de Mixie tool is beperkt tot 700 stoffen, maar zou relevante informatie kunnen geven om te bepalen voor welke stoffen de Hazard Index opgeteld zou moeten worden en voor welke dit niet relevant is.

4.1.2 Allocatiefactor

Omschrijving

Zoals al eerder is aangegeven is het in kaart brengen van geaggregeerde en cumulatieve blootstelling van stoffen en andere stressoren complex. Een mogelijkheid om deze complexiteit te overkomen is om per stof een **standaard allocatiefactor** (een veiligheidsfactor) toe te passen, in plaats van een uitgebreide geaggregeerde en cumulatieve risicobeoordeling uit te voeren. Dit houdt in dat op het niveau van stoffen en niet-chemische stressoren de maximale blootstelling onder een bepaalde factor van de gezondheids-kundige norm moet liggen. Als voorbeeld, wanneer men een allocatiefactor van 3 aan zou houden, dan zou een stof met een gezondheidskundige norm van 10 µg/m³ een maximale blootstelling van 3,33 µg/m³ mogen hebben. Hiermee kan rekening gehouden worden met andere bronnen van blootstelling.

Recent heeft het RIVM een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de toepassing van een allocatiefactor in de vergunningverlening van industriële emissies naar lucht[18]. Hierin worden twee opties geschetst.

1 In optie één wordt standaard een generieke allocatiefactor toegepast, tenzij er aanwijzingen zijn dat inhalatie vanuit industrie de belangrijkste blootstellingsroute- en bron van de stof vormt. In dat geval kan een meer specifieke factor toegepast worden.

[16] https://www.irsst.qc.ca/mixie/
[17] http://www.inrs-mixie.fr/
[18] Pronk, 2024.

2 In de tweede optie wordt geen standaard allocatiefactor toegepast, maar enkel wanneer er aanwijzingen zijn dat er ook andere relevante blootstellingsbronnen en routes zijn. Hierbij wordt echter opgemerkt dat er vaak onvoldoende informatie is over andere bronnen.

3 Het risico van optie twee is dat de bewijslast om het tegendeel te bewijzen bij de overheid komt te liggen.

In het verkennend onderzoek geeft het RIVM aan dat de generieke allocatiefactor zou kunnen aansluiten op de factor 20% die gebruikt wordt in de afleiding van de drinkwaternormen. De vraag of, en hoe de methode toegepast gaat worden, eventueel gecombineerd met de Hazard Index-methode (zie Paragraaf 4.1.1.1) moet echter nog verder uitgewerkt worden.

Voordeel

- Het voordeel van de allocatiefactor methode is dat het een pragmatische manier is om rekening te houden met blootstelling uit meerdere bronnen/routes en die snel toepasbaar is.
- Het wordt al sporadisch gebruikt, zoals bij de afleiding van drinkwaternormen.
- Het vereist geen uitgebreide toxicologische kennis of kennis over andere blootstellingsroutes.

Nadeel

- Er is op dit moment geen wetenschappelijke onderbouwing beschikbaar om de hoogte van een dergelijke allocatiefactor vast te stellen. Om te beslissen hoe de allocatiefactor gebruikt kan worden is een discussie op beleidsmatig niveau vereist [19,20].

Toepassing

Het concept van een allocatiefactor wordt in beperkte mate al toegepast binnen enkele wettelijke kaders in Nederland. Zo wordt het toegepast bij drinkwater waarbij de drinkwaternormen maximaal 20% van de veilige norm (het maximaal toelaatbare risiconiveau) mag zijn, om rekening te houden met andere blootstellingsroutes aan een stof[21,22]. Deze allocatiefactor van 20% kan verhoogd worden wanneer er aanwijzingen zijn dat de allocatiefactor onvoldoende beschermend is.

Denemarken past een allocatiefactor naast het afleiden van drinkwaternormen ook toe bij het afleiden van normen voor lucht, bodem en grond- en drinkwater. Deze “Quality Criteria” worden afgeleid door de Deense Environmental Protection Agency en gebruikt voor vergunning- en monitoringsdoeleinden. De Quality Criteria normen mogen voor **10%** de gezondheidskundige norm opvullen, om rekening te houden met andere blootstellingsbronnen, zoals voedsel of gebruik van chemische producten[19,23].

Voor speelgoed wordt bij het vaststellen van migratielimieten voor chemische stoffen een allocatiefactor van 10% toegepast om rekening te houden met de totale blootstelling aan een stof[19]. Voor cosmeticaproducten wordt ook gekeken naar de mogelijkheid van een allocatiefactor voor geaggregeerde blootstelling[24].

[19] *Pronk, 2024.*
[20] *Hermans, 2024.*
[21] *WHO, 2022.*
[22] *RIVM 2025.*
[23] *Danish EPA, 2001.*
[24] *Hermans, 2024*

Naast deze toepassingen van een allocatiefactor voor geaggregeerde blootstelling roept de Europese Chemical Strategy for Sustanaibility[25] op tot het gebruik van een 'mixture assessment factor' als mogelijke aanpak voor cumulatieve blootstelling onder de REACH-wetgeving voor industriële chemicaliën. Bij het concept van de mixture assessment factor moet de ingeschatte blootstelling van een toepassing een bepaalde factor onder de veilige norm zijn. Deze mixture assessment factor staat echter nog onder discussie en er is nog geen consensus over hoe en in welke mate die toegepast moet worden.

4.1.3 Disability-adjusted Life Years (DALY's)

Omschrijving

Disability-Adjusted Life Years (DALY's), betekent levensjaren, gecorrigeerd voor beperkingen. De methode om te werken met DALY's is ontwikkeld door de Wereldgezondheidsorganisatie en combineert zowel de jaren verloren door vroegtijdige sterfte (Years of Life Lost, YLL) als de jaren geleefd met een beperking (Years Lived with Disability, YLD) in één index. Eén DALY staat gelijk aan één verloren gezond levensjaar. Dit betekent dat hoe hoger het aantal DALY's, hoe groter de ziektelast in een populatie.

Voordelen

- Het grootste voordeel van het gebruik van DALY's is dat het mogelijk is om een vergelijking te maken tussen verschillende typen schadelijke effecten en oorzaken, zoals bijvoorbeeld luchtverontreiniging en geluidshinder, aangezien de DALY's uitgedrukt worden in één eenheid. Op dit moment zijn DALY's de enige methode om op kwantitatieve manier de cumulatieve gezondheidseffecten van stoffen en geluid te beoordelen.

Nadelen

- Het afleiden van een DALY is complex en tijdrovend[26]. Het vereist gedetailleerde gegevens over sterfte en morbiditeit, die vaak ontbreken.
- Er moeten wegingsfactoren afgeleid worden om de ernst van de beperkingen te bepalen, wat vaak gebaseerd is op subjectieve beoordelingen.
- Er zijn er variaties in de methodologie om DALY's af te leiden, waardoor er verschillende DALY's zijn afgeleid voor dezelfde stof.
- De grove grens van levensjaren (of maanden) kan bij kleine verschillen ervoor zorgen dat deze geheel wegvallen. Ook het effect van maatregelen kan wegvallen, wat (bestuurlijk) communicatief niet handig is.
- De methode bekijkt voornamelijk de kwantiteit van gezonde levensjaren en houdt onvoldoende rekening met subjectieve aspecten van gezondheid.
- Het afleiden van nieuwe DALY's, bijvoorbeeld voor stoffen waar nog geen DALY voor beschikbaar is, is noodzakelijk. Dit is in de praktijk lastig door de beperkte beschikbaarheid van adequate gegevens en door de specialistische kennis die hiervoor vereist is.

Toepassing

Het gebruik van bestaande DALY's is mogelijk voor een beperkt aantal stoffen en voor geluid.
De beperkingen van de methode, zoals hierboven omschreven, maakt het lastig om op basis van DALY's absolute conclusies over gezondheidseffecten te trekken. Het biedt wel mogelijkheden om verschillende

[25] https://environment.ec.europa.eu/strategy/chemicals-strategy_en
[26] Chen et al. 2024

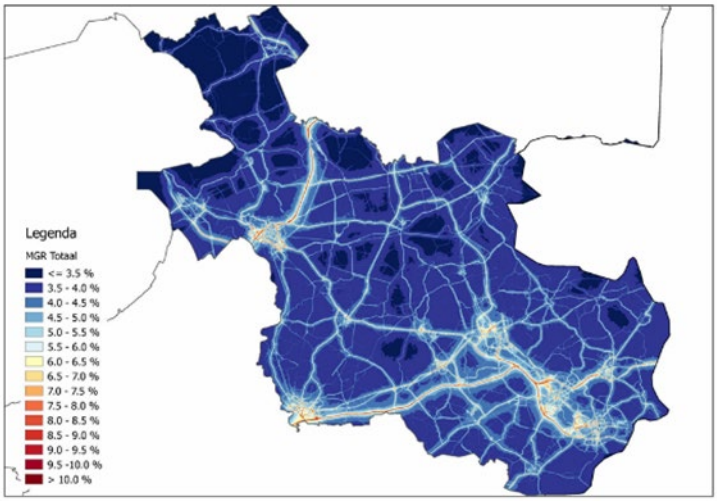
alternatieven met elkaar te vergelijken[27]. Dit maakt het vooral bruikbaar voor milieueffectrapportages om varianten te vergelijken.

Toepassing concept DALY's binnen de MilieuGezondheidsRisico-Indicator

Het concept van de DALY's wordt toegepast in het instrument MilieuGezondheidsRisico-Indicator (MGR) dat ontwikkeld is door het RIVM. De MGR wordt specifiek gebruikt om de gezondheidsrisico's van milieufactoren op een bepaalde **locatie** te beoordelen. Het helpt bij het identificeren van gebieden waar bewoners een hoog risico lopen op gezondheidseffecten[28] door de cumulatieve milieubelasting.

De MilieuGezondheidsRisico-Indicator bevat gezondheidseffecten van geluid (wegverkeer, railverkeer, vliegverkeer, industrie), en luchtkwaliteit (PM_{10}, NO_2 en roet). De meegenomen gezondheidseffecten voor geluid zijn ernstige slaapverstoring, (vroegtijdige sterfte aan) hart- en vaatziekten en leesachterstand (alleen voor vliegtuiggeluid). Voor luchtkwaliteit zijn dit vroegtijdige sterfte en astma (alleen voor NO_2). Hiervoor maakt het gebruik van de DALY-methode.
De (plaatsgebonden) MilieuGezondheidsRisico-Indicator kan door middel van een kleurcodering op een kaart worden weergegeven op adreslocaties of in een grid (zie Figuur 4-1).

Figuur 4-1: Overzicht MGR resultaat provincie Overijssel (de Ruiter et al. 2018)



Het kan gebruikt worden om de milieugezondheidsrisico's van verschillende planvarianten, alternatieven en scenario's te vergelijken. Ook wordt het als mogelijk instrument genoemd voor milieueffectrapportage procedures.

4.1.4 Scoresystemen

4.1.4.1 Luchtkwaliteitsindex

Omschrijving

De luchtkwaliteitsindex[29] is ontwikkeld om in één oogopslag de kwaliteit van lucht te beoordelen. De index neemt de concentratie van stikstofdioxide (NO_2), fijnstof (PM_{10} en $PM_{2,5}$) en ozon (O_3) mee. Op basis van de concentratie van de lucht wordt elke stof in gedeeld in 10 klassen, waarbij de hoogste klasse correspondeert met de hoogste luchtconcentratie. De informatie hierover wordt gebundeld tot één getal, dat -

[27] *Knol et al. 2009.*
[28] *https://www.gezondeleefomgeving.nl/instrumenten/MGR*
[29] *Dusseldorp et al. 2014.*

met behulp van kleuren - vier gradaties van de luchtkwaliteit weergeeft. De stof die leidt tot de hoogste waarde bepaalt uiteindelijk de index. Aan de luchtkwaliteitsindex worden handelingsadviezen gekoppeld (zie Tabel 4-2).

Tabel 4-2: Handelingsadviezen luchtkwaliteitsindex[30]

Klasse 1	U hoeft uw gebruikelijke activiteiten niet aan te passen.
Klasse 2	U hoeft uw gebruikelijke activiteiten niet aan te passen. Bent u gevoelig voor luchtverontreiniging? Overweeg dan lichamelijke inspanning te verminderen.
Klasse 3	Overweeg lichamelijke inspanning te verminderen. Bent u gevoelig voor luchtverontreiniging? Verminder lichamelijke inspanning. Overleg eventueel met uw arts over aangepaste medicatie.
Klasse 4	Doe rustig aan; verminder lichamelijke inspanning. Bent u gevoelig voor luchtverontreiniging? Verminder lichamelijke inspanning. Overleg eventueel met uw arts over aangepaste medicatie.

Voordelen

- De klassen voor de index zijn gebaseerd op schattingen van de effecten op de gezondheid, op basis van een evaluatie van de Wereldgezondheidsorganisatie.

Nadelen

- Er vindt geen cumulatie plaats van de verschillende stoffen. De stof met het hoogste risico bepaalt de index. Naast NO_2, fijnstof en ozon worden geen andere stoffen meegenomen in de luchtkwaliteits-index, waardoor de scope beperkt is.

Toepassing

Aangezien de luchtkwaliteitsindex meer gericht is op advisering en een beperkte scope heeft, is het minder geschikt in de context van een vergunningsaanvraag of ruimtelijke planning. Het wordt in de praktijk dan ook niet in die context gebruikt.

4.1.4.2 Gezondheidseffectscreening

Omschrijving

Gezondheidseffectscreening (GES) is een methode die is gebruikt om de blootstelling aan verschillende milieuaspecten en de bijbehorende gezondheidseffecten te beoordelen en te vergelijken[31]. Het doel van de gezondheidseffectscreening is om inzicht te krijgen in de mogelijke gezondheidsrisico's die voortkomen uit milieufactoren zoals luchtvervuiling, geluidsoverlast en bodemverontreiniging.
De gezondheidseffectscreening-methode vertaalt de hoogte van de milieubelasting naar een milieugezondheidskwaliteit in de vorm van een score en een kleur. De milieugezondheidskwaliteit en score variëren van ‘zeer goed’ (0) tot ‘onvoldoende’ (6) en ‘zeer onvoldoende’ (8).
De bijbehorende kleuren lopen van groen, via geel en oranje, naar rood en paars.

Voordelen

- De score en kleurduiding van de gezondheidseffectscreening is duidelijk en goed te communiceren.
- Er is aandacht voor blootstelling ónder de beleidsmatige normen.
- Verschillende milieubelastingen met ongelijksoortige effecten (bijvoorbeeld luchtkwaliteit en geluidhinder) kunnen met elkaar vergeleken worden.

[30] *Dusseldorp et al. 2014.*
[31] *Factsheet Gezondheidseffectscreening, 2018.*

Nadelen

In 2010 is er een evaluatie uitgevoerd naar het gebruik van het gezondheidseffectscreening instrument[32]. Hieruit kwamen een aantal nadelen naar voren, waaronder:

- De koppeling van de score aan de milieunormen is niet eenduidig.
- De grove klassengrenzen kunnen bij kleine verschillen ervoor zorgen dat deze verschillen geheel wegvallen of juist tot een groot (klasse)verschil leiden.
- De score wordt uitgedrukt in een kleur/klasse waarvan het onduidelijk is welke waarde aan een dergelijke kleur/klasse moet worden toegekend.
- Gezondheidseffecten vanuit verschillende bronnen, zoals bijvoorbeeld luchtkwaliteit en geluidhinder, zijn niet op te tellen.
- Interpretatie van de resultaten is lastig, vooral bij de vergelijking van verschillende alternatieven. Bijvoorbeeld wanneer een alternatief een slechtere score heeft voor luchtkwaliteit en de andere voor geluid is moeilijk om te duiden welk alternatief de betere is.

Toepasbaarheid

In juni 2022 heeft de GGD de gezondheidseffectscreening methode teruggetrokken, omdat het niet meer aansluit bij de verbrede invulling die GGD'en aan de gezonde leefomgeving geven. Ook omdat het vaak op een onjuiste manier toegepast werd in projecten. De gezondheidseffectscreening wordt overigens nog wel gebruikt, in ieder geval in de provincie Utrecht.

4.1.4.3 Vragenlijsten

Omschrijving

Welzijn wordt met de term 'hinder' in kaart gebracht door verschillende vormen van vragenlijsten.
De meeste hiervan vragen in hoeverre hinder wordt ervaren, zoals de ISO/TS 15666. Hierin wordt niet gekeken naar de gezondheidsimpact van de hinder op de omgeving (verstoring). De Bitter-index[33] is een methode die tracht deze verstoring in kaart te brengen in de vorm van een in te vullen index wordt naar de vorm van hinder gevraagd, zoals die door de omgeving wordt ervaren.
Er worden zeven vragen gesteld, waaronder over verstoring van activiteiten door geluid of geur, waarmee de mate van hinder wordt bepaald. Elk antwoord krijgt een 1 of 0 waardoor een score van 0 tot en met 7 punten behaald kan worden. Zo kan er bijvoorbeeld gevraagd worden of de respondent minder vaak het huis verlaat ten gevolge van de ervaren hinder. Naast de Bitter-index bestaan er ook andere vragenlijsten.

[32] *Naeff Consult, 2010.*
[33] *TNO-PG en RIVM, 1998.*

Voordelen

- Het voordeel van deze methode is dat er verschillende vormen van verstoring gemeten en vergeleken kunnen worden, zowel geluid- als geurverstoring kunnen op deze manier bepaald worden.

Nadelen

- Een belangrijk nadeel van deze methode is dat deze slechts achteraf gebruikt kan worden. Immers, de activiteit die mogelijk tot verstoring leidt, moet al aanwezig zijn, voordat onderzocht kan worden of de activiteit daadwerkelijk tot verstoring leidt.

Toepassing

Vragenlijsten worden als actie ingezet, meestal door bevoegd gezag. Vanwege de retrospectieve aard is de methode niet geschikt in het kader van vergunningen voor nieuwe situaties.

4.1.5 Gezondheidseffectrapportage

Vanuit de stakeholdergroepen kwam de gezondheidseffectrapportage vaak naar voren als methode om cumulatieve effecten in te beoordelen. Dit is echter geen methode, maar een rapportage waarin verschillende cumulatie methoden toegepast kunnen worden. Om aan de vraag vanuit de stakeholder-groepen te voldoen volgt hieronder een korte omschrijving van de gezondheidseffectrapportage.

Een gezondheidseffectrapportage (GER) is enigszins vergelijkbaar met de milieueffectrapportage, maar met een specifieke focus op humane gezondheidseffecten. De methode is nieuw. Er wordt ten tijde van het schrijven van dit onderzoek gewerkt aan één gezondheidseffectrapportage in Nederland, naar aanleiding van de aanbeveling van de expertgroep Gezondheid IJmond, als methode om gezondheids-effecten een volwaardige plaats te geven. Het RIVM heeft in april 2024 een kennisnotitie gepubliceerd met daarin aanbevelingen voor het methodisch kader voor de zogenoemde Gezondheidseffectrapportage Tata Steel Nederland (GER-TSN)[34]. Deze gezondheidseffectrapportage richt zich op de verwachte impact op gezondheid van de groenstaalplannen van Tata Steel Nederland. De gezondheidseffectrapportage Tata Steel Nederland is ten tijde van het schrijven van dit onderzoek nog niet afgerond.

In het methodisch kader is de scope voor de gezondheidseffectrapportage afgebakend tot de gezond-heidsrisico's voor de omwonenden van Tata Steel Nederland, als gevolg van emissies van stoffen en van stressoren in de leefomgeving. Deze stressoren zijn afgebakend tot geluid, stank en grof stof. Hinder van deze stressoren wordt eveneens als een gezondheidseffect gezien en valt binnen de scope. Mentale gezondheidseffecten, zoals stress door bijvoorbeeld de aanwezigheid van Tata Steel Nederland valt buiten de scope, met de redenatie dat het niet in te schatten is wat een toekomstige situatie doet op de mentale gezondheid. Wel wordt vermeld dat mentale gezondheid onderdeel moet zijn van de monitoring, evaluatie en follow-up.
In het methodisch kader wordt de gezondheidseffectrapportage Tata Steel Nederland beperkt tot het compartiment lucht; lozingen op het riool en water worden niet meegenomen. Van chemische stressoren wordt inhalatie meegenomen aangezien eerder onderzoek liet zien dat dit de meeste impact heeft op de gezondheid.
In de gezondheidseffectrapportage Tata Steel Nederland wordt voor de gezondheidskundige normen uitgegaan van DALY's, voor die onderdelen waar voldoende gegevens voor beschikbaar zijn en waarbij de verandering tussen de nul-variant en de toekomstscenario groot genoeg is. Daarnaast worden nog andere waarden beschouwd, zoals beschikbare advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie.

[34] *Gooijer et al. 2025*

Hierbij wordt in het methodisch kader benoemd dat bij de uitwerking van de gezondheidsrisico's en de bepaling van de risico-DALY's aandacht moet worden besteed aan cumulatie.
Ook wordt genoemd dat het mogelijk is dat bepaalde toekomstscenario's positief kunnen uitwerken voor een bepaalde stof of stressor en tegelijkertijd negatief voor een andere stof of stressor. In die gevallen dient een afweging gemaakt te worden in hoeverre de verschillende effecten tegen elkaar opwegen. Een voorbeeld hiervan is een maatregel voor schonere lucht die een hogere geluidsbelasting veroorzaakt.

4.1.6 Overige methoden

4.1.6.1 Humane biomonitoring

Blootstelling aan meerdere stoffen kan ook in kaart worden gebracht door het gebruik van **humane biomonitoring**. Hierbij wordt de hoeveelheid chemische stoffen in lichaamsmateriaal gemeten, zoals in bloed of urine. In Nederland vinden dergelijke metingen incidenteel plaats[35].

Voordelen

- Humane biomonitoring geeft een goed beeld krijgt van de daadwerkelijke blootstelling van mensen aan chemische stoffen, vanuit meerdere bronnen tegelijkertijd.

Nadelen

- De voornaamste beperking van humane biomonitoring, bij toepassing in vergunningverlening, is dat het retrospectief werkt: de resultaten kijken naar blootstelling die al plaats heeft gevonden. Het kan daarmee niet het effect van *nieuwe* blootstellingsbronnen bepalen. Om de gezondheid van omwonenden te borgen is het noodzakelijk dat je een mogelijk cumulatief risico al vooraf kunt identificeren.
- Het kan lastig zijn om de gemeten stoffen terug te leiden naar specifieke bronnen.

Toepassing

Vanwege het retrospectieve karakter van humane biomonitoring is deze methode niet goed toepasbaar in het kader van vergunningverlening. De methode is wel geschikt voor het monitoren van bestaande situaties.

4.1.6.2 Exposoom

Omschrijving

Een van de meest volledige methoden om naar cumulatie en gezondheid te kijken, is de zogenaamde exposoomonderzoeken. Het concept 'exposoom' probeert naar de totaliteit van omgevingsfactoren te kijken en hun invloed op de gezondheid te bepalen.

Voordelen

- Het concept houdt niet alleen rekening met factoren als luchtvervuiling of andere blootstelling aan chemische stoffen, maar ook met andere elementen die invloed hebben op gezondheid zoals sociale interacties, leefomgeving en leefstijlfactoren, zoals voeding.

Nadelen

- De methode is nog in de academische onderzoeksfase.
- Er wordt gewerkt aan standaardisatie van methodes en technieken en ontwikkeling van data analysetechnieken waar nog veel werk voor te doen is[36].
- Het uitvoeren van een exposoomonderzoek is tijdrovend en vereist veel gegevens.

[35] *Gezondheidsraad, 2024*
[36] *Gezondheidsraad, 2022*

Toepassing
Gezien de complexiteit en omdat de methode nog in ontwikkeling is, wordt deze methode nog niet toepasbaar geacht in de context van vergunningverlening. De toepassing ligt op dit moment voornamelijk nog op wetenschappelijk niveau.

4.2 Overzicht en analyse cumulatieve methoden

Op basis van bevindingen uit Fase 1 is een overzicht gemaakt van de beschikbare methoden voor cumulaties. Hierin is een afweging opgenomen van de onderzoekers, over de toepasbaarheid, het vereist kennisniveau, de benodigde informatie en tijdbesteding die de methode kost. Deze afweging is besproken tijdens de workshop met stakeholders (zie ook Hoofdstuk 6)
Voor de laatste drie criteria is een schaalsysteem gebruikt van schaal 1 tot 5, waarbij schaal 1 een laag niveau impliceert. Voor de cumulatie methode die dosis additie als onderliggend basisprincipe hebben is alleen de Hazard Index meegenomen in de afwegingen, omdat deze naar voren als de meest kansrijke.

Tabel 4-3: Overzicht van de beschikbare cumulatie methoden

	Dosisadditie (Hazard Index)	Allocatiefactor	DALY	Scoresystemen (Luchtkwaliteitsindex, Gezondheidseffectscreening en vragenlijst)	Humane biomonitoring	Exposoom
Prospectief toepasbaar (ja/nee)	Ja	Ja	Ja	Luchtkwaliteitsindex: nee Gezondheidseffectscreening: Ja Vragenlijst: Nee	Nee	Nee
Retrospectief toepasbaar (ja/nee)	Ja	Ja	Ja	Luchtkwaliteitsindex: Ja Gezondheidseffectscreening: Ja Vragenlijst: Ja	Ja	Ja
Kwantitatief (is er een grenswaarde te definiëren)	Ja	Ja	Ja	Luchtkwaliteitsindex: deels Gezondheidseffectscreening: deels Vragenlijst: Ja	Ja	Ja
Bronspecifiek (immissie koppelen aan emissie op bronniveau)	Ja	Ja	Ja	Luchtkwaliteitsindex: nee Gezondheidseffectscreening: ja Vragenlijst: nee	Lastig	Ja
Vereist kennisniveau (schaal 1-5)	Tier 0: 1 Tier 1: 4	1	DALY beschikbaar voor specifieke stressor: 2. DALY niet beschikbaar: 5.	Luchtkwaliteitsindex: 1 Gezondheidseffectscreening: 3 Vragenlijst: 4 (tenzij gebruik ISO-vastgestelde lijst, zoals geluid)	4	5
Beschikbaarheid benodigde informatie (schaal 1-5)	Tier 0: 1 Tier 1: 4	1	DALY beschikbaar voor specifieke stressor: 2. DALY niet beschikbaar: 5.	Luchtkwaliteitsindex: 1 Gezondheidseffectscreening: 3 Vragenlijst: 3	4	5
Tijdsbesteding	Tier 0: 1 Tier 1: 5	1	DALY beschikbaar voor specifieke stressor: 2. DALY niet beschikbaar: 5.	Luchtkwaliteitsindex: 1 Gezondheidseffectscreening: 3 Vragenlijst: 4	5	5

	Dosisadditie (Hazard Index)	Allocatiefactor	DALY	Scoresystemen (Luchtkwaliteitsindex, Gezondheidseffectscreening en vragenlijst)	Humane biomonitoring	Exposoom
Geschikt voor stoffen	Ja	Ja	Ja	Luchtkwaliteitsindex: ja (beperkt aantal) Gezondheidseffectscreening: ja Vragenlijst: nee	Ja	Ja
Geschikt voor geluid	Nee	Ja	Ja	Luchtkwaliteitsindex: nee Gezondheidseffectscreening: ja Vragenlijst: ja	Nee	Ja
Geschikt voor geur en overige hinder	Nee	Nee	Nee	Luchtkwaliteitsindex: nee Gezondheidseffectscreening: ja, geluid Vragenlijst: ja	Nee	Ja
Geschikt om alle stressoren te cumuleren	Nee	Ja	Ja (voor de stressoren waar DALY's beschikbaar zijn)	Luchtkwaliteitsindex: nee Gezondheidseffectscreening: ja, kwalitatief Vragenlijst: deels	Nee	Ja
Weegt welzijn	Nee	Nee	Nee	Luchtkwaliteitsindex: nee Gezondheidseffectscreening: nee Vragenlijst: ja	Nee	Ja

4.3 Knelpunten en kansen beschikbare cumulatie methoden

Op basis van de analyse van de beschikbare cumulatie methoden zijn de volgende knelpunten en kansen geïdentificeerd.

Knelpunten

- Er is op dit moment geen kwantitatieve methode beschikbaar die zowel chemische als niet-chemische stressoren volledig dekt. De Exposoom-benadering richt zich hierop, maar deze bevindt zich nog in de academische onderzoeksfase en wordt alleen retrospectief toegepast.
- De bestaande methoden richten zich hoofdzakelijk op chemische stoffen. Niet-chemische stressoren zoals geluid, geur, trillingen en licht worden slechts beperkt meegenomen, terwijl deze wel relevant zijn voor de gezondheid van omwonenden.
- De kennis, expertise en capaciteit om de methoden in de praktijk toe te kunnen passen is niet altijd aanwezig.
- De beschikbare methoden vereisen informatie over zowel de toxicologische effecten van stoffen als over de blootstelling aan deze stoffen. Deze informatie ontbreekt soms of is slecht toegankelijk. Toxicologische gegevens van de meest gebruikte stoffen zijn beschikbaar in REACH dossiers, maar afleiding van MTR ontbreekt.

Kansen

Er zijn beschikbare methoden beschikbaar die na verdere doorontwikkeling toegepast kunnen worden in de praktijk. Deze variëren in reikwijdte, complexiteit en het doel waarin ze ingezet kunnen worden en kunnen worden onderverdeeld in kwalitatieve en kwantitatieve methoden.

Kansen kwantitatieve methoden

Voor toepassing van een cumulatie methode binnen het kader van vergunningverlening wordt een kwantitatieve methode het meest kansrijk geacht. Dit komt omdat er voor vergunningverlening diverse randvoorwaarden van belang zijn. De methode dient:

- Wetenschappelijk onderbouwd te zijn;
- Transparant te zijn in zowel werkwijze als uitkomsten/conclusies;
- Herhaalbaar en toetsbaar te zijn;
- Een normerend kwantitatief karakter te hebben;
- Juridisch houdbaar te zijn in bezwaar- en beroepsprocedures.

De Hazard Index-methode lijkt in het kader van vergunningen de meeste veelbelovende methode. Verder onderzoek naar deze methode wordt uitgevoerd door het RIVM. Het voordeel van de Hazard Index-methode is dat er uitgebreid onderzoek verricht is wat de betrouwbaarheid versterkt. Daarnaast is de methode transparant en reproduceerbaar. Door de kwantitatieve aard van de methode is het goed herhaalbaar en toetsbaar. Het grootste nadeel van de methode is dat het zich uitsluitend richt op stoffen en geen rekening houdt met andere stressoren zoals, geur, geluid of trillingen. Daarnaast is het zo dat het uitvoeren van een Tier 1-beoordeling tijd en expertise vereist.
De DALY-methode is voor stoffen en geluid toepasbaar om afwegingen te maken, zoals in plan- en project milieueffectrapportages. De beperkingen van de methode maakt het lastig om op basis van DALY's absolute conclusies over gezondheidseffecten te trekken. Dit maakt de methode niet geschikt voor vergunningen.

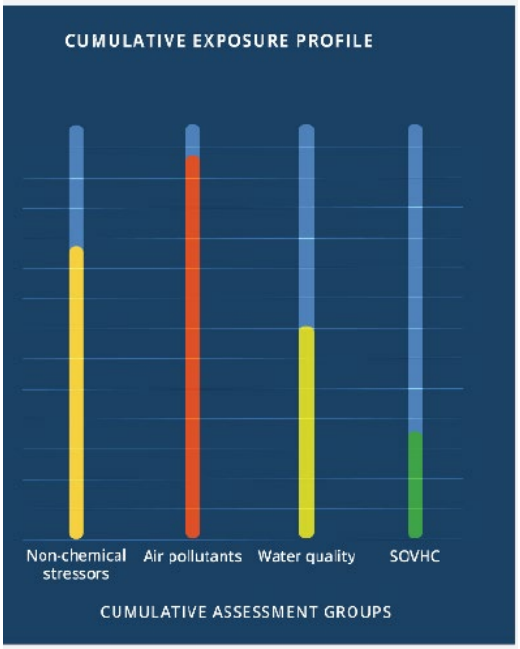
Kansen kwalitatieve methode

Voor een bredere afweging van cumulatieve stressoren zijn kwalitatieve methoden naast kwantitatieve methoden bruikbaar in besluitvormingsprocessen, zoals de ontwikkeling van omgevingsvisies, plannen en het proces van de milieueffectrapportage, mits deze verder doorontwikkeld en afgestemd worden met de uitvoerende instanties.

Op dit moment is er nog geen gestandaardiseerde *kwalitatieve* methode beschikbaar die in de praktijk toepasbaar is. Een mogelijkheid voor verdere doorontwikkeling is om op grond van kleurcodes om verschillende stressoren naast elkaar in beeld te brengen (zie Figuur 4-2). Hierbij geldt dat de normlimiet voor individuele stressoren, in veel gevallen gebaseerd op gezondheidskundige waarden, niet overschreden mag worden. Ook niet als de bijdrage van alle andere stressoren laag is.

Figuur 4-2: Visuele weergave van cumulatie druk op basis van kleurcoderingsysteem (bron: aangepast van studentenproject, zie Bijlage 5)

Kleur	Normopvulling
Groen	0-<25%
Geel	25-<50%
Oranje	50-<75%
Rood	75-<100%



Kwalitatieve methoden van cumulatie zijn goed inzetbaar om alternatieven en varianten van een initiatief met elkaar te vergelijken ter ondersteuning van het besluitvormingsproces. Het grootste voordeel van een kwalitatieve methode is dat het toegepast kan worden op zowel chemische en niet-chemische stressoren, zoals geluid, geur en trillingen. Het gebrek aan een kwantitatieve norm voor cumulatie kan echter leiden tot verschillen in interpretatie van de resultaten en een zorgvuldige analyse is nodig over wat de kleur-scores betekenen wanneer varianten met elkaar vergeleken worden. Een uniforme werkwijze of hand-reiking kan dit nadeel opheffen.

5 Analyse van de Omgevingswet en beschikbare data

5.1 De Omgevingswet

De mate waarin gezondheid is meegewogen in de Omgevingswet en de juridische instrumenten die dat mogelijk maken zijn beschreven in de rapportage van Actie 12: Meewegen gezondheid in de Omgevingswet. In deze Actie is onderzocht hoe gezondheid – inclusief cumulatie van stressoren - kan worden meegewogen in de Omgevingswet. Hieruit blijkt dat de wetgever erkent dat in sommige gevallen – ondanks het voldoen aan de normstelling voor individuele stressoren - toch ongewenste gevolgen voor de gezondheid kunnen optreden bij het gelijktijdig optreden van meerdere (milieu)invloeden, waardoor de optelsom tot gevolgen voor de gezondheid leidt (cumulatie van effecten). Deze erkenning wijst erop dat met cumulatie rekening gehouden kan en moet worden om de gezondheid van omwonenden te beschermen. De ruimte in de Omgevingswet biedt de mogelijkheid om voor plannen op elk niveau in de Omgevingswet rekening te houden met cumulatieve emissies van de industrie om de gezondheid van inwoners te borgen.

Figuur 5-1: Overzicht van de verschillende niveaus (omgevingsvisie, omgevingsplan, project-MER, MER-beoordeling en vergunningen) waarin besluiten gemaakt worden met impact op omgevingsgezondheid



5.2 Nationaal

Het beleid op nationaal niveau is vastgelegd in de Nationale Omgevingsvisie[37] (2020), waarin de doelen voor de inrichting van de fysieke leefomgeving zijn gesteld. Dit is de basis voor de omgevingsvisie van provincies en gemeentes. Zoals in Paragraaf 2.3.3 is beschreven, maken het Rijk, de provincies en de gemeenten omgevingsvisies en omgevingsplannen, die betrekking hebben op de inrichting van Nederland én op de ruimte voor industriële activiteiten (zie figuur 3).
De Nationale Omgevingsvisie (2020) benadrukt dat een gezamenlijke (rijk, provincie en gemeenten) en gebiedsgerichte aanpak nodig is om de ruimte duurzaam, veilig en gezond in te richten. De visie werkt

[37] https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/09/11/nationale-omgevingsvisie

aan een verbetering van de veiligheid rondom industriële activiteiten en transport door betere beheersing van gevaarlijke stoffen. Omgevingsgezondheid is een term die niet gebruikt wordt in relatie tot de industrie, ook al staat nadrukkelijk de gezondheid van bewoners door het hele rapport centraal bij de inrichting van de ruimte.

5.3 Provincies en gemeenten

De Omgevingswet geeft provincies de ruimte een eigen invulling te geven aan verschillende milieuthema's. Dit kan op strategisch niveau worden ingevuld met **omgevingsvisies** en -programma's. Deze documenten zijn alleen bindend voor het bevoegd gezag en vormen de basis voor de beleidsdoelen van de provincie. Heel concreet voor de omgeving kunnen aanvullende omgevingswaarden of regels worden vastgelegd in de provinciale omgevingsverordening. Hieronder vallen ook provinciale beoordelingsregels die gelden voor de beoordeling van vergunningaanvragen voor milieubelastende activiteiten.

Gemeenten kunnen eveneens via een omgevingsvisie strategisch invulling geven aan milieuthema's. Gemeenten moeten ervoor zorgen dat de regels in het **omgevingsplan** leiden tot een evenwichtige toedeling van functies aan locaties, waarbij ook rekening gehouden wordt met het belang van het beschermen van de gezondheid. Het bevoegd gezag heeft beleids- of beoordelingsruimte voor de invulling van een evenwichtige toedeling van functies aan locaties, waarbij de ruimte in de fysieke leefomgeving zo goed mogelijk benut wordt. Dit betekent dat initiatieven binnen het toepassingsgebied van het omgevingsplan, zoals vergunningen en milieueffectrapportages daaraan moeten worden getoetst.

5.4 Milieueffectrapportage en vergunningen

Bij bepaalde vergunningplichtige activiteiten is een **projectmilieueffectrapportage** verplicht, of moet via een **milieueffectrapportagebeoordeling** worden vastgesteld of een milieueffectrapport noodzakelijk is[38]. De voorwaarden wanneer een milieueffectrapport verplicht is, staan omschreven in bijlage V van het Omgevingsbesluit. Een milieueffectrapport brengt de milieueffecten van een plan of project in beeld en helpt het bevoegd gezag (gemeente of provincie) en initiatiefnemers om een goed onderbouwd besluit te nemen over het project, het plan of de activiteit. Het milieueffectrapport kan alternatieven en varianten bevatten die tegen elkaar worden afgewogen op basis van milieucriteria. Dit betekent dat milieuparameters niet altijd kwantitatief, maar ook kwalitatief vergelijkend ingeschat kunnen worden.

Voor vergunningverlening wordt een aanvraag of wijzigingsbesluit getoetst aan de regels uit het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal), het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) en de Omgevingsregeling (Or). Daarnaast wordt beoordeeld of de aanvraag past binnen het gemeentelijke omgevingsplan, waarin concrete normen kunnen zijn opgenomen. Dit betekent dat in het kader van **vergunningen** een kwantitatieve benadering wordt gehanteerd, waarbij getoetst wordt aan wettelijke normen. Deze wettelijke normen die op landelijk of Europees niveau zijn gesteld, kunnen verbijzonderd worden in een omgevingsplan gebaseerd op de lokale situatie.

De IED-richtlijn (Industrial Emissions Directive 2010/75/EU[39]) getransponeerd in Nederland in de Omgevingswet, stelt dat, waar **omgevingswaarden** dat vereisen, aanvullende maatregelen vereist kunnen worden. Deze eisen kunnen verder gaan dan de Best Beschikbare Technieken (BBT). Deze eis uit de EU-richtlijn is in Nederland omgezet in artikel 18 van het Besluit kwaliteit Leefomgeving (Bkl). Daarnaast kan middels artikel 8.9 eerste lid van het Besluit kwaliteit Leefomgeving in een vergunning meer gevraagd worden dan Best Beschikbare Technieken (BBT) indien significante verontreiniging daarmee voorkomen wordt. Onder significante verontreiniging kunnen ook gezondheidseffecten worden verstaan door cumulatie van emissies.

[38] https://iplo.nl/regelgeving/instrumenten/milieueffectrapportage/plannen-programma-milieueffectrapportage/
[39] https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj/eng

5.5 Beschikbare data

Er is zowel centraal als decentraal data beschikbaar die gebruikt kan worden om de cumulatieve belasting door stressoren in kaart te brengen. Hieronder volgt een aantal informatiebronnen die gebruikt kunnen worden bij verdere inrichting en planvorming van de ruimte, rekening houdend met de veiligheid en gezondheid van de inwoners.

De Atlas Leefomgeving[40] biedt nationale gegevens over onder andere de geluidbelasting, de luchtkwaliteit (o.a. fijnstof, ozon, stikstofdioxide), en de risico's externe veiligheid. Deze data is beschikbaar voor heel Nederland. De bronnen van de genoemde chemische en niet chemische stressoren betreffen niet alleen de industrie, maar ook andere bronnen, zoals transport (verkeer, lucht, water en pijpleidingen), huishoudens (houtstook), agrarische activiteiten en geïmporteerde verontreinigingen. Ook de emissieregistratie[41] biedt informatie over emissies van diverse bronnen. Deze informatie moet wel vertaald worden naar gemiddelde immissieconcentratie naar de omgeving. Hierdoor zijn de gegevens niet direct bruikbaar om cumulatieve risico's te kwantificeren, maar het kan wel een beeld geven van de belasting in de omgeving.

De Vereniging van Nederlandse Gemeenten heeft een handreiking "Activiteiten en milieuzonering" (2024)[42] opgesteld met als doel om industriële activiteiten een plaats te geven bij de inrichting in de ruimte. Hierin worden afstanden voorgesteld tussen de industrie (verdeeld in categorieën) en woongebieden. Wanneer de werkelijke afstand minder is dan de geadviseerde afstand wordt deze stressor als relevant beschouwd. De handreiking biedt de mogelijkheid om potentiële stressoren te identificeren waarvoor cumulatie relevant is.

De Atlas Leefomgeving en de VNG-handreiking bevatten beperkte informatie over zeer-zorgwekkende stoffen. Dit zijn vaak stoffen met een langetermijneffect op de gezondheid of het milieu (of allebei).
De informatie over deze zeer-zorgwekkende stoffen is wel decentraal beschikbaar in het kader van de omgevingsvergunning-milieu waarop de vergunningverlenende instanties (omgevingsdiensten, provincies en gemeentes) toezien. Veel van deze instanties hebben de afgelopen jaren zogenoemde ZZS-uitvragen gedaan aan de industrie. Daarmee is inzicht verkregen in welke zeer-zorgwekkende stoffen aanwezig zijn, hoeveel wordt geëmitteerd en welke gezondheidsimpact deze emissies hebben op de omgeving.

5.6 Knelpunten en kansen in de Omgevingswet en beschikbare data

Knelpunten

Vanuit de Omgevingswet zijn er in principe geen formele belemmeringen. Wel is het complex om de impact van cumulatieve emissies op de gezondheid goed mee te nemen in besluitvorming. Het vergt samenwerking van de verschillende overheden, inhoudelijke verduidelijking van toegepaste methoden om cumulatie inzichtelijk te maken en het vinden van de juiste data om in de gekozen methode te gebruiken.

Kansen

De Omgevingswet biedt alle ruimte om rekening te houden met de gezondheid van haar inwoners bij de inrichting van de ruimte, door cumulatieve emissies.

Op Nationaal niveau van de inrichting van de fysieke leefomgeving is de Nationale omgevingsvisie 2024 vastgesteld. De andere instrumenten uit de Omgevingswet, zoals omgevingsvisies en plannen bieden - in tegenstelling tot vergunningen - mogelijkheden om bredere kwalitatieve afwegingen door cumulatieve

[40] https://www.atlasleefomgeving.nl/
[41] https://data.emissieregistratie.nl/emissies/kaart
[42] https://vng.nl/nieuws/nieuw-vng-handreiking-activiteiten-en-milieuzonering

risico’s te maken. Ook kan in het omgevingsplan met planregels eisen gesteld worden aan de cumulatieve impact van industrie die het lokale kader vormen voor vergunningen aan de industrie. Dit biedt de mogelijkheid om lokale normen (omgevingswaarden, zie hierna) op te stellen ter attentie van stressoren, vanwege hun cumulatieve impact, in vergunningverlening aan de industrie.

Het omgevingsplan biedt ruimte voor een integrale afweging van de leefomgeving, waarbij naast milieufactoren ook sociale en economische aspecten meegenomen kunnen worden.

Daarnaast heeft het bevoegd gezag de beleidsruimte om strengere normen op te leggen indien de afzonderlijke immissies van bijvoorbeeld geur, luchtverontreiniging, geluid of trillingen onder de individuele normen liggen maar het totaal (cumulatie) tot een ongewenst geachte belasting leidt.

6 Analyse van de praktijk

Op 3 juni 2025 vond een workshop plaats met experts die dagelijks met ruimtelijke besluitvorming te maken hebben, met als doel het verdiepen van het inzicht in methoden voor het beoordelen van cumulatieve gezondheidsrisico's en het identificeren van kennishiaten die verdere uitwerking vereisen. Een volledige samenvatting van de workshop staat weergegeven in Bijlage 4. De uitkomsten van de workshop zijn direct vertaald in knelpunten en kansen die hieronder zijn weergegeven.

Knelpunten

Het is vanuit gezondheidsoogpunt niet voldoende om cumulatieve risico's alleen op vergunningenniveau mee te wegen. Omdat vergunningverlening gebonden is aan (wettelijke) normen vanwege de handhaafbaarheid, kunnen cumulatieve risico's daarin slechts beperkt worden meegewogen. Instrumenten zoals omgevingsplannen en milieueffectrapportages bieden daarentegen wel mogelijkheden voor een bredere, kwalitatieve benadering bij de vergelijking van alternatieven.

Er is gebrek aan een eenduidig kader over hoe cumulatieve risico's beoordeeld moeten worden. Er zijn veel verschillende methoden beschikbaar, maar toepasbaarheid in de praktijk ontbreekt vooralsnog. Kwantitatieve methoden om alle chemische én niet-chemische stressoren in integraal te beoordelen, ontbreken.

Er is gebrek aan capaciteit en expertise bij de uitvoerende instanties. Het beoordelen van cumulatieve risico's vereist specifieke kennis en voldoende capaciteit. Instanties, zoals omgevingsdiensten en GGD'en, beschikken momenteel over onvoldoende expertise en capaciteit om te bepalen of - en hoe - cumulatie moet worden meegenomen.

Kansen

Voor het meewegen van niet-chemische stressoren zagen de deelnemers mogelijkheden voor een kwalitatieve benadering, bij de inrichting van de ruimtelijke visies en plannen. Daarvoor moet wel duidelijkheid en eenduidigheid zijn over de wijze waarop.

7 Oplossingsrichtingen

Uit dit onderzoek blijkt dat er geen kwantitatieve methode beschikbaar is die de cumulatie van alle relevante stressoren kan meewegen bij vergunningverlening. Het is ook niet te verwachten dat een dergelijke methode en de benodigde data op korte termijn beschikbaar is.

De Omgevingswet biedt echter meer mogelijkheden om de cumulatieve risico's af te wegen bij de inrichting van de ruimte dan alleen bij vergunningen. Door eerder in de ruimtelijke inrichting rekening te houden met de impact van cumulatie op de gezondheid, zoals bij omgevingsvisies en plannen, kun je effectiever cumulatie beheersen. Dit kan met kwalitatieve methoden, eventueel aangevuld met kwantitatieve methoden voor een beperkt aantal stressoren.

Om dit te realiseren worden de volgende oplosrichtingen aanbevolen:

- Samenwerking rond cumulatie bij de inrichting van de ruimte;
- Doorontwikkeling van methodes op toepasbaarheid in de praktijk.

7.1 Samenwerking rond cumulatie bij de inrichting van de ruimte

Om een breder en completer beeld van de cumulatieve risico's op landelijk en regionaal niveau te krijgen, en te borgen dat op geharmoniseerde wijze de methoden worden toegepast bij het analyseren van cumulatie, is landelijke samenwerking nodig.
We stellen voor dat het Rijk deze samenwerking initieert tussen de ministeries van IenW en van VWS, provincies en gemeenten, het RIVM, omgevingsdiensten en GGD'en. Aanbevolen wordt om deze samenwerkende partijen de volgende doelstellingen mee te geven:

- Het verder uitwerken, afstemmen en toezien op de aanbevelingen over het in kaart brengen van cumulatieve druk.
- Het stellen van prioriteiten. Het is niet effectief, mogelijk en nodig om bij iedere industriële activiteit in Nederland de cumulatieve impact van alle stressoren te bepalen of te berekenen. De impact en immissie van stressoren van veel bedrijven is lang niet altijd zodanig, dat het cumulatieve effect berekend en beoordeeld hoeft te worden. Dit is het geval wanneer de individuele stressoren ver onder hun eigen gezondheidskundige norm blijven, ook wanneer het immissies zijn die geëmitteerd worden door meerdere bronnen (bedrijven en andere bronnen bij elkaar).
- Af te stemmen hoe kwalitatieve en kwantitatieve methoden van cumulatie van verschillende stressoren vertaald kunnen worden naar maatregelen en eisen bij de ontwikkeling van ruimtelijke plannen, omgevingsvisie, plannen, milieueffectrapportages en vergunningen. Dit betekent ook het toezien op verdere doorontwikkeling van methoden (zie de tweede oplossingsrichting) en deze toepassen in proefprojecten.
- Afspraken te maken over dataverzameling en omgaan met onzekerheden, en over het delen van kennis.
- Het delen van projecten waarbij cumulatie van stressoren in ruimtelijke planontwikkeling is verwerkt. Dit kunnen analyses zijn naar de bronnen (sectoren) en intensiteit van specifieke stressoren. Deze analyses resulteren in omgevingsplannen, die als kader dienen voor vergunningverlening. Deze plannen kunnen aangeven welke sectoren van de industrie en welke stressoren (soorten stoffen, geluid) het meeste bijdragen aan de cumulatieve druk. Hiermee kunnen gerichte acties genomen worden bij (revisie)vergunningverlening aan de industrie voor de reductie van stressoren. Daarmee wordt de gespendeerde investering gefocust op de maximale gezondheidswinst.
- Het verzorgen van de communicatie over de voortgang van deze samenwerking.

- Het opzetten van trainingen waarin voorbeelden van omgevingsvisies en omgevingsplannen worden gepresenteerd waarin cumulatie van stressoren is verwerkt.

Voordelen:

- Het Rijk, de provincies, gemeenten, omgevingsdiensten en GGD'en hebben elk een specifieke rol en expertise. Door samen te werken ontstaat er een breder en completer beeld van de cumulatieve risico's op landelijk en regionaal niveau.
- Het bevorderen van de samenwerking zal ertoe leiden dat gelijksoortige methoden worden toegepast bij het analyseren van cumulatie. Hierdoor wordt een consistenter oordeel gegeven over de cumulatieve risico's binnen Nederland.
- De samenwerking kan doorontwikkelde methoden testen in de praktijk en feedback geven aan de ontwikkelaars ervan (zoals RIVM).
- Samenwerking bevordert kennisuitwisseling en creëert mogelijkheden om te leren van elkaars ervaringen.

Nadelen:

- Dit proces met verschillende instanties en een complexe coördinatie heeft tijd nodig en leidt niet tot een direct resultaat.
- Regio's met een lage cumulatieve druk hebben de zorg geuit dat ze minder aandacht en ondersteuning zouden krijgen om de cumulatieve risico's in hun omgeving in kaart te brengen.

7.2 Verder uitwerken van kwalitatieve en kwantitatieve methoden

Aanbevolen wordt aan het Rijk om te investeren in de verdere ontwikkeling van zowel kwantitatieve (zoals de Hazard Index) als kwalitatieve methoden. Kwantitatieve methoden bieden mogelijkheden voor inzet bij normeringen (in vergunningen). De kwalitatieve methoden kunnen, in combinatie met kwantitatieve methoden ingezet in de ontwikkeling van plannen en visies en bij het vergelijken van alternatieven in een milieueffectrapport.

Kwantitatieve methoden
Op basis van het uitgevoerde onderzoek komt de Hazard Index-methode naar voren als een veelbelovende methode voor toepassing binnen vergunningverlening om verder uit te werken. De methode vereist echter wel de benodigde expertise en tijd. Daarom is aan te raden om bij de verdere uitwerking rekening te houden met de aanvullende werklast van omgevingsdiensten en GGD'en die de methode met zich meebrengt. Een mogelijkheid is het ontwikkelen van een database met daarin een overzicht van de stoffen waarvoor cumulatie relevant is. Dit verkort de tijd die nodig is voor het uitvoeren van een Tier 1-beoordeling en maakt het voor niet-specialisten mogelijk om een dergelijke evaluatie uit te voeren zonder specifieke toxicologische kennis te hebben.
Het RIVM voert momenteel aanvullend onderzoek uit naar de toepasbaarheid van de Hazard Index-methode binnen het stelsel van vergunningverlening, toezicht en handhaving en de relatie met andere methoden, zoals de allocatiefactor. De resultaten van dit onderzoek worden eind 2025 verwacht. Het wordt geadviseerd om deze uitkomsten af te wachten.

Kwalitatieve methoden
Binnen een milieueffectrapportage zijn er mogelijkheden voor een bredere afweging van cumulatieve risico's dan wat in een vergunningstraject mogelijk is. De specifieke methode om de cumulatieve risico's van stoffen en stressoren te bepalen, zal afhankelijk zijn van de stressoren die de hoogste bijdrage

hebben aan dit risico. Gezien de huidige stand van de wetenschap is niet te verwachten dat er op de korte termijn een *kwantitatieve* methode beschikbaar is om chemische en niet-chemische stoffen cumulatief te beoordelen. Daarom wordt aangeraden om een kwantitatieve methode verder door te ontwikkelen en hierbij rekening te houden met de kansen zoals omschreven in Paragraaf 4.3.

Voordelen:

- Door in te zetten op zowel kwantitatieve als kwalitatieve methoden, kunnen cumulatieve risico's zowel in trajecten als vergunningverlening als in bredere processen, zoals milieueffectrapportages, worden meegenomen.
- De combinatie geeft een breder beeld van cumulatie omdat het niet alleen kwantificeerbare risico's, zoals bij stoffen, in kaart brengt maar ook moeilijker te kwantificeren aspecten, zoals niet-chemische stressoren als geur.
- Het verbetert de flexibiliteit. Afhankelijk van de situatie kan de nadruk gelegd worden op de meest geschikte methode of een combinatie van beide die elkaar aanvult.

Nadelen:

- De doorontwikkeling van zowel kwantitatieve als kwalitatieve methoden vergen een investering in kennis, dataverzameling en toegankelijkheid wat kosten met zich meebrengt.
- Goede communicatie naar omwonenden over de complexe methoden is nodig om vertrouwen te creëren en zorgen weg te nemen.

Bijlage

1. Afkortingen en begrippenlijst

Afkortingen- en begrippenlijst

Afkorting / Begrip	Betekenis
Beoordelingsregel	Een beoordelingsregels geeft de voorwaarden aan voor het verlenen of weigeren van een vergunning. Daarnaast kunnen beoordelingsregels aangeven hoe de gevolgen van een activiteit berekend of afgewogen moeten worden.
Besluit activiteiten leefomgeving	Bal; Algemene maatregel van bestuur van de Omgevingswet, waarin het Rijk regels stelt voor activiteiten in de leefomgeving.
Besluit kwaliteit leefomgeving	Bkl; Algemene maatregel van bestuur van de Omgevingswet, hierin zijn omgevingswaarden, instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring zijn opgenomen.
Best beschikbare technieken	BBT; Meest doeltreffende technieken die technisch en economisch haalbaar zijn.
Commissie mer	Onafhankelijke organisatie die adviseert over de inhoudt van milieueffectrapporten.
CLEAR	Cumulative Layered Exposure Assessment Resource Tool ontwikkeld door studenten van de Graduate School of Life Sciences, Universiteit Utrecht (zie Bijlage 5)
Cumulatief risico	Het risico dat de gezamenlijke blootstelling aan meerdere chemische en/of niet-chemische stressoren tot gezondheidseffecten leidt.
Cumulatieve assessmentgroepen	CAGs; Vorm van dosis-additiemethode. Groepering van stoffen door de op basis van het effect.
Cumulatieve blootstelling	De gezamenlijke blootstelling aan meerdere stoffen en/of niet-chemische stressoren (geluid/geur/trillingen, etc.) vanuit één of meerdere bronnen.
Cumulatieve effecten	Het totale, samengestelde effect van blootstelling aan meerdere stoffen en/of stressoren die op elkaar inwerken. Hierbij is het totale effect groter dan het effect van de individuele stof/stressor.
DALY's	Disability-Adjusted Life Years Levensjaren gecorrigeerd voor beperkingen. DALY is een manier om ziektelast te bepalen en wordt door de volgende formule berekend: DALY = YLL (Years of Life Lost) + YLD (Years Lived with Disabilities)
Deense Environmental Protection Agency	Deense EPA; Miljøstyrelsen; Organisatie die onderdeel is van het Deense Ministerie van Milieu en de belangrijkste Deense autoriteit is op het gebied van milieubescherming
Europese Autoriteit voor voedselveiligheid	EFSA; Europese organisatie die onafhankelijk wetenschappelijk advies geeft over voedselveiligheid.
Emissie	Emissie is de concentratie die wordt uitgestoten aan de bron
Emissiegrenswaarde	Maximaal toegestane concentratie van de emissie.
Evenwichtige toedeling van functies aan locaties	ETFAL; Term uit de Omgevingswet, voormalig ruimtelijke ordening of planvorming genoemd
EU	Europese Unie
Geaggregeerde blootstelling	De blootstelling aan één stoffen of niet-chemische stressor vanuit meerdere bronnen.

Afkorting / Begrip	Betekenis
Gezondheidseffectrapportage	Aanbevolen door Expertgroep IJmond. Uitbreiding op het bestaande Milieueffectrapport, waarbij gezondheid een prominente rol krijgt.
Gezondheidseffectrapportage Tata Steel Nederland	GER-TSN: richt zich op de verwachte impact op gezondheid van de groenstaalplannen van Tata Steel Nederland.
Gezondheidseffectscreening	GES: Voormalige toetsingsmethode van de GGD'en om met een brede integrale blik naar het gezondheidsaspect van de leefomgeving te kijken.
GGD	Gemeentelijke Gezondheidsdienst
IED-richtlijn	Industrial Emissions Directive 2010/75/EU: Europese richtlijn over industriële emissies die in Nederland in de Omgevingswet is opgenomen.
Immissie	Concentratie van een stof op leefniveau.
Instructieregel	Bindende regel voor hoe het bevoegd gezag bepaalde taken moet uitvoeren of wat er in (de motivering van) een bepaald besluit moet staan. Instructieregels van het Rijk staan in het Bkl, die van de provincie staan in de provinciale omgevingsverordening.
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en securité de travail; arbeidsveiligheidonderzoeksinstituut van Quebec.
Luchtkwaliteitsindex	LKI: Instrument om in één oogopslag de kwaliteit van de lucht te beoordelen, op basis van de aanwezigheid van NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, en O_3.
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	IenW: Opdrachtgever voor de Actieagende Industrie en omwonenden.
Mixture assessment factor	Vorm van mogelijke toepassing van een allocatiefactor. Mogelijke aanpak voor cumulatieve blootstelling onder de REACH-wetgeving voor industriële chemicaliën.
MCRA	Monte Carlo Risk Assessment; Rekenmodel, ontwikkeld door het RIVM, als dosis-additiemethode die werkt met cumulatieve assessment groepen
Milieueffectrapport	Document horende bij de milieueffectrapportage waarin staat beschreven wat de effecten van een plan of project en de mogelijke alternatieven zijn.
Milieueffectrapportage	Een milieueffectrapportage is een proces en hulpmiddel bij het nemen van besluiten.
Milieugezondheidsrisico-indicator	MGR: instrument ontwikkeld door het RIVM, waarmee DALY's toegepast kunnen worden
Maximaal toelaatbaar risiconiveau	MTR: Immissiegrenswaarde voor Zeer-Zorgwekkende Stoffen in de lucht
NO_2	Stikstofdioxide: Stof die invloed heeft op de luchtkwaliteit en de gezondheid van omwonenden en daarmee een belangrijke indicator is van de luchtkwaliteit.
Notitie Reikwijdte en Detailniveau	NRD: Notitie die de inhoud van het op te stellen milieueffectrapport afbakent.
Occupational Exposure Limits	OELs: Grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling aan stoffen.
Omgevingsdienst	Regionale uitvoeringsdienst voor gemeenten en provincies met taken op het gebied van vergunningverlening, toezicht en handhaving op het gebied van milieu.

Afkorting / Begrip	Betekenis
Omgevingswaarde	Waarde die de toelaatbare concentratie of depositie van stoffen vastlegt. Voor het bevoegd gezag geldt een verplichting om deze omgevingswaarde te bereiken of ernaar te streven.
Omgevingsregeling	Or: Ministeriële regeling bij de Omgevingswet, waarin gedetailleerde en administratieve regels zijn opgenomen, zoals vereisten voor omgevingsvergunningen, meet- en rekenmethoden voor monitoring en locatiebegrenzingen.
OvV-rapport	Onderzoeksraad voor Veiligheidsrapport.
PFAS	Per- en polyfluoralkylstoffen: Naam voor een grote groep stoffen die vanwege persistentie en bioaccumulatie in combinatie met hun inherente toxische eigenschappen gevaarlijk zijn voor het milieu en de menselijke gezondheid.
PM_{10} / $PM_{2,5}$	Aanduidingen voor fijnstof. De 10 en de 2,5 geven de grootte van de deeltjes fijnstof aan. De aanwezigheid van deze twee grootten fijnstof in de lucht, hebben effect op de luchtkwaliteit en de gezondheid van omwonenden. Hiervoor zijn omgevingswaarden opgenomen in het Bkl.
Quality Criteria	Drinkwaternormen die door de Deense Environmental Protection Agency zijn afgeleid.
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals: Systeem voor registratie, evaluatie, en toelating van chemische stoffen in de EU.
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu: Nederlands kennisinstituut op het gebied van volksgezondheid en milieu. Als kennisinstituut heeft zij verschillende rollen: onderzoeken, adviseren, kennis delen, monitoren en signaleren.
Standaardwaarde	Standaardwaarden zijn geen absolute grenzen, maar wel een maatstaf voor wat als aanvaardbaar wordt gezien. Het bevoegd gezag kan onder bepaalde voorwaarden afwijken van deze standaardwaarde.
Tier	Engelse term voor laag of niveau.
Vereniging van Nederlandse Gemeenten	VNG: brancheorganisatie van de Nederlandse gemeenten.
Vergunningverlening, toezicht en handhaving	VTH: Deze milieutaken vallen onder de verantwoordelijkheid van gemeenten en provincies. Deze taken worden vaak uitgevoerd door de omgevingsdiensten die in opdracht van gemeente of provincie vergunningen verlenen, toezicht houden en handhaven.
Wereldgezondheidsorganisatie	World Health Organization; WHO.
Years Lived with Disability	YLD; Jaren geleefd met een beperking; onderdeel van de berekening van een DALY.
Years of Life Lost	YLL; Verloren levensjaren; vroegtijdige sterfte; onderdeel van de berekening van een DALY.
Zeer-zorgwekkende stoffen	Stoffen die gevaarlijk wordt geacht voor mens en milieu.

Bijlage

2. Proces onderzoeksvragen

Proces onderzoeksvragen

Stakeholders

Om werkelijk draagvlak te hebben met dit onderzoek, zijn alle acties die door het consortium zijn uitgevoerd, begeleid door drie groepen, namelijk:

- Een klankbordgroep met omwonenden;
- Een klankbordgroep met belangenorganisaties, industrie en wetenschap;
- Een actiegroep met overheden, waaronder provincies, omgevingsdiensten, RIVM en GGD'en.

Deze drie groepen hebben advies gegeven over de onderzoeksvragen die zijn opgenomen in de onderzoeksopzet van de acties. Deze initiële onderzoeksopzet bevatte de oorspronkelijke vraagstelling van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat met toevoegingen van het consortium. Na de bespreking met de drie groepen is de definitieve vraagstelling opgesteld en vastgesteld door het ministerie.

Oorspronkelijke vraagstelling ministerie van IenW

Het project is uitgezet naar aanleiding van motie Koekkoek. In de originele uitvraag door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

Fase 1: Probleemanalyse

Is het mogelijk om cumulatieve gezondheidseffecten kwalitatief en kwantitatief te beschouwen bij het beoordelen van industriële emissies bij vergunningverlening en ruimtelijke plannen? Onderzoek dit op basis van literatuuronderzoek en interviews met experts en milieu-gezondheidsonderzoekers. Baseer de analyse onder meer op de antwoorden op de onderstaande vragen en op eventuele aanvullende onderzoeksvragen die nodig worden geacht voor het uitwerken van de vragen uit het beleidskompas aan het eind van het onderzoek:

- Hoe worden gezondheidseffecten van industriële activiteiten op dit moment meegenomen bij vergunningverlening en ruimtelijke plannen?
- Is het mogelijk om de simultane blootstelling aan diverse Zeer-Zorgwekkende Stoffen, NOx en fijnstof, geluid en geur kwalitatief mee te nemen bij vergunningverlening en ruimtelijke plannen? En in hoeverre is het mogelijk om bepaalde milieuparameters kwantitatief mee te nemen bij vergunningverlening en ruimtelijke processen.
- Hoe gebeurt het meenemen van gezondheidseffecten in andere landen van de EU, bijvoorbeeld Duitsland en België?
- Welke extra kosten zou het meenemen van cumulatieve effecten meebrengen voor overheden en bedrijfsleven?
- Is het mogelijk om de bovenstaande analyses mee te nemen in een aanpak die te vergelijken is met de immissietoets die op dit moment reeds wordt uitgevoerd bij vergunningverlening?

Fase 2: Oplossingsrichtingen

Selecteer op basis van de bovenstaande analyse mogelijke oplossingsrichtingen. Onderzoek de voor-en nadelen van deze opties. Onderzoek de maatschappelijke impact en de impact op bedrijven door de beantwoording van de vragen uit het beleidskompas gebruikmakend van de in de bovenstaande analyse verkregen informatie.

Communicatie met Klankbordgroepen en actieteam
Naast de drie stakeholdergroepen is het Plan van Aanpak van motie Koekkoek ook besproken met de Expertgroep IJmond, auteur van het rapport Gezond groen staal in de IJmond[43]. Onderstaand zijn enkele opmerkingen opgenomen, die hebben geleid tot een aanpassing en/of nuancering in het Plan van Aanpak.

Enkele reacties van de klankbordgroepen op de onderzoeksopzet
Enkele leden van de verschillende klankbordgroepen benadrukten het belang om factoren als stress, ongerustheid en beleving ook mee te nemen als factor die impact heeft op omwonenden.
Het huidige stelsel van vergunningverlening, toezicht en handhaving houdt onvoldoende rekening met cumulatieve blootstelling aan meerdere stressoren en blootstelling vanuit andere bronnen.
Er wordt al veel gedaan op het gebied van cumulatie. Het is belangrijk om bestaande onderzoeken en rapporten mee te wegen in dit project. Naar aanleiding hiervan hebben de klankbordgroepen enkele specifieke methoden aangedragen die meegenomen zijn.
Daarnaast werd het belang benadrukt om cumulatie van verschillende bronnen, zoals andere industrie, maar ook agrarische activiteiten, mee te nemen. Hierbij werd benoemd dat de link met de omgevingsplan/visie ook van belang is om cumulatie te beoordelen.

[43] *Gezond groen staal in de IJmond | Rapport | Rijksoverheid.nl*

Bijlage

3. Literatuurlijst

Referenties

[redacted] 2022 Cumulatie en vergunningverlening ZZS. RIVM-briefrapport 2022-0061 https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0061.pdf

[redacted]2023 Cumulatie ZZS en vergunningverlening (vervolgonderzoek 2023) https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0411.pdf

[redacted] Kennisnotitie Risicobeoordeling mengsels van stoffen bij de industriële uitstoot naar lucht: casus Chemelot KN-2024-0068 https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/KN-2024-0068.pdf

[redacted]. A DALY-based comparison of the health impacts of foodborne chemicals - a feasibility study. RIVM letter report 2024-0159 https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2024-0159.pdf

Danish EPA, 2001. Appendix 1 - Principles for derivation of health-based guidance values and quality criteria for chemical substances. In: Environmental factors and health – The Danish experience. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen.

[redacted] Milieuverkenning Overijssel: luchtkwaliteit, geluidbelasting en gezondheid. RIVM Briefrapport 2018-0154 https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2018-0154.pdf

[redacted]Luchtkwaliteitsindex Aanbevelingen voor de samenstelling en duiding. RIVM Rapport 2014-0050 https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0050.pdf

[redacted] report on cumulative dietary risk characterisation of pesticides that have acute effects on the nervous system. EFSA Journal 2020;18(4):6087, 79 pp https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6087

[redacted]rez AF, Hougaard [redacted],2020b. Scientific report on the cumulative dietary risk characterisation of pesticides that have chronic effects on the thyroid. EFSA Journal 2020;18(4):6088, 71 pp https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6088

[redacted] of craniofacial alterations by residues of pesticides. EFSA Journal 2022;20(10):7550,255 pp https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7550 gozn

Factsheet Gezondheidseffectscreening. Versie 1.1 datum oktober 2018 https://www.gezondeleefomgeving.nl/sites/default/files/2018-10/Factsheet%20Gezondheidseffectscreening%20V2%20Definitief.pdf

[redacted]

gezondheidsrisico's van omwonenden en de kwaliteit van hun leefomgeving. RIVM-rapport 2023-0171 https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0171.pdf

Gezondheidsraad, 2022 Betekenis van exposoom- onderzoek voor beleid. https://www.gezondheidsraad.nl/onderwerpen/milieu/documenten/adviezen/2022/02/09/advies-betekenis-van-exposoomonderzoek-voor-beleid

Gezondheidsraad, 2024 Advies Meetprogramma voor blootstelling aan chemische stoffen. https://www.gezondheidsraad.nl/onderwerpen/milieu/documenten/adviezen/2024/04/25/advies-meetprogramma-voor-blootstelling-aan-chemische-stoffen

[redacted] Kennisnotitie Methodisch kader Gezondheiseffectreapportage Tata Steel Nederland. Rapportnummer KN-2025-0020 https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/KN-2025-0020.pdf

[redacted] 2024 Aggregate exposure – exploring the use of an allocation factor in risk assessment. RIVM letter report 2024-0127 https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2024-0127.pdf

[redacted] DALY's are the answer, but what was the question? 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2009, INTER-NOISE 2009. 4. 2458-2468.

Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2023 Industrie en omwonenden https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/04/13/rapport-ovv-industrie-en-omwonenden

Naeff Consult Het gebruik van GES Verslag van een onderzoek naar het gebruik van het instrument Gezondheidseffectscreening. Opdrachtgever VROM. Eindrapport, april 2010.

Pronk, M. 2024 Kennisnotitie Toepassing van een allocatiefactor in de vergunningverlening van industriële emissies naar lucht – Een verkenning https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/01/21/bijlage-3-rivm-verlening-van-industriele-emissies-beveiligd

RIVM, 2025 Handleiding voor de afleiding van indicatieve milieurisicogrenzen Deel 5: Afleiding van risicogrenzen per compartiment https://rvs.rivm.nl/sites/default/files/2025-01/Deel%205%20Risicogrenzen%20per%20compartiment_v1.5.pdf

TNO-PG en RIVM, 1998 Hinder, slaapverstoring, gezondheids- en belevingsaspecten in de regio Schiphol, resultaten van een vragenlijst onderzoek TNO-PG 98.039; RIVM 441520010

[redacted] for cumulative risk assessment of pesticide residues. EFSA supporting publication 2021:EN-6811. 137 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2021.EN-6811

WHO, 2022. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. World Health Organization, Geneva.

Bijlage

4. Verslag workshop

Verslag workshop

Datum: 3 juni 2025.

Deelnemers: Stakeholders vanuit de omgevingsdiensten, GGDs, de Commissie mer, het RIVM en overheid.

Opzet van de workshop

In het eerste deel van de workshop werden de bevinden van Fase 1 van het project besproken met de mogelijkheid tot vragen en discussie omtrent deze bevinden. In het twee deel van de workshop werden enkele stellingen en discussiepunten voorgelegd aan de deelnemers en deze werden verder bediscussieerd. De specifieke stellingen en discussiepunten staat in hieronder weergeven.

Resultaten

Tijdens de eerste deel van de workshop werd door de deelnemers gereageerd op een aantal van de geïdentificeerde methoden voor cumulatie uit Fase 1 van dit project. Die feedback is weergegeven in de volgende tabel.

Methode	Feedback
Hazard Index-methode	RIVM heeft methode getest op een aantal casussen. Er loopt nog een onderzoek over de toepasbaarheid vanuit het impulsprogramma. De planning is voor het einde van dit jaar.
DALY's	Deze methode is met name bedoeld voor het onderling vergelijken van stressoren en is minder toepasbaar voor absoluut, normatief gebruik.
GES	Er werd vanuit het publiek gevraagd of het niet mogelijk is om de resultaten los te koppelen en meer in percentages te werken. Dan is het kleurenprobleem (omslagpunt) opgelost). Vanuit de GGD-deelneming wordt aangegeven dat er andere limitaties waren met de methode en dat het geen lichte beslissing was geweest om het terug te trekken.
LKI	Deze methode is meer bedoeld om te sturen op gedrag bij klachten. Niet geschikt voor cumulatie.
Exposoom	Het zit er mooi uit, maar is te complex.

Stellingen en discussiepunten

Hieronder staat een korte samenvatting van de uitkomst van de stellingen en discussiepunten weergegeven.

Stellingen:

Stelling 1	Voor vergunningverlening is het essentieel om voor de specifieke emissies van een activiteit ook de achtergrondconcentratie van die stoffen in kaart te brengen.
Eens/oneens	~50/50 verdeeld.
Overwegingen	Vanuit het ideaalbeeld is het wenselijk om totale achtergrondconcentraties in kaart te brengen, maar aan de andere kant wordt het niet voor alle stoffen als essentieel gezien. Als je blootstelling ver onder de norm ligt is achtergrondblootstelling minder relevant. Ook werd benoemd dat achtergrondconcentratie niet binnen het VTH-stelsel opgelost dienen te worden, maar in omgevingsplannen. Alles staat en valt bij een goed omgevingsplan. Als andere optie om achtergrondblootstelling mee te nemen werd de allocatiefactor genoemd. Dan kan me er rekening mee houden zonder gedetailleerde blootstellingsinformatie nodig te hebben.

Stelling 2	Het is niet te begrijpen dat de Hazard Index op dit moment niet al toegepast wordt in de context van vergunningen voor de beoordeling van de immissie van ZZS.
Eens/oneens	Merendeel oneens: ~85%
Overwegingen	De HI-index wordt al 20-25 jaar gebruikt voor arbeidsinspectie dus waarom nog niet binnen het VTH-stelsel. Er wordt nu helemaal geen rekening gehouden met cumulatie, er zou iets moeten gebeuren. Als tegengeluid werd benoemd dat het niet duidelijk is wat je moet doen als de HI boven de 1 ligt. Er is geen juridische basis. Ook kan je hinder niet meenemen terwijl dit wel veel overlast geeft. Voor ZZS-stoffen geldt minimalisatie verplichtingen, de HI-index moet niet gezien worden als een manier om de cumulatieve norm op te gaan vullen. De Hazard Index-methode wordt door vergunningverleners als complex. Prioritering van stoffen zou hierin helpen.

Stelling 3	Voor de MER moet verder gekeken worden naar cumulatie van stoffen dan alleen de Hazard Index
Eens/oneens	Merendeel eens: ~93%
Overwegingen	Aan de oneens kant wordt aangegeven dat het proces in de MER nu al vaak onduidelijk is en dat er te veel onzekerheden zitten in de emissies en immissies. Als de basis al niet goed is heeft het ook geen zin om cumulatief te gaan kijken. Aan de eens kant wordt aangegeven dat gezondheid een bredere aandacht moet krijgen in de MER en de MER biedt de ruimte om breder te kijken naar cumulatie. Uitwisseling van ervaringen is hierbij belangrijk.

Stelling 4	Er moet nu actie genomen worden om de gezondheid te verbeteren ondanks dat niet alle informatie beschikbaar is om cumulatieve risico's volledig in kaart te brengen.
Eens/oneens	100% eens
Overwegingen	Gezondheid moet wel in een breder perspectief geplaatst worden dan alleen industriële emissies. Het gaat niet alleen om metingen en getallen, als er hinder ondervonden wordt moet je in gesprek gaan met omwonenden en verbeteringen maken.

Discussiepunten:

Discussiepunt 1:
Kun je stressoren uitwisselen. Een is over de normen heen, bijv. geluid, maar chemische blootstelling is veel lager, is dit dan erger of beter. Kun je dat tegen elkaar uitwisselen?

Er is onderscheid in het in beeld brengen van de stressoren en wat je er daadwerkelijk mee doet. Normen zijn daar van belang, wat betekent. Ook omwonenden zijn daar belangrijk in. Zij zullen verschillende hinder anders ervaren en moeten daarom meegenomen worden in het proces.

Het basisprincipe moet zijn in alle gevallen moet je onder de norm blijven daaronder mag je uitwisselen maar dit is lastig, omdat je zelfs onder de norm hinder kunt ervaren (bijv. geluidspieken) en omdat er verschillen zijn in hoe mensen hinder ervaren.

Discussiepunt 2:
Is er voldoende informatie beschikbaar over de mogelijke cumulatieve effecten van chemische en niet-chemische stressoren om ze cumulatief te beoordelen?

Nee, maar er is best al wel mat mogelijk. Het zou beter zijn om i.p.v. cumulatie het te hebben over combinatie. Hierbij zet je het dan naast elkaar i.p.v. dat optelling plaatsvindt. Je kunt dan evidence-based beslissingen maken i.p.v. alleen maar getallen optellen.

Het zal nodig zijn om een combinatie van methoden uit te werken en dan bestuurlijk besluiten over welke richting je op gaat. Het gaat erom dat bestuurders en samenleving een afweging kunnen maken.

Discussiepunt 3:
Wat zijn de voor- en nadelen van een kwalitatieve benadering, hoe zit het met de handhaafbaarheid?

Het voordeel van een kwalitatieve benadering is dat je veel breder kan gaan dan alleen kwantitatieve elementen. Ook is er minder onderzoek last en onderbouwing nodig. Het nadeel is dat de besluitvorming makkelijker gaat met cijfers.

Om het handhaafbaar te houden moet een kwalitatieve benadering wel geborgd worden in de wetgeving. Voor de afweging zouden voorschriften opgesteld moeten worden.

Discussiepunt 4:
Hoe ga je om met de druppel die emmer laat overlopen?
Hoe beoordeel je industriële emissies t.o.v. de achtergrondconcentratie door andere bronnen (andere industrie, verkeer, agrarische activiteiten, houtstook)?

Vaak is het lastig om te bepalen wat de druppel is. De achtergrondconcentraties is vaak niet goed in kaart gebracht en dan kom je weer terug op de rechtszekerheid. Het is vooral bestuurlijke afwegingen die moeten plaatsvinden waarbij de afweging in goed overleg met omwonenden plaats moet vinden.

Bijlage

5. Rapportage parallel onderzoek Universiteit Utrecht

Utrecht University

TEAM MEMBERS

[redacted]

SUPERVISOR

[redacted]

EFFECTS OF CUMULATIVE EXPOSURE

Capstone Project Report

CLIENT

[redacted] Haskoning



CORRESPONDENCE

[redacted]

[redacted]

[redacted]

Translational Life Sciences Profile | Capstone Project Report

Utrecht University, July 2025



CONTENTS

1. Background 4
2. Motivation and considerations 4
3. Problem definition 5
4. Solution 5
5. Stakeholder perspectives 9
6. Limitations and future considerations 10
7. Pilot study proposal 11
8. Evolve 12
9. Results 14
10. Team conclusions 14
11. Generative AI statement 15
12. Appendix 16
13. References 23

1. Background

In the Netherlands, residents living near industrial zones often experience a range of environmental stressors, from chemical (e.g. air pollutants, soil and water contamination) to non-chemical (e.g. noise, odour, visual disturbance), which may act together to affect health and well-being [1]. Despite growing concern, existing environmental permitting processes tend to assess these stressors in isolation, overlooking their combined or cumulative effects and the lived experiences of affected communities.

Several industrial zones in the Netherlands, such as Tata Steel, DOW Terneuzen, and the AKZO Delfzij, have been identified as areas of concern because their high pollution levels and proximity of residential populations [1]. Assessments by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), the Municipal Public Health Service (GGD), and other institutions have examined the health implications of industrial emissions. For example, a recent study by Geelen, Bogers [2] compiled existing knowledge on Tata Steel's induced health effects. It was revealed that 80% of Wijk aan Zee residents report nuisance from odour, dust, and noise and that their life expectancy is reduced by 2.5 months only via air pollution. However, these findings can only attribute health risks to Tata Steel's emissions without accounting for other potential sources of exposure in the area. This approach underscores a critical gap: the cumulative impact of multiple environmental stressors on residents remains insufficiently understood.

In response, Haskoning, in collaboration with the Ministry of Infrastructure and Water Management, is leading an initiative to assess the cumulative exposure of environmental stressors in residential industrial areas. This initiative is called the 'Actieagenda Industrie en Omwonenden' under the 'Koekkoek Motion'[3]. The goal is to improve the understanding of how multiple environmental and social stressors interact with the population's well-being, ultimately providing policymakers with the necessary insights to develop more effective policy regulations and interventions.

In this report, we outline the contribution of the STF Team to the 'Koekkoek Motion'. We begin by describing the core motivations that shaped our work: the considerations from planetary health advocacy and environmental justice. From there, we present our understanding of the problem and define it according to the knowledge gaps identified. Then, we describe our suggested solution for more transparent, cumulative environmental decision-making, including its long-term vision. Based on this vision, we explain why we chose to focus our efforts on the development of a practical environmental permitting tool: the **CLEAR framework**: a **C**umulative **L**ayered **E**xposure **A**ssessment **R**esource; and describe its key components.

2. Motivation and considerations

2.1 Planetary health and environmental justice

The challenges posed by exposure in industrial contexts cannot be meaningfully addressed without a shift in perspective, one that recognises the interdependence between human health, environmental sustainability, and industrial development. Observing the issue through a **Planetary Health** lens urges us to adopt a **systems thinking** mindset that reveals the interconnections between natural ecosystems, socio-political dynamics, industrial activities, and population health [4]. **Figure 1** illustrates the pathways through which industrial activities contribute to health outcomes. Rooted in distal drivers such as unsustainable consumption patterns, industrialisation, and technological change, these drivers lead to proximal causes of environmental degradation that directly affect communities near industrial areas. However, effective mitigation of these drivers is vulnerable to implementation issues, including limited resources, institutional inertia, and fragmented stakeholder engagement.

At the same time, **Environmental Justice** highlights that the burden of environmental degradation is not equally shared. Vulnerable communities, often with lower incomes and more comorbidities, are disproportionately exposed to pollution, hazardous land use, and its associated health risks. Environmental Justice introduces two essential principles: **distributive justice**, which calls for the fair allocation of environmental benefits and harms, and **procedural justice**, which emphasises meaningful community participation in decision-making [5]. This perspective complements Planetary Health, grounding global and ecological concerns in the lived realities of affected communities and reinforcing the need for inclusive, equitable responses.

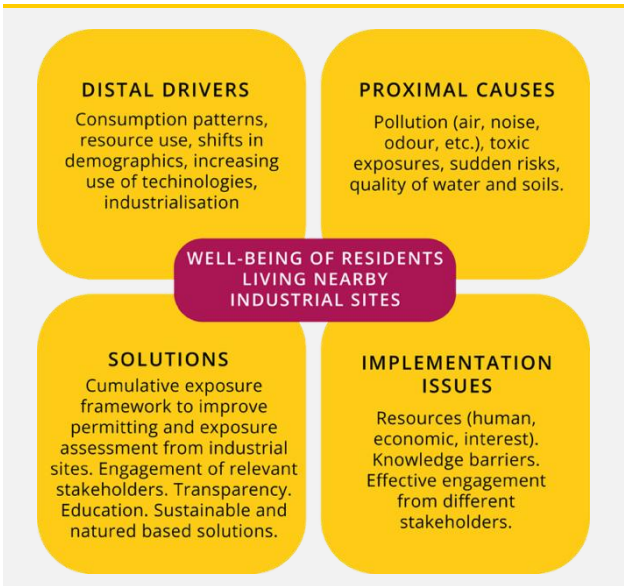


Figure 1. Effects of cumulative exposure on well-being through the eyes of planetary health.

3. Problem definition

Despite growing recognition of cumulative environmental impacts, the practical implementation of Cumulative Exposure Assessments (CEAs) remains limited [6] . One core challenge is the difficulty of measuring the combined effects of chemical and non-chemical stressors. Further, environmental stressors are inextricably linked to community-specific social and economic factors, creating a complex web of influences on health and well-being that is difficult to integrate [7] [8].

Qualitative and quantitative data limitations make tracking multiple exposure pathways across air, water, and soil difficult. Integrating diverse data sources is also complex due to the lack of standardised methods. Therefore, it is difficult to compare studies or translate findings into policy without harmonised approaches. Additionally, current assessments often overlook lifetime exposure patterns and their effects at vulnerable life stages, such as childhood or old age [9].

Technical and logistical hurdles further compound the issue. Many CEAs require assessors to manage large volumes of complex, interdisciplinary data, often without the appropriate time, resources, or specialised expertise. Existing tools are time-consuming to use and difficult to interpret, making it hard for assessors to act with confidence [10]. In addition, CEAs often lack scientific consensus on how to determine health relevance, especially when linking long-term exposure to specific outcomes [6].

Lastly, **a narrow focus on negative stressors can distort the overall picture**. Positive environmental and social buffers, such as access to green space or strong community networks, need to be integrated into future assessments due to their importance in moderating risk [11].

4. Solution

4.1 A multi-level vision

Cumulative exposure is not merely a local issue of pollution or nuisance but a symptom of deeper systemic misalignments between how we produce, regulate, and occupy space. Applying Planetary Health and Environmental Justice principles, we aimed to create a holistic, inclusive and preventive solution that aligns industrial operations with health equity, ecological regeneration, and long-term sustainability. This vision guided us in developing a two-level solution:

Level 1 is the CLEAR framework, a digital tool designed to support environmental assessors in creating a cumulative exposure profile for industrial sites, facilitating advice rendering when issuing permits. CLEAR provides structured guidance for identifying and evaluating both industry and affected community characteristics, as well as scoping what chemical and non-chemical stressors are in play. Designed to be transparent, adaptable to different levels of data availability and expertise, and above all, to keep health relevance at the centre of CEA practices.

Level 2 reflects a broader future ambition: developing an open-access platform to centralise and democratise cumulative exposure information. This platform would foster knowledge exchange and participatory engagement between communities, researchers, and decision-makers. At its foundation, this level prioritises community engagement by empowering residents to actively participate in shaping local environmental decisions. We see opportunities to incorporate concepts like citizen science [12] and community-based risk assessment methods [13], allowing the platform to elevate local knowledge and context-specific exposure patterns [14]. Notably, it would help reinforce the intent of the Dutch Environmental Act (*Omgevingswet*), which embeds public participation as a principle of good governance [15].

Together, we view both levels as essential to contribute to more responsive and just permitting systems. However, within the scope of this project, we chose to focus on developing Level 1 as a concrete and actionable starting point that will lay a strong foundation for the longer-term vision in Level 2. Below, we explain the technical components of the CLEAR framework and the workflows involved.

4.2 CLEAR

To accommodate the varying needs of permits and the diversity of local contexts, CLEAR is a **3-tiered system**. Assessors can determine the level of depth appropriate to the site, data, expertise, and resources available, while still gathering a basic cumulative exposure screening as a first mandatory step. Each tier builds on the previous one, gradually increasing in complexity and depth. Together, they enable users to begin with foundational assessments and advance toward more comprehensive analyses as needed. This modular approach ensures that the framework is both **scalable** and **adaptable**, supporting its application across a range of industrial and community settings.

In the envisioned application of CLEAR, each assessment would be tagged with industry identifiers, allowing users to build a library of industry profiles over time. This would enable comparison across similar industrial activities, support expert judgment through benchmarking, and potentially inform future assessments or targeted follow-up analyses.

CLEAR does not estimate personal exposure nor risk but rather provides a structured way to gauge potential cumulative concern based on available immission data, health-based limits and local context. CLEAR supports prioritisation by grouping stressors and allows the user to add new stressors. This feature helps streamline the assessment process, enabling assessors to focus on key stressors of concern and strike a balance between robustness and efficiency to quickly produce an informed overview of cumulative exposure.

Tier 1: Rapid screening

Tier 1 is designed as a pragmatic and descriptive screening step to help assessors determine whether a full CEA (Tier 2) is warranted (Figure 2). Assessors begin defining key **industry characteristics**, such as location, type of activities, and duration and seasonality of emissions per activity.

Next, a **stressor checklist** is used to identify chemical and non-chemical stressors associated with the industry. To streamline assessment and ensure consistency, stressors are grouped into broader categories (e.g., PFAS, heavy metals, particulate matter, noise).

Lastly, assessors consider the vital **local spatial context.** For instance, estimating the proximity to residential areas, vulnerable receptors sites (e.g., schools, hospitals, parks), and other nearby industries. To calculate proximity, we suggest using public GIS resources like **PDOK** and **Atlasleefomgeving**, with preloaded map layers to streamline the assessment.

Finally, Tier 1 output is a **screening summary report** on the site's characteristics and emitted stressors. Tier 1 does not quantify risk but supports assessors in identifying combinations of concern, such as the co-occurrence of stressors near vulnerable populations or within an industrial cluster. Escalation to Tier 2 is based on predefined criteria, such as the presence of three or more stressor groups, five or more total stressors, proximity to residential or vulnerable areas within 500 metres (flagged as orange or red), or the presence of substances of high concern. If none of these apply, the assessor is prompted to proceed to Tier 3 for final interpretations.

Tier 2: Calculation of the Cumulative Exposure Profile

Tier 2 is the **analytical core** of CLEAR. It translates chemical and non-chemical stressor immission into comparable concern scales (indicated with traffic colours) that reflect the potential cumulative concern on local well-being. Tier 2 enables the user to understand how different stressors might interact and add up in a specific local context. CLEAR uses **immission values**, compares them against WHO health-based benchmarks (see Appendix 1) and incorporates context-specific modifiers to help estimate exposure concern and contextualise industry emissions.

The availability and nature of immission data vary across stressors. Where direct measurements are available, they are used; otherwise, standardised models or regulatory estimates are applied. For example, air pollution immission may be modelled using national dispersion frameworks [16], while water-related stressors often rely on environmental standards rather than human exposure limits. This is because direct exposure through drinking water is not always relevant, yet imposing drinking-water thresholds on industrial discharges is unrealistic. In such cases, environmental quality standards still provide a meaningful reference for assessing potential impacts.

In the next section, we explain Tier 2 calculations. A summary of this is presented in **Figure 3**. While Tier 2 includes a quantitative scoring system that translates various stressors into a common scale of potential concern, the final numeric output is translated into a **colour-based concern scale** to support transparent, interpretable decision-making. This is to prevent misinterpretation or over-reliance on single values, which can obscure uncertainty or contextual nuances.

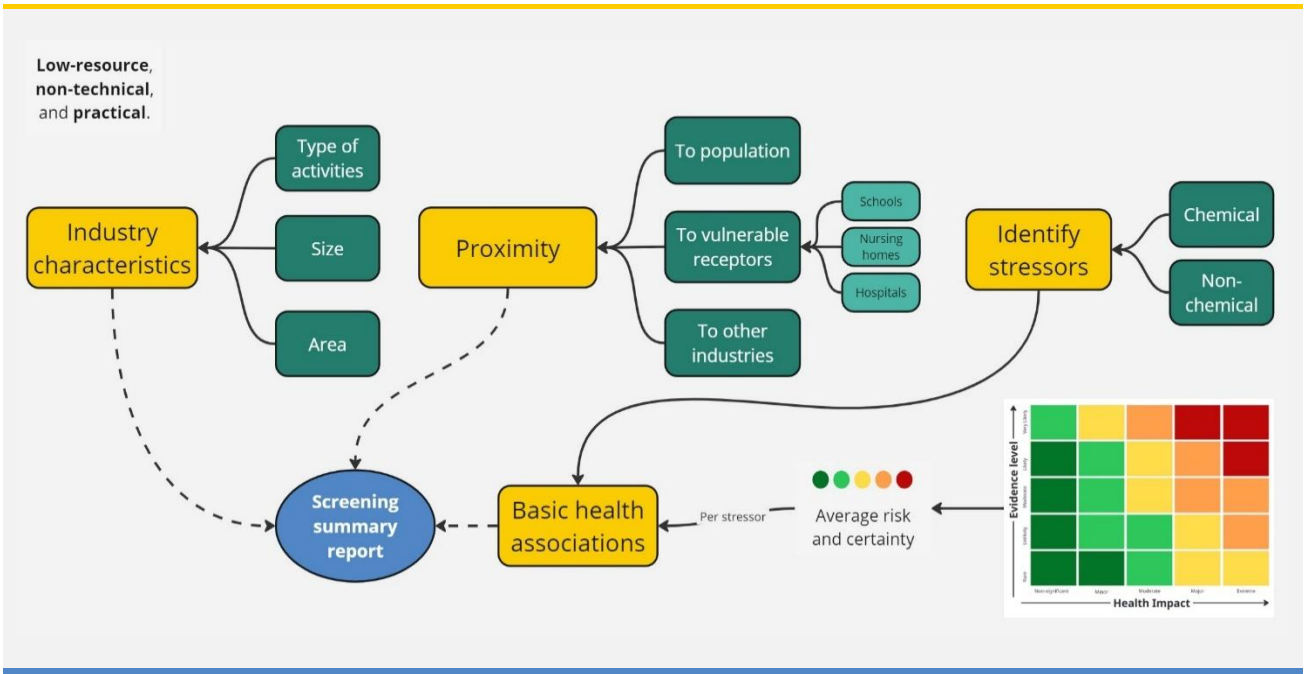


Figure 2. Tier 1: Rapid scan components.

Step 1. Base Score calculation

Individual stressor Base Scores (BS) are calculated by comparing the immission of each stressor to its relevant WHO health-based limit:

$$\mathrm{BS}_i = \frac{\mathrm{Immission}_i}{\mathrm{Health\ Limit}_i}$$

Where:

- $\mathrm{Immission}_i$ is the immission value of stressor i,
- $\mathrm{Health\ Limit}_i$ is the WHO benchmark concentration for that stressor.

Step 2. Cumulative Assessment Group score

Stressors are grouped into **Cumulative Assessment Groups (CAGs)** (see examples in **Appendix 1**), representing clusters of similar or related pollutants (e.g., air pollutants, noise sources). This grouping allows for the assessment of cumulative impacts within a CAG. To account for potential additive effects of multiple stressors within a CAG, a **Cumulative Adjustment Factor (CAF)** is applied. Inspired by the Mixture Assessment or Allocation Factor used in chemical risk assessment [17], CAF adjusts the score based on two dimensions: (1) the number of stressors present within a CAG by a concern multiplier *k*, and (2) a time accumulation factor *t*.

The **k value** increases with the number of co-occurring stressors within the CAG, reflecting the assumption that more stressors equate to higher potential cumulative concern. The **time component t** serves as a placeholder to account for the accumulation of exposures over time. This component may be particularly relevant for persistent stressors such as PFAS, where long-term accumulation could significantly influence exposure concern.

The CAF is calculated as:

$$\mathrm{CAF} = (1 + (n-1) \times k) \times t_{accumulation}$$

Where:

- $n =$ the number of stressors in the CAG,
- $k =$ an interaction coefficient on the degree of added cumulative concern (between 0.1 and 0.4 (see **Table 1**)),
- $t =$ a time-based multiplier reflecting stressor persistence or accumulation over time.

The raw CAG score sums the BSs within each group and applies the CAF:

$$\mathrm{CAG_{raw}} = \left(\sum_{i=1}^{n} \mathrm{BS}_i\right) \times \mathrm{CAF}$$

Step 3. Contextualising factors

The raw CAG score is adjusted to reflect local conditions and vulnerability by applying several contextual factors. These factors allow the model to incorporate real-world exposure dynamics, mitigation efforts, and social vulnerability, while allowing flexibility based on data availability and assessor judgment. In **Appendix 2**, we present brief examples of typical triggers and values for each of the following factors.

Scaling Factor (SF): This factor increases the BS when **local conditions** identified in Tier 1 suggests a potential for exposure or harm. For example, if the proximity of (vulnerable) residents is of high concern or multiple stressors overlap from other industries, the SF helps capture that elevated concern.

Attenuation Factor (AF): This factor reduces the BS of an exposure to reflect **mitigating conditions** that industries will engage in, such as pollution control technologies, low population density around the site or high stack dispersion. These conditions could be drawn from pre-loaded spatial maps, industry data and Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) data. It reflects that some places are better equipped to handle environmental stress, though this should not overshadow the presence of concern.

Subtractive Resilience Factor (SRF): This factor deducts from the score to account for **resilience features** that could lessen potential harm such as presence of green buffers, stress-reducing infrastructure, or green energy initiatives. It reflects that some places are better equipped to handle environmental stress, though this should not overshadow the presence of concern. GIS spatial maps and industry activity data will be used here. SRF can range between 0.0 to 0.3 (minimal to strong resilience) and is capped to prevent negative scores.

Additive Vulnerability Factor (AVF): This factor adds to the score to account for average local-level **vulnerability traits**, such as the socio-economic trends, educational level and age composition in the area. It allows the incorporation of environmental justice principles by recognizing that not all communities are equally resilient. CBS data will be used here. Similarly to SRF, ARF can range between 0.0 to 0.3 (minimal to strong vulnerability) and is capped to prevent over-representation.

Observed Conditions (optional): Specific to non-chemical stressors like noise or odour, this optional factor reflects how stressors are experienced by the community. It would draw on surveys or complaints to capture perceived presence, severity, or nuisance. This helps to validate or adjust input based on lived realities (**Figure 3**). Currently, provinces, municipalities and environmental agencies collect data from residents on nuisance from various stressors. Thus, we suggest to this data can be used in the first stages of the development of CLEAR. The community input would then be translated into a quantitative indicator reflecting their lived experience of the stressor. This approach

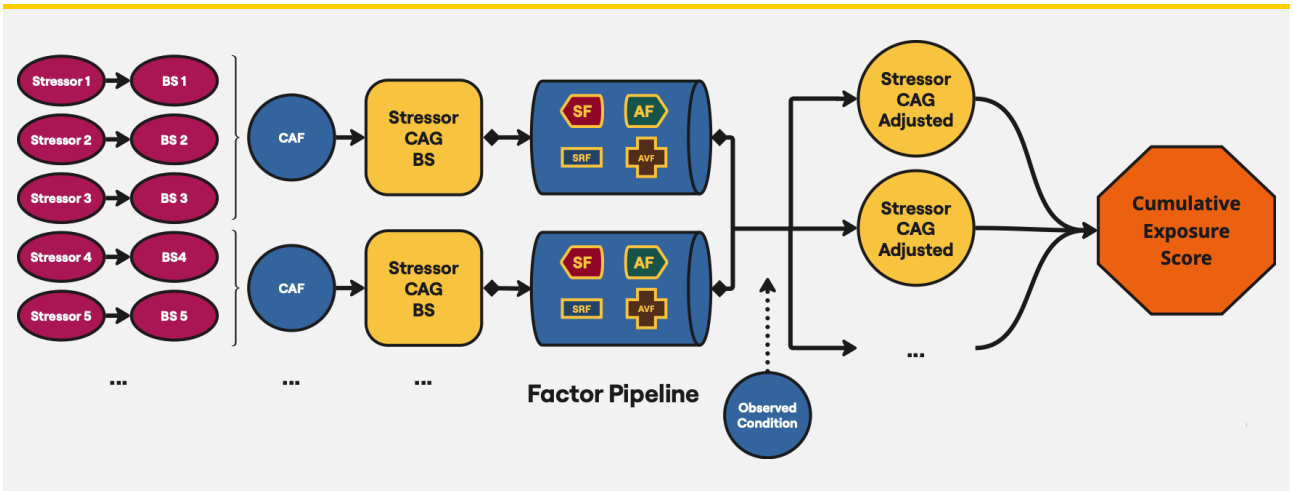


Figure 3. Tier 2 Cumulative Exposure Score calculation flow.

Abbreviations: BS= Base Score; CAF= Cumulative Allocation Factor; CAG= Cumulative Assessment Group; SF= Scaling Factor; AF= Attenuation Factor; SRF= Subtractive Resilience Factor; AVF= Additive Vulnerability Factor.

enables the transformation of qualitative data into a measurable observed condition factor, ensuring that subjective human experiences are systematically integrated into the CEA.

Together, these factors transform the raw CAG score into an adjusted CAG score estimate that better reflects real-world conditions, social equity, and community resilience.

The adjusted score for each CAG is calculated as:

$$\mathrm{CAG}_{\mathrm{adjusted}} = (\mathrm{CAG}_{\mathrm{raw}} \times SF \times AF) + AVF - SRF$$

Where the terms are as defined above. The optional OCF may be integrated separately depending on data availability and stressor type.

Step 4. Aggregation of CES Across CAGs

After calculating the estimated score for each CAG, CLEAR aggregates these scores to produce an overall **Cumulative Exposure Score (CES)** that reflects the total potential concern from all relevant stressor groups from that industry in a local context. A logarithmic transformation is applied to compress the score range while preserving relative differences. Specifically, the final CES is calculated as:

$$\mathrm{CES} = \log_{10}(1 + \sum_{j=1}^{m} CAG_{adjusted,_j})$$

CLEAR is designed to be adaptable to varying data landscapes. Many of the contextualizing modifiers in Tier 2 are non-mandatory inputs. While their inclusion enhances the accuracy and contextual sensitivity of the CES calculations, the tool will still function in their absence, relying on core immission and health limit comparisons. This flexibility supports use in both **data-rich and data-sparse environments**. Where specific data are missing, the tool encourages transparent reporting of assumptions and limitations to support cautious interpretation (Tier 3).

Tier 3: Interpreting and reporting results

Tier 3 functions as the **interpretive layer** of the CLEAR framework. A summary is presented in **Figure 4**.

Step 1: Automated summary output

CLEAR will generate a raw output report depicting the complete industry **Cumulative Exposure Profile (CEP)**, summarising the results of the entire assessment. This includes visual summaries, such as bar charts, calculation methods, and CES colours derived in Tier 2. A red/orange CES reflects a greater potential concern based on the combination of emission levels, health-based benchmarks, and context-specific modifying factors such as population vulnerability or local resilience. Conversely, lower scores suggest comparatively lower potential concern. While these scores enable ranking and flagging areas of interest, they do not represent absolute risk levels or direct health outcomes.

Each CAG has tailored ranges of concern thresholds to reflect differences in stressor burden and societal tolerability. For example, chemical stressors such as SOVHCs may have a narrow green range, indicating a lower tolerance for exposure, while non-chemical stressors, like noise or odour, may not. This flexible design supports nuanced interpretation across diverse stressor types and policy contexts.

To enhance transparency and promote responsible use, Tier 3 also includes a **data completeness overview**. This summary indicates, for each CAG, the proportion of data fields that were populated versus those left blank or estimated. For example, it may show the percentage of contextualising factors (e.g., vulnerability, attenuation) applied or highlight CAGs where emissions data were partially missing.

Step 2: Assessor interpretation and final recommendation

The assessors may add their professional judgment and **advice-oriented interpretation**. The interpretation can provide important insights to facilitate discussion when issuing new permits for industrial sites. In this step, the user will have:

1. An open text field for observations or contextual comments.
2. A selection menu to classify the overall effect of the industry on environmental and public health, based on the CEP. This is accompanied by preloaded recommendations tailored to different concern ranges.
3. An open field to explain the rationale behind the selected classification and provide expert recommendations for next steps, such as:
   a. What mitigation measures should the industry adopt to reduce cumulative exposure?
   b. What current practices contribute positively to well-being and the environment?
   c. Whether urgent actions are needed to prevent or address significant negative impacts.

Step 3: External review and translation for policy and public

Once finalised, we propose that a third-party entity, such as **the GGD**, acts as an interpreter of Tier 3 results across municipalities and provinces. This entity would produce a translation that reframes the technical report into a version tailored to policymakers, government officials, and the public. For example, this version could be written in accessible plain language, include brief contextual summaries of each industry assessed, and highlight which stressors were identified and their potential associated health risks.

Given its experience in public health and communication, the GGD is well-positioned to provide this crucial function. Their involvement would enhance the utility of the framework for decision-makers, strengthen the public health relevance of permitting outcomes, and improve transparency for affected communities.

5. Stakeholder perspectives

We conducted a stakeholder analysis (Appendix 3) and reached out to stakeholders across relevant disciplines, including environmental consultants, academic researchers, experts, and community engagement professionals. Stakeholders were identified through existing networks and targeted online (LinkedIn) searches, prioritising those with practical experience or policy relevance in the Dutch context. While not all responded, we included insights from those who did, ensuring a multi-perspective foundation.

Consultancy and practice-based experts

The **Haskoning Team** provided in-depth insights and literature on how cumulative stressors are currently considered or overlooked in environmental assessments in the Netherlands. Their contribution helped us anchor our framework in real-world permitting trajectories and policy practice. They emphasised the need for flexibility and transparency in the tool's structure to ensure alignment with the needs of both regulatory bodies and industry. In addition, they hosted a **stakeholder workshop**, which allowed us to listen in on discussions involving GGD representatives, environmental assessors, RIVM, and other experts. This experience offered valuable first-hand insight into the practical challenges and opportunities for implementing CEA in the Dutch context.

Academic and Scientific Contributors

Academic experts from Utrecht University provided early critical guidance on how various exposure assessments are performed, what research has been done or is being conducted, and helped us define realistic data input structures and consider existing methodological standards. Others contributed conceptual and empirical insights into psychosocial and perceptual dimensions of environmental stress, which directly informed our Tier 1 indicators and supported the inclusion of community adaptability as an integral component of cumulative risk.

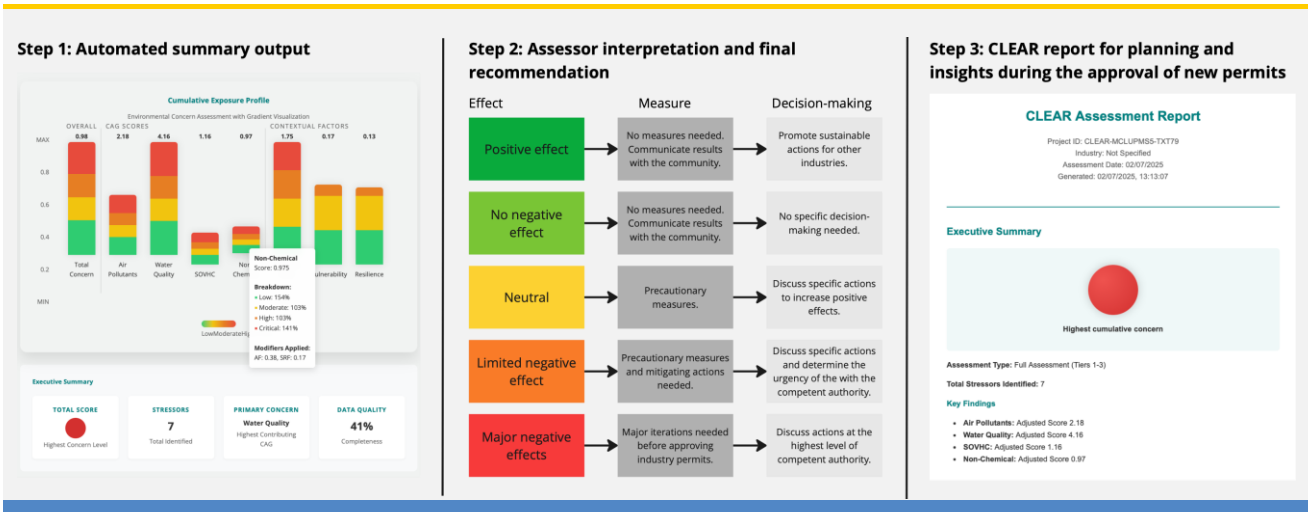


Figure 4. Steps of Tier 3, interpretation and reporting results after applying the CLEAR framework.

Policy and Institutional Insight

Contributors from RIVM brought deep knowledge of institutional responsibilities, inter-agency dynamics, and data infrastructure, particularly in relation to the Atlas of the Living Environment. Their advice ensured the tool's alignment with existing initiatives and helped us identify feasible pathways for future implementation. These discussions also revealed that citizens may not always require additional information on exposure; rather, concern about nearby industry often drives them to proactively inform themselves through available resources. This insight reinforced the importance of designing a practical and accessible tool at level 1.

Policy advisors from the **Ministry of Infrastructure and Water Management** outlined the full permitting process, outlining the sequence of steps, key expert roles, and existing workflows. Their insights clarified the legal boundaries of our ambitions: namely, that while the tool could not serve as a legal binding element in permit decisions, it could be valuable in stimulating informed discussion and supporting the decision-making process. Their input helped us position CLEAR as a facilitative instrument rather than a regulatory one.

Community Engagement Experts and Affected Communities

Community Experts from the **Ministry of Infrastructure and Water Management** shared honest and instructive reflections on the challenges and limits of community engagement within governmental contexts. Their feedback helped us reframe our expectations about participatory elements in the tool. Based on that input, we shifted our focus from co-creation (as envisioned initially in Level 2) to uphold transparency through the tiered structure (Level 1).

We designed and distributed a survey with support from the Ministry to gather input from **residents** living near industrial sites. The responses offered grounded insight into lived experiences, priority concerns, and levels of awareness regarding cumulative exposure (**Figure 5**). Many respondents expressed a clear preference for face-to-face engagement, which confirmed our decision to let go of the Level 2 platform, recognising it would not meet expectations for meaningful interaction. We interpreted that residents may want industry and permitting authorities to be more aware of their cumulative impacts. This reinforced our belief that the tool can bring value by making such impacts more understandable, visible and transparent within the permitting world.

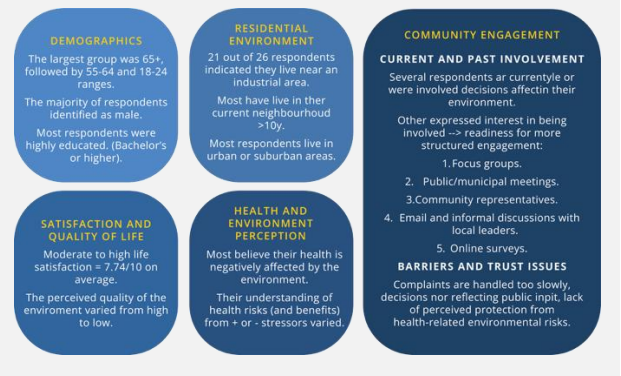


Figure 5. Results of residents' survey.

6. Limitations and future considerations

While the CLEAR tool provides a structured, transparent, and context-sensitive approach to CEA, several limitations must be acknowledged across all three tiers. First, Tier 1 relies heavily on publicly available data and proximity indicators to provide a first-layer mapping of environmental and health stressors around an industrial site. While this provides a rapid and accessible overview, it has inherent limitations as more critical data might be out there. In further development, an inventory on data availability is crucial to harness the potential of this tool.

Another current limitation lies in how existing industrial activity is integrated into the assessment, an important component. While CLEAR registers surrounding industries and tries to account for their presence using the SF, this relies on basic mapping rather than detailed exposure overlap. As a warning mechanism, this approach is useful, but future versions of CLEAR could be enhanced by integrating a searchable database of prior CLEAR reports. This would allow direct comparison of exposure sources and improve the precision of cumulative assessments in industrial clusters.

Moreover, in Tier 1, there is a lack of integration of background concentrations. These concentrations represent pre-existing or ambient levels of environmental stressors in a region, independent of local or recent industrial activity. Including such data could provide a more accurate baseline for identifying new concerns and distinguishing between background pollution and recent emissions. While this feature is not yet part of CLEAR, there is strong potential for incorporating it in future iterations, either through regional datasets or integration with national monitoring systems.

Limitations also exist in Tier 2. For non-chemical stressors such as odour or heat, there are few clear health-based thresholds or consensus on exposure-response relationships, making it difficult to assign quantitative values or health limits for

residents. Additionally, the CAF relies on modifiers such as the k constant and t factor, which are not currently set since they are based on stakeholder needs rather than empirical data or validated methods, and further scientific development is needed to assign them consistently. Similarly, the Observed Conditions is not currently established in its formulation and data sources therefore, not integrated in this mock-up of CLEAR. Type of available community input and quantification of this data should be established with the help of stakeholders from municipalities to integrate community input into CLEAR framework through the observation factor.

Moreover, by grouping stressors into CAGs, we acknowledge that it only accounts for within-group additivity, not across-group reaction, which may oversimplify complex interactions and synergies.

Further, Tier 3, which supports advisory recommendations. CLEAR is not intended for regulatory compliance or quantitative risk assessment and should be interpreted as a screening and prioritisation aid. Lastly, data availability, quality, and scale may vary significantly between regions, limiting comparability and consistency. These limitations underscore the need for transparent use of CLEAR and for complementing it with local expertise, monitoring, and participatory processes.

7. Pilot study proposal

During the Dragon's Den, we proposed a conceptual CLEAR pilot study on two industrial sites to **test the feasibility** and **further develop** the tool (see pitch deck in **Appendix 4**). Similar initiatives have previously proven valuable in informing the design and refinement of CEA tools [18]. This pilot would serve not only as a proof of concept, but also as a method for iterative refinement based on real-world application and stakeholder feedback. Applying the tools, methods, and participation strategy described in this document, we aim to address the key considerations and limitations identified earlier.

7.1 *Objective*

The conceptual goal is to test whether CLEAR is possible in practice, an approach that is not currently part of permitting processes. We aim to understand how our framework can improve transparency, data integration, cumulative impact analysis, and stakeholder engagement compared to current practices. Specifically, we aim to test whether our approach better captures the complexity of environmental pressures while enabling more inclusive and trust-building processes. The goals are to identify mission-sensitive data gaps, to validate methods, and generate tangible outputs (e.g., prototype reports and decision pathways) that could inform national-level implementation and long-term adoption.

7.2 *Design*

Case selection

The pilot would focus on **two industrial sites** with significant environmental impacts and upcoming assessment processes, and preferably where previous site-specific exposure studies have been concluded by e.g. RIVM. More importantly, these sites will be selected based on their potential for cumulative impact and availability of relevant data.

Stakeholder involvement plan

Stakeholder involvement is central to the pilot and the assessment tool itself. We will **engage four primary stakeholder groups**: environmental assessors, community members, industry representatives, and regulatory/advisory bodies. Depending on their role in the environmental assessment process, these stakeholders will be involved in the framework as users, validators, and contributors. In **Appendix 5**, we show the different types of stakeholders involved during the pilot study, their role, engagement level and the expected exchange of information needed.

Evaluation criteria

To assess whether the pilot meets its goals, we will evaluate both how the framework is used in practice and how it is perceived by users and stakeholders. Success will be defined by the pilot's ability to yield actionable insights into the tool's strengths, limitations, and potential for broader use. A mixed-methods evaluation will be guided by the following components:

Assessor feedback through post-pilot surveys and evaluation forms will gauge the clarity, usefulness, and feasibility of the framework, identifying where it supported decision-making and where improvements are needed.

Community perception will be captured through brief surveys and reflection sessions, focusing on whether the process felt accessible, transparent, and legitimate, and what design or communication aspects affected engagement.

Regulatory alignment will be reviewed through a memo highlighting how well the tool's steps fit regulatory requirements, based on input from permitting officials and legal experts.

Process logging will track when, how, and by whom different features were used, enabling usability analysis across user groups.

7.3 *Feasibility*

Tool development and maintenance

The CLEAR tool is currently under pre-development using a modular, HTML-based interface supported by AI-driven guidance due to the scope and limitations of this project (see Section 8). When finished, this mock-up could serve as a prototype for the

pilot after further refinement. Later, we estimate that maintenance and updates will require modest resourcing, mainly for hosting, updating datasets (e.g., stressor health-limit data, constants, etc.), and incorporating new scientific insights into Tier 2. We envision the tool growing and readjusting according to new discoveries and consensuses.

Once fully developed, the tool could be deployed at low cost across different local contexts, requiring only minor adjustments to align with regional Omgevingsdiensten datasets or workflows. In the longer term, a national-scale model could involve integration into existing permitting processes or environmental health assessments, potentially supported by public institutions or consultancy-based applications.

Pilot study costs

A preliminary business model has been developed as part of the pilot planning, which outlines key resources, development steps, stakeholder engagement, and estimated costs (**Appendix 4.1**). The total projected budget for the pilot phase is €250,000 per site, including a 10% contingency. This includes:

- €100,000 for expert and developer salaries
- €60,000 for tool development and maintenance
- €45,000 for stakeholder engagement and training activities
- €25,000 for infrastructure costs (cloud services, software licensing)

Funding could come from a combination of Dutch government and EU environmental grants (est. €150–200k) and co-financing from RIVM for pilot testing (est. €50k). The costs are expected to be moderate and manageable within the existing budgets for innovation or community health impact studies, particularly if co-financed or embedded within permit review projects. Support from the Ministry provides a precedent for such backing. Future funding models could include the integration into regulatory assessment protocols; licensing models for consultancy or local government use; institutional adoption by health/environmental agencies; and co-development with regional digital platforms already in use.

Feasibility concerns

Some challenges may affect implementation. Regional data inconsistencies could hinder tool alignment across Omgevingsdiensten. Long-term maintenance requires clear institutional ownership and ongoing funding. Additionally, adoption may be slow if the tool lacks formal recognition in regulatory frameworks. Early piloting, standardization, and engagement can help address these issues.

8. Evolve

In this section, we outline the initial steps to launch CLEAR and ensure its successful implementation in environmental permitting practices. Our focus is on bridging the gap between knowledge and action. Instead of solely delivering technical information, we designed a mock-up of CLEAR that resonates with the behaviour and decision-making processes of environmental assessors. By prioritising usability, clarity, and trust, the mock-up is aimed to be a proof of concept and a starting point for future development and co-creation with stakeholders.

8.1 Resources

Human Resources

The STF team will be developing the mock-up of CLEAR. In the future, consultation with experts such as data scientists or programmers to address technical aspects will be needed. We also aim to incorporate future external feedback from environmental assessors, the Ministry of Infrastructure and Water Management, and our client at Haskoning, depending on their time availability and willingness to participate in feedback loops.

Timeline

We allocated a time frame of three weeks to develop the first draft of the digital tool and present it to our client to obtain the first round of feedback (June 19th, 2025). After this, refined the tool further and delivered the final version July 1st, 2025.

Following the delivery of our final product, both our digital tool and report will contribute to the finalisation of the House Committee's report, which will be submitted to the Ministry of Infrastructure and Water Management. Based on the Ministry's input, the report and its materials will then proceed to a third panel, the Dutch Parliament (Tweede Kamer). A discussion and deliberation on this topic are expected to take place before the end of 2025.

By demonstrating the feasibility of implementing a digital web application like CLEAR, we aim to show stakeholders how such an intuitive and interactive tool can support future permitting processes in industrial areas across the Netherlands.

Mock-up tool

After testing various generative AI tools, we selected **Claude (AI)** for its ability to create professional and functional user interfaces, generate clean HTML code, and perform calculations based on our customisable tier system (as described in Section 4.2). Claude provided a more structured development environment, allowing us to simulate how users would interact with different assessment pathways and incorporate multiple stressor variables in a clear and transparent manner. Max plan of Claude will be utilised: higher prompt usage and improved output capabilities. The cost of this subscription plan will be 108.90 euros and will be compensated by the budget provided by the

Translational Life Sciences profile (a programme part of the GSLS Master's at Utrecht University).

Stakeholders involved

The key stakeholders involved in this phase are the client, Haskoning, and the Ministry of Infrastructure and Water Management. They will provide feedback on the digital mock-up and the overall CLEAR framework. This input is essential to ensure that the tool aligns with real-world needs and expectations. We aim for this collaboration to lay the foundation for a robust and actionable digital solution that the client can further develop and integrate into future permitting and assessment practices.

8.2 CLEAR branding

Brand values

We envision CLEAR as a trustworthy digital tool rooted in science and public service. Designed for environmental assessors involved in permitting, it combines professionalism with approachability and aims to deliver meaningful insights for evaluating new industrial site permits.

Brand colours, typography and accessibility

Colours were selected in a way to reflect our mission and the values of CLEAR (**Table 2**). Furthermore, they are accessible for colour blindness (protanopia and deuteranopia) using the 'proof setup' in Adobe Illustrator [19].

To ensure optimal readability and accessibility, CLEAR will use Open Sans, a clean and widely recognised sans-serif typeface known for its distinct and legible letterforms. To ensure legibility across devices, body text will be typed in a minimum font size of 12 points. Larger sizes will be applied to headings and subheadings to create a clear hierarchy. To maintain strong contrast, text will appear in black (#000000) when displayed on light backgrounds and in white (#FFFFFF) when placed over dark backgrounds.

To enhance readability, text will be left-aligned and not justified, preventing uneven spacing that can impair comprehension. Italics and bold formatting will be used sparingly, as excessive use may reduce readability for individuals with dyslexia or other visual processing differences. Emphasis will instead be conveyed through layout, spacing, and clear visual markers.

Logo

The CLEAR logo is designed to reflect the tool's core values and functionality visually (**Figure 6**). It consists of a bold "C" in dark teal, followed by a yellow puzzle piece that integrates with layered shapes beneath it. The "C" stands for CLEAR and symbolises clarity, confidence, and continuity. Its deep teal colour conveys trust, scientific grounding, and reliability, key qualities we want users to associate with the tool. The puzzle piece represents the complex but integrative nature of CEA. It conveys how different elements, such as chemical, non-chemical, and social stressors, fit together to form a complete picture of environmental impact. The underlying layers suggest depth and multidimensionality, emphasising that CLEAR goes beyond single-stressor assessments. These layers also reflect the tool's tiered structure and systems-thinking approach, enabling assessors to explore exposures from different perspectives.

8.3 Behind the scenes

To bring CLEAR to life, we designed the mock-up to reflect the functional logic and visual layout of a future working tool. The mock-up will simulate how environmental assessors might use CLEAR during permitting processes. This includes the integration of a tiered assessment framework, a preloaded inventory of environmental stressors, and a flagging system to support decision-making.

Inventory

To demonstrate the functionality of CLEAR, the mock-up will be preloaded with sample data for a limited number of chemical and non-chemical stressors. These examples are not exhaustive but were carefully selected to represent real-world relevance. They allow us to test basic calculations, demonstrate the visual interface, and show users what kind of inputs and outputs the tool would manage. Where possible, we used publicly available datasets (e.g., **RIVM**, **Emissieregistratie**) and modelled estimates to simulate input fields. In cases where data may not be readily available from industries, the tool will point users to alternative sources or estimation methods.

Flagging system

A built-in flagging system will help highlight elevated concern or missing data that could affect the outcome of the assessment.

Table 2. CLEAR brand colours

Colour	Name and code	Meaning
Primary colours		
	Dark teal # 008080	Trust, stability, science
	Forrest green # 2e6f40	Nature, health, environment
	Sunset gold # f3b942	Community, warmth, human touch
Accent colours		
	Mint cream # eff2f1	Clarity, freshness
	Stone grey #a5a6a6	Neutrality, balance and professionalism

This function is intended to increase transparency in the process and support professional judgment.

Disclaimer

The CLEAR mock-up provided alongside this report is a preliminary prototype and does not yet include all functionalities described in the framework (detailed before). Its primary aim is to offer a conceptual and visual impression of how a future; fully operational tool might function within exposure assessment practices. While the interface simulates core components of the tiered structure, many features (such as full integration of contextual modifiers, and background concentration data) require further development.

The CEP and associated scores generated by the CLEAR framework are intended as screening-level insights to guide decision-making. It is not meant to be a legally binding assessment and should not serve as the sole basis for approving or rejecting permits. Assessors are therefore encouraged to treat outputs from CLEAR as indicative and exploratory, and to complement results with professional interpretation and expert knowledge.

CLEAR is designed to support, not replace, professional judgment within permitting decisions. Specifically, it aims to stimulate informed discussion between stakeholders during permit evaluation; flag areas where cumulative impacts may warrant further investigation; guide prioritisation of mitigation measures and monitoring efforts; encourage consideration of community concerns and environmental justice; and promote a more holistic view of industrial impacts

9. Results

During the Evolve phase, we presented a full overview of the CLEAR framework and digital mock-up tool to the client, specifically from Haskoning, and Witteveen+Bos. We actively sought feedback on both the concept and its implementation. The overall response was positive, with stakeholders appreciating the clarity of the presentation and the structured layout of the tool.

Several discussion points emerged, particularly around Tier 2, including how cumulative scores are calculated and how to better reflect the additive nature within the CAGs. A key suggestion was to revise certain terms for clarity and tone, for example, replacing the word "risk" with alternatives such as "cumulative potential" or "cumulative concern," to better reflect the tool's purpose and limitations.

We also presented our mock-up of CLEAR to two representatives from the Ministry of Infrastructure and Water Management. Their response aligned with that of Haskoning, offering positive feedback, especially on Tier 1's prioritisation function for rapid scanning and mapping of stressors. One common point of discussion regarding Tier 3 concerned the visualisation of the final CEP. Displaying only a numeric score was considered problematic, as its interpretation could vary between users. Instead, they proposed using a more intuitive visual format, such as a traffic light or flagging system, which we subsequently integrated into the tool. Lastly, stakeholders appreciated that we positioned CLEAR as a decision-support tool rather than a legally binding assessment instrument, emphasizing its role in generating insights and facilitating discussions during the permitting process.



Figure 6. CLEAR logo

10. Team conclusions

Looking back on the capstone project, we recognise this journey as a rich learning experience, one that challenged us both technically and personally across its different phases.

During the *problem definition phase*, one of the most valuable aspects was the opportunity to co-create our team rules agreement. This helped set a solid foundation for the quality of work we aspired to deliver and clarified our shared motivations, expectations, and how to sustain them throughout the project. However, this phase also came with challenges, especially the limited input from the client. While this was purposeful, giving us the freedom to define the problem ourselves, it also meant that we had to proactively identify stakeholders, explore the regulatory landscape, and investigate the topic from multiple angles. Although initially overwhelming, it helped strengthen our skills in conducting literature reviews, and interviews with academics and experts in the field. Filming the video at the end of this phase was a milestone; it required us to distil complex ideas into a clear narrative for a chosen audience. Based feedback received from our supervisor and the client, this part was a success. It also helped us grow as communicators and consultants, giving us hands-on experience in stakeholder engagement and interdisciplinary interviewing.

In the *solution phase*, the challenge shifted to translating a broad and complex issue into a feasible and innovative solution. Here, we learned to think big and push the boundaries of what was expected. What began as a consultancy-style assignment evolved into the development of a tangible product: the CLEAR framework. This phase encouraged us to anticipate how we would pitch our idea and shaped our ability to communicate it clearly and convincingly. It also allowed us to explore diverse work formats, collaborating in person, online, and even in unconventional settings, which boosted our team dynamics and creativity. We started receiving feedback from different sources, both requested and spontaneous, and we learned how to take it constructively and adapt our solution accordingly. We also honed our design and pitching skills, creating visuals and presentations for both the Dragon's Den activity and the presentations for the client. Though financial planning wasn't our forte, we still took on the challenge of drafting a basic business plan, broadening our understanding of what it takes to bring an assessment tool like CLEAR to life.

Finally, in the *evolve phase*, one of our biggest achievements was persuading the client to support the development of a digital mock-up of the CLEAR tool. Due to time and resource constraints, we decided to build this mock-up ourselves with AI tools to support the process, gaining new skills in HTML coding and user experience design. Creating the mock-up was a learning curve that pushed our technical and decision-making capabilities. Most importantly, it allowed us to present something concrete to the client and ministry representatives, whose feedback directly informed several refinements to the tool. This made the evolve phase especially rewarding.

Throughout the project, we were faced with the inherent complexity of cumulative exposure, which at times felt daunting. But by approaching the challenge step by step, continuously learning from our mistakes, and adapting our team dynamics, **we grew into a well-functioning, motivated, and resilient team**. We are proud of both the process and the final outcome, and we value the recognition of our work from the client. Beyond the deliverables, this project gave us transferable skills in stakeholder communication, solution design, interdisciplinary collaboration, and adaptive thinking, skills we are confident will support us in our future careers and real-world projects.

11. Generative AI statement

In this capstone project, we have utilized GenAI specifically ChatGPT 4o [20], Perplexity AI [21] and Claude Opus 4 [22] models. These have been used to assist in writing clarity, grammar, literature search, brainstorming and coding. We have made sure to fact check all information provided for accuracy. While these tools helped improve our writing, literature search and coding, we maintain full responsibility for the originality, accuracy, and academic integrity of the work. The tools served as a supplementary resource to improve efficiency, but all critical evaluations and decisions were made independently.

Acknowledgements

We extend our sincere thanks to everyone who contributed their time, expertise, and perspectives to this project. Your input has been invaluable in shaping both the conceptual and practical aspects of our work.

A special thanks to our client *Marlouce* and our supervisor *Connie*, both whose clear vision, guidance, and steady support helped steer this project from its earliest stages. Your thoughtful feedback and encouragement were instrumental in keeping the work grounded, purposeful, and aligned with the needs of both the environmental assessors and the affected communities.

We are especially grateful to collaborative colleagues at *Haskoning, the Ministry of Infrastructure and Water Management, Utrecht University, and RIVM*, whose feedback helped refine our approach to cumulative exposure assessment in the Dutch context. Your professional insights and reflections brought both clarity and depth to our process.

A warm thank you goes to those who organised the Haskoning workshop for your thoughtful engagement and support throughout the development of CLEAR.

We also wish to acknowledge the *residents* living near industrial areas who responded to the Ministry's community survey. While direct engagement with communities, unfortunately, fell out of the scope of our current work, your lived experiences grounded our framework and reminded us of the importance of prioritising health and equity in environmental assessments.

To all who shared ideas, challenges, and encouragement along the way, thank you. Your contributions have meaningfully shaped this project and are deeply appreciated.

12. Appendix

Appendix 1. Limits of chemical and non-chemical stressors based on health effects.

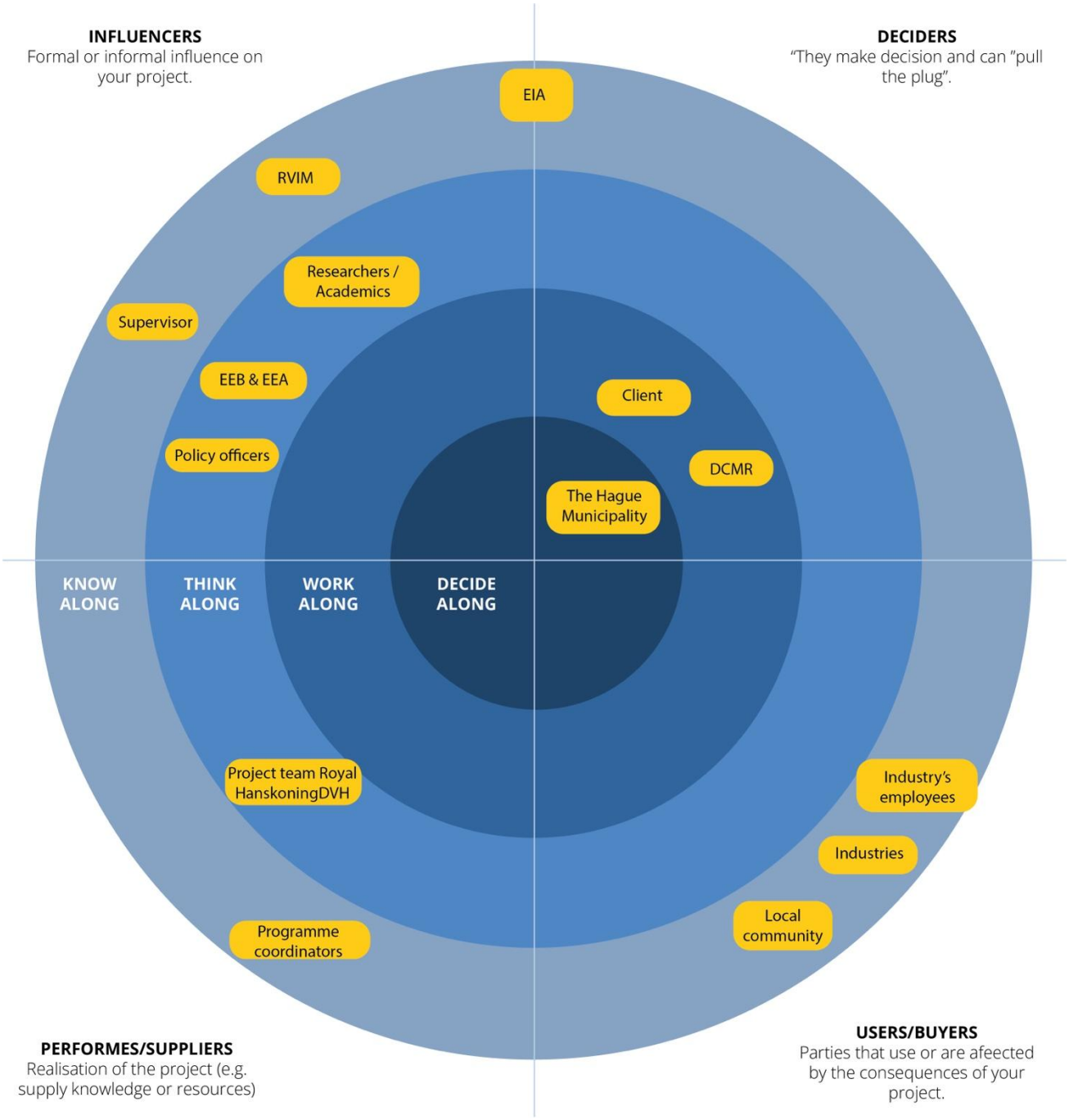
Stressor	Associated health effects	Health-based limits	Reference	Application tier 2
CAG: Non-chemical stressors				
Noise	Sleep disturbances, cardiovascular disease, cognitive impairment, annoyance, and mental health impacts [23]. Hearing loss is more related to occupational noise, but even non-occupational exposures above 70 dB(A) over 24 hours pose health risks.	Night-time outdoor levels (L_{night}): ≤ 40 dB(A) ≤ 55 dB(A) only when immediate compliance is challenging. Day-Evening-Night levels (L_{enen}): Road traffic ≤53 dB(A)	WHO [23], European Environment Agency [24].	Compare measured L_{night} and L_{enen} at site against WHO guidelines to flag elevated risk. Risk colours: green (below targets), yellow (between target and interim), red (above interim).
Odour	Annoyance and stress, respiratory symptoms, nausea, headaches, psychological distress [25].	No internationally standardised quantitative limits. Assessment relies on sensory evaluation and community complaints using a scale from 1 to 10, where 1 is no nuisance and 10 is the highest level of perceived nuisance.	Add RIVM reference	Use 7 µg/m³ as a benchmark to flag sites where odour nuisance may require further action; include qualitative indicators (e.g., reported annoyance) using FIDOL criteria (Frequency, Intensity, Duration, Offensiveness, Location).
Night light pollution	Disruption of circadian rhythms, sleep disorders, increased risk of obesity, depression, cardiovascular disease, diabetes, and cancer [26-28].	Melanopic Equivalent Daylight Illuminance (EDI) recommendations: ≤ 10 lux evening light levels, or if nighttime activities are required. ≤ 1 lux during nighttime. Light spectrum: < 3000 Kelvins (warm-toned light at night).	CIE (International Commission on Illumination) [29], DarkSky International [30]	Include this option in cases where the company operates during the night. Consider not only the EDI limits, but also the type of light spectrum.
CAG: Air pollutants				
PM 2.5 (Particulate Matter ≤2.5 µm)	Increases risk of heart disease, stroke, lung cancer, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), pneumonia, and respiratory infections. Worsens asthma and other lung diseases. Long-term exposure linked to diabetes and adverse effects in early life, including perinatal disorders and infant mortality.	Annual mean: 5 µg/m³ 24-hour mean: 15 µg/m³	WHO [31]	
PM 2.5, NO_2 (Nitrogen Dioxide)	Causes respiratory irritation, coughing, wheezing, shortness of breath, bronchospasm, and pulmonary edema. Aggravates asthma and can cause chronic lung disease with long-term exposure. Associated with increased risk of heart disease, stroke, and premature mortality. May impair immune response and sense of smell.	Annual mean: 10 µg/m³ 24-hour mean: 25 µg/m³	WHO [31]	
PM 2.5, CO (Carbon Monoxide)	Causes headache, dizziness, weakness, nausea, vomiting, and loss of consciousness at high levels. Leads to hypoxia and ischemia due to reduced oxygen transport in blood, potentially resulting in cardiovascular disease and death in severe cases.	24-hour mean: 4 mg/m³	WHO [31]	
PM 2.5, SO_2 (Sulphur Dioxide)	Irritates the respiratory system, causing coughing, mucus secretion, aggravation of asthma, and chronic bronchitis. Can worsen symptoms in people with pre-existing lung disease and increase risk of respiratory infections. High exposure may cause lung inflammation and reduced lung function.	24-hour mean: 40 µg/m³	WHO [31]	

PM 10	Causes respiratory and cardiovascular diseases. Aggravates asthma and other lung conditions. Associated with increased hospitalizations and premature mortality.	Annual: 15 µg/m³ 24-hour: 45 µg/m³	WHO [31]	
O_3 (Ozone)	Causes chest pain, coughing, throat irritation, and airway inflammation. Worsens bronchitis, emphysema, and asthma. Reduces lung function and increases respiratory infections.	Peak season (6-month mean of daily maximum 8-hour mean): 60 µg/m³ 8-hour mean: 100 µg/m³	WHO [31]	
CAG: Water pollutants				
Heavy metals	Arsenic: Chronic exposure linked to skin lesions, cancers (skin, lung, bladder), cardiovascular disease and diabetes[32]. Chromium: Cr (VI) is a known carcinogen affecting lung, kidney, skin; skin rashes, and liver damage[33, 34]. Lead: Neurotoxin, especially harmful to children, impairs IQ, attention, behaviour; in adults: hypertension, kidney damage and cardiovascular disease[33, 34].	Limits for quality of water intended for human consumption: Arsenic (As): 10 µg/L Chromium (Cr): 25 µg/L) Lead (Pb): 5 µg/L	European Parliament [35]	If any of the detected pollutants exceed the guideline values, flag the stressor as a potential risk.
PFAS	Chronic exposure to PFAS, particularly through contaminated drinking water, has been associated with several adverse health outcomes: Reduced vaccine response and increased risk of infections, endocrine disruption, reproductive and developmental toxicity, elevated LDL cholesterol and potential links to liver damage. Possible carcinogenicity, for example PFOA is classified as possibly carcinogenic due to associations with kidney and testicular cancer [36].	< 0.5 µg/L Total PFAS (sum of all PFAS)	European Parliament [35]	Compare sampled or modelled PFAS concentrations in water to the EU limit to assess exposure risk.
CAG: Substances of very high concern (SOVHC)				
Cadmium (Cd)	A highly toxic heavy metal recognized as a Group 1 human carcinogen (lung cancer). Chronic exposure through inhalation or ingestion primarily damages the kidneys (renal dysfunction and proteinuria) and can cause bone demineralization (osteoporosis, fractures). Associated with cardiovascular disease, liver dysfunction, reproductive toxicity, and developmental effects (reduced birth weight, pregnancy loss. Acute inhalation can cause severe respiratory irritation and pulmonary edema, while long-term exposure may result in progressive lung disease. [37]	Drinkwater 5,0 µg/L	RIVM [38]	Match emitted ZZS to known health-based thresholds. Calculate Base Score per substance by comparing reported emission to the most conservative available limit. Flag ZZS without limits for expert review. Use traffic light risk scale where possible: green (well below limit), yellow (approaching limit), red (exceeds or lacks threshold).
Benzo[a]pyrene	Benzo[a]pyrene is a potent polycyclic aromatic hydrocarbon and a Group 1 human carcinogen. It is strongly linked to the development of cancers, particularly lung cancer via inhalation and gastrointestinal, liver, and mammary tumours via oral exposure. B[a]P exerts its carcinogenic effects by forming DNA adducts, which can lead to mutations and tumour formation. In addition to its carcinogenicity, benzo[a]pyrene has been shown to cause teratogenicity, neurotoxicity, and immunotoxicity in animal studies, highlighting its broad potential for harm to human health. [39]	0,10 µg/L	RIVM [38]	Match emitted ZZS to known health-based thresholds. Calculate Base Score per substance by comparing reported emission to the most conservative available limit. Flag ZZS without limits for expert review. Use traffic light risk scale where possible: green (well below limit), yellow (approaching limit), red (exceeds or lacks threshold).

Appendix 2. Typical triggers and example values for the contextualising factors

Factor	Typical trigger	Example values
Scaling factor	Proximity (<1km) to locations with vulnerable receptors. Duration of exposure (consistent vs. seasonal operations). Other industrial sources contributing to the same stressor. Presence of substances of high concern.	Minimal concern, no adjustment = 1.0 Low concern = 1.25 Moderate concern = 1.5 High concern, significant intensification = 1.75
Attenuation factor	High stack dispersion (for air pollutants) Industrial soundproofing or noise barriers Low population density in exposure zone	No change = 1.0 Low attenuation = 0.75 Modest attenuation = 0.50 Strong mitigation = 0.25
Substrative resilience factor	Use of nature-based solutions within the site High green/blue space coverage surrounding site Use of green energy on site Use of sustainable transportation on site (bike lanes, electric buses).	Minimal/Negligible resilience = 0.0 Low resilience = 0.1 Moderate resilience = 0.2 Strong resilience = 0.3
Additive vulnerability factor	Low socioeconomic status (education, income) Low Educational Level Average disposable household income compared to national average Age Composition: High proportion of elderly (>65) or young children (<5)	Minimal/Negligible vulnerability = 0.0 Low vulnerability = 0.1 Moderate vulnerability = 0.2 High vulnerability = 0.3

Appendix 3. Stakeholder analysis



Appendix 4. Pitch Deck, Dragon's Den

EFFECTS OF CUMULATIVE EXPOSURE

PITCH DECK

THE PROBLEM: CUMULATIVE EXPOSURE IN INDUSTRIAL AREAS

Across the Netherlands, many industrial areas are surrounded by densely populated communities. Residents in these areas are exposed to a combination of environmental exposures (e.g. air pollution, noise, odour, heat) which have been linked to long-term health effects. Yet, current assessment methods and permitting processes typically evaluate these stressors in isolation, missing their cumulative impact on public health.

Recognizing this gap, **Royal HaskoningDHV and our team**, in collaboration with the **Ministry of Infrastructure and Water Management**, has launched an initiative to explore how cumulative exposure can be more effectively assessed and governed in industrial areas (excluding agricultural industry). We have investigated the scientific, technical, and social challenges of cumulative exposure assessment. Our goal is to support more informed, just, and future-proof environmental decisions.

For this reason, we have identified three key challenges to tackle and achieve this:

LACK OF PRACTICAL TOOLS
Existing methods for assessing combined exposures are too complex and not usable in real-world permitting.

OVERLOOKED VULNERABILITY
Overlooked social vulnerability and health factors that shape exposure are rarely included in assessments.

MISSING RESILIENCE FOCUS
Current approaches neglect protective factors like green space, social cohesion, and healthy infrastructure.

Without a new approach, the most affected communities will continue to face disproportionate health and environmental burdens, while authorities and industries lack the insight to act. Assessing cumulative exposure is more than a technical challenge, **IT'S A MATTER OF PUBLIC HEALTH, EQUITY, AND ENVIRONMENTAL JUSTICE**.

PROPOSED SOLUTION

A digital tool for environmental assessors to improve permitting decisions that protect residents' well-being. We desing a tiered framework that 1) identifies cumulative concerns, 2) calculates a cumulative exposure score using a formula than integrates exposure scores, resilince factors, and vulnerability estimates, and 3) generates techincal advisory reports and visual outputs.

The framework is designed to be:

- Scalable: with three levels of assessment depending on data availability and case complexity.
- Practical: aligned with existing assessor workflows to reduce implementation barriers.
- Transparent: offering a structured method for identifying and combining multiple stressors and their potential health impacts.
- Context-sensitive: adaptable to local conditions, data sources, and community concerns.

This flexible approach, modernises environmental assessment to move from fragmented, single-stressor evaluations to a more holistic approach.

The next step is to **PILOT** our tool in two industrial sites, to test, refine and validate it for national implementation.

TARGET GROUPS / END USERS

ENVIRONMENTAL ASSESSOR
Assessors involved in the permitting process of industries at the province and municipal levels.

MUNICIPAL AND PROVINCIAL AUTHORITIES
In charge of issuing new permits and renewing them.

NATIONAL PERMITTING AND REGULATORY BODIES
Ministry of Infrastructure and Water Management

SIMILAR INITIATIVES

In the Netherlands, few initiatives exist to translate cumulative exposure theory into real-world decision-making.

Our work is unique in that it is embedded in a parliamentary initiative (*Actieprogramma Gezonde Leefomgeving - Motie Marieke Koekkoek*), carried out in collaboration with Royal HaskoningDHV and supported by the Ministry of Infrastructure and Water Management.

While some academic projects in the Netherlands are beginning to explore cumulative risk, **our framework is the first practical, scalable approach aimed directly at environmental permitting authorities**.

This makes us a pioneering actor in this space, with direct links to affected communities, consultants, and governmental bodies

TEAM

Together, we bridge scientific knowledge and policy application.



FELA BERECOCHEA
MSc Health & Environment, Exposure Assessment, Environmental Epidemiology and Toxicology

SAMI YALCINTAS
MSc Environmental Biology, Fungal and Microbiology Studies





THARA SUNDGREN
MSc Health & Environment, Exposure Assessment and One Health

BUSINESS MODEL: PILOT STUDY

KEY STEPS

Priority

1. Develop the tool digital structure
2. Develop training material for pilot study
3. Define data integration and updating
4. Structure stakeholder collaboration
5. Policy alignment

USER RELATIONSHIPS

Frequency

1. Help and service desk
2. Webinars
3. Workshops
4. Updates and feedback loops

KEY RESOURCES

PILOT STUDY
- End-user feedback
- Data availability
- Tool validation
- Stakeholder engagement

NATIONAL IMPLEMENTATION
- Tech providers and cloud hosters
- Helpdesk and refinement staff
- Data subscription or licencing partners

COST STRUCTURE

Development and maintenance	60k
Salaries (staff, experts, developers, etc.)	100k
Stakeholder engagement and training	40k
Infrastructure costs	25k
Total (10% contingency):	**250k per pilot site**

REVENUE STREAMS

Our tool is a non-profit, public-good investment, designed to serve assessors, communities, and institutions alike.

As such, its funding can come from public sources such as government grants, infrastructure budgets, and EU environmental programs.

USER CHANNELS

- Workshops, training sessions and webinars.
- (future) Online platform for the tool with support resources.
- Publications and policy briefs.
- Direct engagement via environmental agencies and ministries

STAKEHOLDERS: WHO DO WE NEED?

Environmental assessors: Feedback providers on usability and relevance.

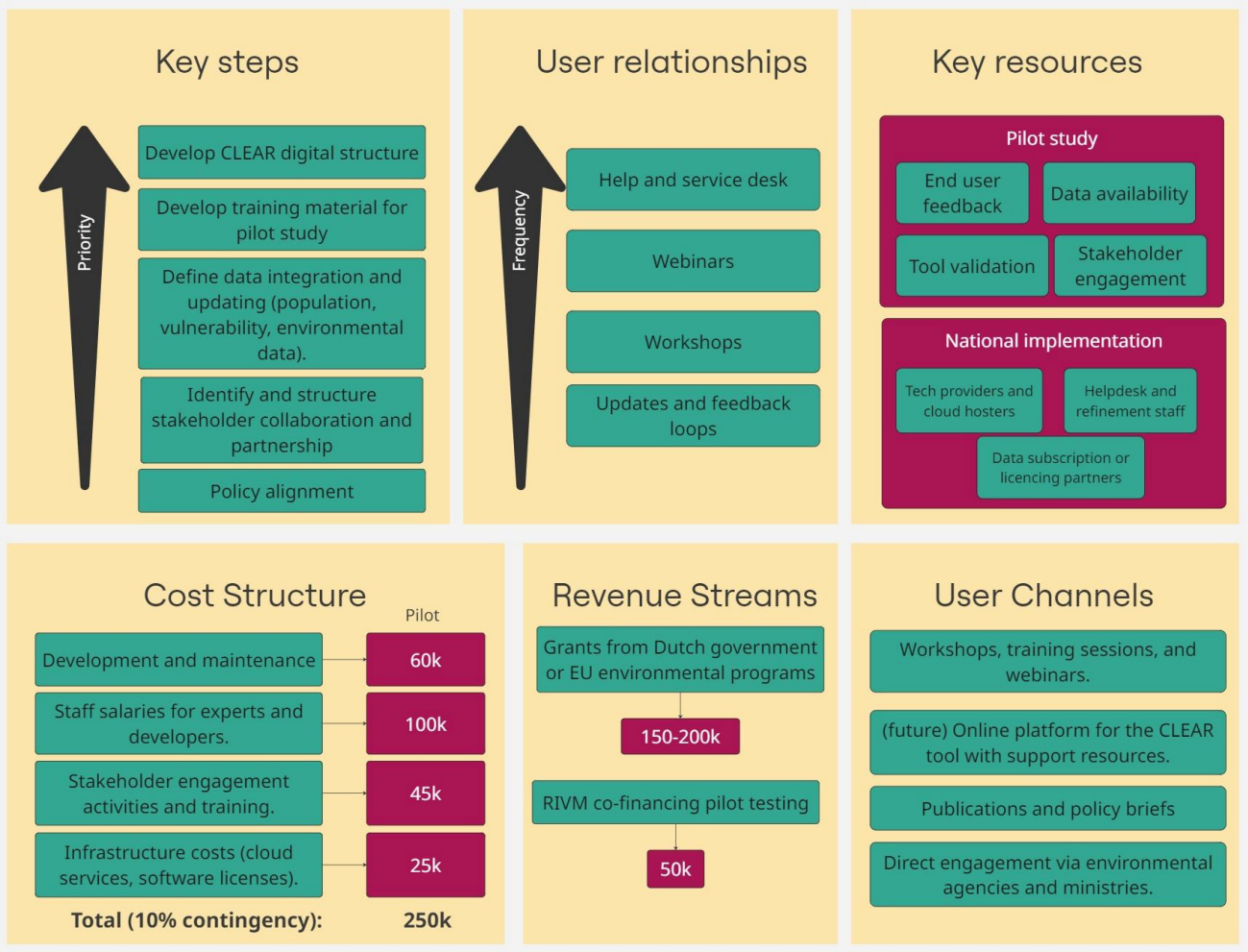
Community members: Provide local context to validate exposure and vulnerability profiles.

Industry representatives: Operational insights and ensure practical applicability.

Regulatory bodies: Help align the framework with national permitting processes and long-term integration.

Involving these stakeholder groups ensures that the framework is not only scientifically sound but grounded in real-world constraints and needs.

Appendix 4.1 Pilot Business Plan



Appendix 5. Stakeholders involved in the pilot study

Stakeholders involved in pilot study				
Stakeholder (role)	**Engagement level**	**Information input**	**Information needed**	**People needed***
Environmental assessors As the assessment tool's primary users, they will serve as testers and validators in this pilot.	Engagement activities will be designed at the "Co-produce" and "Take advice" levels, including interactive workshops, scenario-building sessions, and iterative feedback loops. Environmental assessors will actively use the framework to conduct a sample environmental assessment.	These stakeholders will provide real-time feedback on how well the tool functions in a real-world assessment. This includes usability feedback, technical challenges, and suggestions for refinement.	Environmental assessors will need clear, practical documentation on the framework's methodology, access to simulation data, and training on the participatory features of the tool.	2-3 assessors on payroll, ideally from different organisations or backgrounds to ensure diverse feedback.
Community members As contributors and validators of the assessment tool, they will serve as engaged stakeholders in this pilot.	Engagement activities will be designed at the "Listen" and "Co-produce" levels, participating in workshops, surveys, and feedback sessions that allow them to share their perspectives on environmental pressures and community concerns. They will also validate whether the tool's transparency features meet their expectations.	Community stakeholders will provide qualitative feedback on how well the tool facilitates meaningful involvement and whether their concerns are addressed in the assessment. They will also evaluate the tool's ability to foster trust between industry and the community.	Community members will need a clear explanation and demonstration of how the tool (does not) integrates community input and ensures that their feedback is incorporated into decision-making.	3-5 community representatives on a voluntary basis with the possibility of compensation (ideally including diverse socio-economic backgrounds, community leaders, and activists).
Industry representatives As contextual informants, they would provide practical insight on industrial operations and on-site realities to validate and refine the framework's assumptions and data inputs.	Engagement at the "consult" level, through structured interviews, data clarification, and targeted feedback moments. These may occur as one-on-one sessions or as part of small workshops.	They will be able to clarify how industrial processes unfold on-site, what environmental stressors are relevant for their industry, and provide guidance on data sources, monitoring routines, or reporting structures currently in place.	A clear explanation of the pilot's goals, expectations for their involvement, and how their input will be used. Confidentiality and non-regulatory framing should be emphasised to encourage open participation.	1–2 informed representatives (industry payroll), preferably with managerial and operational expertise.
Regulatory authorities (local and national) As validators and observers of the assessment tool, they will be overseeing and consulted in this process.	Regulatory bodies will engage at the "Inform" and "Take advice" levels. They will be consulted for feedback on how the framework aligns with existing regulatory frameworks (e.g., Omgevingswet) and the legal feasibility of integrating it within the permitting process.	Regulatory bodies will provide feedback on the framework's compatibility with national or regional laws, including insights into the regulatory processes it may impact.	Regulatory stakeholders will need an understanding of the framework's potential to improve transparency, cumulative impact analysis, and insights into the legal implications of integrating the tool into the regulatory process.	1-2 regulators (preferably from the relevant jurisdiction overseeing environmental assessments).
Tool designers As primary creators of the assessment tool, we will take on a supporting and facilitating role during this pilot.	NA.	Designers will provide technical guidance, tool walkthroughs, and ongoing clarification on intended functionalities. They will also help interpret what each module or visualisation is meant to show and answer real-time questions from stakeholders.	Designers require candid feedback from all participants on the clarity, functionality, and relevance of the tool. Observing how participants interact with the tool in practice, where they hesitate, diverge, or reinterpret steps, is critical for refining both the interface and underlying assumptions. They will also need access to example data or scenarios to simulate or test features alongside users.	At least two designers will be present at major pilot activities: workshops, tool trials, simulated assessments, and community sessions. One designer may take a chairing role as the other one(s) oversee notetaking and stakeholder interaction, etc.

* Minimum of stakeholder's needed per site.

13. References

1. Bergstra, A.D., J.V. Been, and A. Burdorf, *The association of specific industry-related air pollution with occurrence of chronic diseases: A register-based study*. Environmental Research, 2022. **209**: p. 112872.
2. Geelen, L., et al., *De bijdrage van Tata Steel Nederland aan de gezondheidsrisico's van omwonenden en de kwaliteit van hun leefomgeving*. 2023, RIVM.
3. Kamer, T. *Kamerstuk 28089, nr. 319. Gezondheid en milieu. Brief van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat*. 2023-2024; Available from: https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-28089-319.pdf.
4. Planetary Health Alliance. *What is planetary health?* 2025 [cited 2025; Available from: https://planetaryhealthalliance.org/what-is-planetary-health/.
5. Laurent, E., *Issues in environmental justice within the European Union*. Ecological economics, 2011. **70**(11): p. 1846-1853.
6. U.S. EPA, *U.S. EPA. Cumulative Impacts Research: Recommendations for EPA's Office of Research and Development.* 2022: Washington, D.C.
7. Morello-Frosch, R., et al., *Understanding the cumulative impacts of inequalities in environmental health: implications for policy*. Health affairs, 2011. **30**(5): p. 879-887.
8. Laurent, É., *Issues in environmental justice within the European Union*. Ecological Economics, 2011. **70**(11).
9. Caggiano, H. and E.U. Weber, *Advances in qualitative methods in environmental research*. Annual Review of Environment and Resources, 2023. **48**(1): p. 793-811.
10. van der Wel, K., H. Woesthuis, and J. Verhoeven. *Hoe houden we de praktijk van milieueffectrapportage werkbaar?* ; Available from: https://www.toets-online.nl/hoe-houden-we-de-praktijk-van-milieueffectrapportage-werkbaar.
11. Morello-Frosch, R., et al., *Understanding the cumulative impacts of inequalities in environmental health: implications for policy*. Health Aff (Millwood), 2011. **30**(5): p. 879-87.
12. Turbé, A., et al., *Understanding the citizen science landscape for European environmental policy: an assessment and recommendations*. Citizen Science: Theory and Practice, 2019. **4**(1).
13. Barzyk, T.M., et al., *Tools available to communities for conducting cumulative exposure and risk assessments*. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 2010. **20**(4): p. 371-384.
14. Hage, M. and P. Leroy, *Stakeholder Participation Guidance for the Netherlands Environmental Assessment Agency-Main Document*. 2008.
15. Rijksoverheid. *Omgevingswet*. 2024.
16. (IPLO), I.L. *Nieuw Nationaal Model*. 2025 [cited 2025.
17. Rorije, E., et al., *Characterization of ecotoxicological risks from unintentional mixture exposures calculated from European freshwater monitoring data: Forwarding prospective chemical risk management*. Science of the Total Environment, 2022. **822**: p. 153385.
18. Shrestha, R., et al., *Interactive cumulative burden assessment: Engaging stakeholders in an adaptive, participatory and transdisciplinary approach*. International journal of environmental research and public health, 2018. **15**(2): p. 260.
19. Adobe, *Adobe Illustrator*. 2023, Adobe Inc.: San Jose, CA.
20. OpenAI. *ChatGPT*. 2024; Available from: https://chat.openai.com/.
21. Perplexity AI. *Perplexity*. 2025; Available from: https://www.perplexity.ai/.
22. Anthropic, *Claude 4 Opus*. 2024.
23. WHO. *Noise*. 2011; Available from: https://www.who.int/Europe/news-room/fact-sheets/item/noise?utm_source=chatgpt.com.
24. European Environment Agency. *Noise*. Available from: https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-2?utm_source=chatgpt.com.
25. Aatamila, M., et al., *Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres*. Environ Res, 2011. **111**(1): p. 164-70.
26. AHA/ASA. *More exposure to artificial, bright, outdoor nighttime light linked to higher stroke risk*. 2024 [cited 2025; Available from: https://newsroom.heart.org/news/more-exposure-to-artificial-bright-outdoor-nighttime-light-linked-to-higher-stroke-risk.
27. Tancredi, S., et al., *Artificial light at night and risk of mental disorders: A systematic review*. Sci Total Environ, 2022. **833**: p. 155185.
28. European Commission. *Health effects of artificial light*. 2012 [cited 2025; Available from: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/en/l-3/4-effects-health.htm.
29. CIE (International Commission on Illuminaition), *Second International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photoreception*, L. Price, Editor. 2023.
30. DarkSky International. *What is light pollution?* 2023 [cited 2025; Available from: https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/effects/human-health/.
31. WHO, *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide,*

sulfur dioxide and carbon monoxide. 2021, World Health Organisation: Geneva.
32. Alidadi, H., et al., *Health risk assessments of arsenic and toxic heavy metal exposure in drinking water in northeast Iran*. Environmental Health and Preventive Medicine, 2019. **24**(1): p. 59.
33. Afzal, I., et al., *Comparative analysis of heavy metals toxicity in drinking water of selected industrial zones in Gujranwala, Pakistan*. Sci Rep, 2024. **14**(1): p. 30639.
34. Ishtiaq, M., et al., *Potentially harmful elements and health risk assessment in groundwater of urban industrial areas*. Frontiers in Environmental Science, 2024. **Volume 12 - 2024**.
35. European Parliament, *Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast)*. 2020.
36. EPA, U.S. *Our Current Understanding of the Human Health and Environmental Risks of PFAS*. 2024; Available from: https://www.epa.gov/pfas/our-current-understanding-human-health-and-environmental-risks-pfas.
37. Genchi, G., et al., *The effects of cadmium toxicity*. International journal of environmental research and public health, 2020. **17**(11): p. 3782.
38. RIVM. *rvs zoeksysteem*. 2025 [cited 2025; Available from: https://rvszoeksysteem.rivm.nl/Stoffen.
39. Ba, Q., et al., *Effects of benzo [a] pyrene exposure on human hepatocellular carcinoma cell angiogenesis, metastasis, and NF-κ B signaling*. Environmental Health Perspectives, 2015. **123**(3): p. 246-254.