



ERBRINK
STACKS
CONSULT

Impact windmolens op verspreiding van luchtverontreiniging

Windmolens Spuisluis en de emissies van
Tata Steel

Rapport 2016R001
25 oktober 2016

ErbrinkStacks Consult

Graaf van Rechterenweg 15
6961BN Oosterbeek

M. 06 5131 3650

info@erbrinkstacks.nl
www.erbrinkstacks.nl

Inhoud

Inhoud	2
Samenvatting	3
1 Probleemstelling	5
2 Vraagstelling	7
3 De aanpak in het kort	7
4 De aanpak meer in detail	10
4.1 Het rekenmodel	10
4.2 Bijdrage achtergrond concentraties PM10.	10
4.3 Invloed van windmolens op de verspreiding	12
4.4 Keuzen in invoer en modelparameters	20
4.4.1 De invoer	20
4.4.2 Modelparameters	22
4.4.3 Kustlijn fumigatie	23
5 De emissies van Tata Steel	25
5.1 Stofemissies	25
5.2 Overige emissies	25
6 Grof stof	26
7 Resultaten berekende PM10 concentraties	29
8 Overige stoffen	32
9 Discussie resultaten	34
10 Conclusies	37
Bijlage A. Bijdrage Tata aan PM10 concentraties	38
Bijlage B. Korte beschrijving zog-model	41
Bijlage C. PM10 emissies van Tata Steel	44
Bijlage D. Concentraties in 2018 op 18 locaties	48
Bijlage E. Contourplots van berekende concentraties	58
Bijlage F. Effect windmolens op 3 brontypen	67

Samenvatting

Eneco en Windpark IJmond zijn voornemens zes tot zeven windmolens langs het Noorseekanaal te plaatsen. Als de vergunningen worden verleend, is het de verwachting dat de windmolens niet eerder dan in het jaar 2018 in bedrijf kunnen komen. Daartoe worden nu voorbereidingen getroffen. Een onderdeel hiervan is onderzoek naar het effect van de windmolens op de verspreiding van diverse stoffen in de lucht die door de nabijgelegen industrie, in dit geval Tata Steel, worden geëmitteerd. Dit rapport bevat de bevindingen van dat onderzoek.

Het doel van de studie is in kaart te brengen of en welk effect de windmolens hebben op de concentraties fijn stof PM₁₀, SO₂, NO₂ en andere stoffen (zoals de zware metalen lood (Pb), kwik (Hg) en cadmium (Cd), ammoniak en geur). Voor deze stoffen gelden normen in de buitenlucht in de omgeving van Tata Steel en meer specifiek in IJmuiden, Velsen en Wijk aan zee. Belangrijk is daarbij vast te stellen of deze mogelijke invloeden zodanig zijn dat er normen worden overschreden door de plaatsing van de windmolens. Het best beschikbare instrument om dit te doen is het rekenmodel STACKS, dat een implementatie van het Nieuw Nationaal Model is met uitbreidingen voor wegen, vaarwegen en andere toepassingen. Dit onderzoek dient om omwonenden te informeren over de impact van de windmolens op de luchtkwaliteit en om een basis te leggen voor de vergunning verlening. Het onderzoek is zo opgezet dat het inzichtelijk maakt wat er gebeurt met de verspreiding van diverse stoffen en dat het aantoont dat de resultaten de werkelijkheid op een aannemelijk wijze weergeeft.

Omdat de locatie aan de kust is gelegen, is de mogelijke invloed van kust-lijnfumigatie nagegaan. Uit de analyse werd duidelijk dat kustlijn fumigatie geen waarneembare invloed kan hebben op de emissies van Tata Steel. Om die reden is dit effect niet van belang voor het onderzoek¹.

Vervolgens zijn alle relevante emissies van Tata Steel in samenwerking met Tata Steel in kaart gebracht. Het gaat dan om fijn stof (PM₁₀), SO₂, NO_x, CO, en de emissies van de zware metalen. Van deze stoffen zijn de jaaremmissies verzameld tezamen met bronkenmerken, zoals de uitworphoogte en – locaties, warmte emissie voor het jaar 2014 en geëxtrapoleerd naar de verwachte emissies (binnen de vergunning) in het jaar 2018.

¹ Bij de REC Harlingen is ook gebleken dat kustlijnfumigatie geen significant effect had. Maar het betrof daar een relatief lage schoorsteen. Toen is opgemerkt dat er voor hoge schoorstenen (zoals van TataSteel) er mogelijk wél een effect kan zijn. In het huidige onderzoek is kustlijnfumigatie daarom wel onderzocht, maar had geen duidelijk effect op de resultaten.

De stof emissies in het jaar 2007 zijn in een studie van DCMR in 2011² gebruikt om berekeningen met meetgegevens op een zestal locaties rond Tata Steel te vergelijken.

Een belangrijk aspect in deze studie betreft de stof concentraties rond Tata Steel. De fijn stof concentraties worden voor een belangrijk deel door de achtergrond bepaald, maar Tata Steel draagt significant bij aan de niveaus. Om toetsing met normen mogelijk te maken, dienen de bijdragen van Tata Steel opgeteld te worden bij de achtergrond. Deze achtergrond (de grootschalige concentraties in Nederland: de zg. GCN) bevat echter al de emissies van Tata, zij het op een tamelijk ruwe schaal (namelijk **uitgemiddelde** over gebiedjes van 250 x 250 m). Om een goede uitspraak te kunnen doen over de vraag of er normen worden overschreden is het nodig om deze GCN concentraties eerst te ontdoen van de bijdrage van Tata Steel. Dan worden op een veel meer gedetailleerde wijze de bijdragen van Tata Steel weer bij de opgeschoonde achtergrond opgeteld. Voor andere stoffen is deze correctie van de achtergrond niet toegepast, vooral omdat de bijdrage van Tata Steel in de GCN niet is aangegeven. Dan kan er ook niet voor gecorrigeerd worden. Daarbij speelt ook mee dat de concentraties van andere stoffen (zoals CO, SO₂, zware metalen) zo laag zijn, dat deze niet in de buurt van normen komen waardoor een dubbeltellingcorrectie minder zinvol is.

Voorts zijn berekeningen uitgevoerd van de andere stoffen in de situatie zonder de windmolens en met windmolens voor de situatie in 2018. De berekeningen zijn zo gedaan dat alle mogelijke (uurlijkse) weersituaties die in een periode van 10 jaar kunnen voorgekomen, zijn doorgerekend in een gebied van 7 x 7 km op bijna 1000 punten. Voor 18 van deze punten (woonlocaties) is in tabellen aangegeven wat de effecten van de windmolens zijn. Voor de andere punten zijn kaartjes met contourlijnen gegeven, zodat duidelijk is wat de ruimtelijke verdeling van de stoffen.

Tenslotte zijn ook berekeningen gedaan aan grof stof, vanwege het mogelijke extra hinder-aspect. Hieruit blijkt dat er geen verandering in grof stof neerslag is te verwachten.

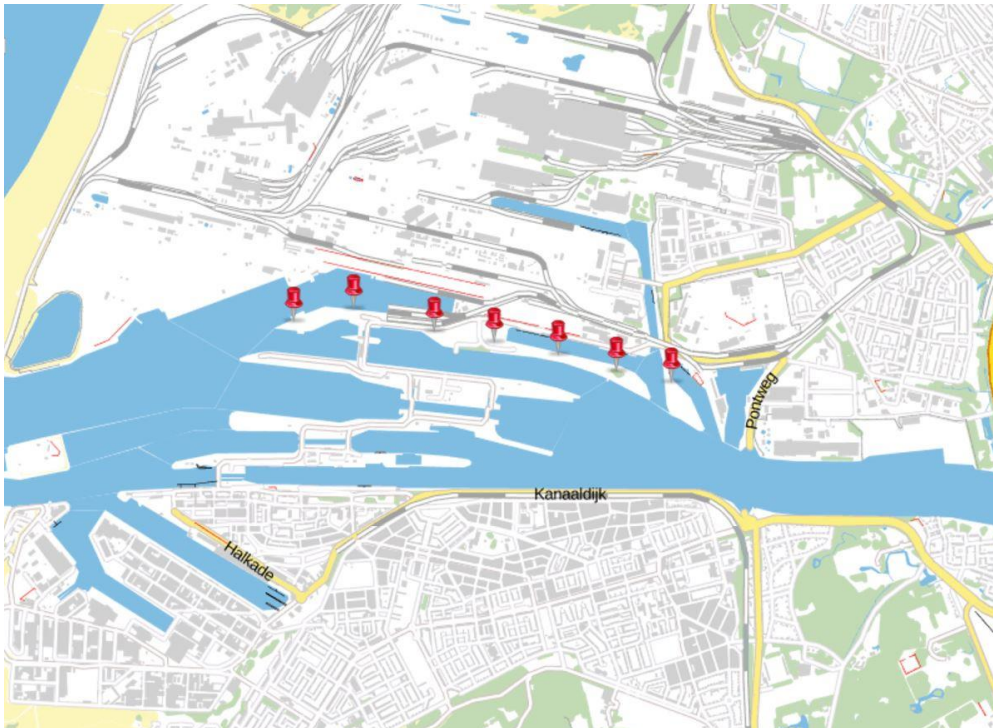
De conclusies die zijn getrokken uit de bevindingen is kort samengevat:

- De windmolens beïnvloeden de concentraties luchtverontreiniging nauwelijks.
- In geen der gevallen wordt een grenswaarde voor luchtkwaliteit volgens de wet Milieubeheer overschreden, niet zonder en niet met de windmolens.

² Vervolgonderzoek fijn stof emissies IJmond. Fase 2: herziene versie, 14 november 2011.

1 Probleemstelling

Langs het Noordzeekanaal zijn Eneco en Windpark IJmond voornemens om een windmolenpark te plaatsen (zie figuur 1). Dit geschiedt in het kader van de duurzaamheidsdoelstellingen van de bedrijven en sluit aan op de duurzaamheidsdoelstellingen van de provincie Noord-Holland. Om een goed onderbouwde milieu effect rapportage te kunnen presenteren onderzoek Eneco en Windpark IJmond of de windmolens een mogelijk effect kunnen hebben op de verspreiding van fijn stof en andere luchtverontreinigingscomponenten. Bij het afgeven van dit onderzoek werd uitgegaan van een lijn van 7 windmolens. In de vergunningsaanvraag zal worden uitgegaan van zes posities op dezelfde locaties. De conclusie van deze studie zal niet veranderen; immers; als er minder windmolens zijn is er ook minder beïnvloeding.



Figuur 1: locaties van 7 windmolens, zoals in deze studie beschouwd.

In deze rapportage wordt daarom een analyse uiteengezet van de effecten van de windmolens op de concentraties van diverse stoffen in de omgeving van IJmuiden, Velsen en Wijk aan Zee.

Het gaat dan met name om:

- Fijn stof (PM10);
- NO₂
- SO₂
- NH₃ (ammoniak)
- CO
- Geur
- en enkele zware metalen (Cd, Hg en Pb: cadmium, kwik en lood)

Fijn stof is een onderdeel van stof en bevat deeltjes waarvan het merendeel 10 µm of kleiner is. Grof stof bevat deeltjes die groter zijn, tot ruwweg 100 µm. De eigenschappen van fijnstof zijn zodanig dat het zich in de lucht verspreidt als een gas: het zakt nauwelijks uit. Grof stof bevat grotere deeltjes, die – naarmate de deeltjes groter zijn – sneller uitzakken. Deeltjes groter dan 100 µm zakken zo snel uit dat deze de hoogte van de wieken van windmolens niet kunnen bereiken (tenzij het grof stof op grote hoogte wordt geëmitteerd; dit is bij Tata Steel niet het geval). PM_{2,5} is een onderdeel van PM10 en bevat de kleinste fracties: vanaf 2,5 µm en kleiner. Ook dit stof verspreidt zich in de lucht als een gas en zakt nog minder snel uit dan PM10.

Stikstofoxiden (aangeduid als NO_x) is de som van NO en NO₂. Het merendeel van stikstofoxiden komt vrij in de vorm van NO. Dit wordt in de buitenlucht bij aanwezigheid van ozon omgezet in NO₂. NO₂ is het meest schadelijke deel in NO_x en kent daarom ook buitenluchtnormen: NO is relatief onschadelijk voor mensen.

De analyse zal plaatsvinden op basis van modelberekeningen aan de (met name stof-) emissies van (voornamelijk) Tata Steel in Velsen. Het gaat dan om de veranderingen in concentraties luchtverontreinigende stoffen die zullen optreden door de realisatie van het voorgenomen windpark Spuisluis. De realisatie (verwachte levering aan het net in 2019) omvat 6 tot 7 windmolens met een ashoogte tussen de 100 en 120 m en een vermogen van ongeveer 3 MW. De plaatsing zal zijn langs het sluiscomplex in IJmuiden/Velsen. In dit rapport is uitgegaan van het grootste aantal: 7 stuks worst case scenario. De inbedrijfstelling van de windmolens zal niet eerder dan 2018 plaatsvinden en wellicht pas in 2019. De achtergrond concentraties van alle stoffen nemen met de jaren geleidelijk af, zodat een keuze voor 2018 als referentiejaar in deze studie als conservatief geldt. Voor het doorrekenen van alle weersituaties worden voor 2018, 2019 of een ander toekomst jaar dezelfde meteorologische data gebruikt (de jaren 1995-2004).

2 Vraagstelling

Het gaat om enkele vraagstellingen, elk met een aantal deelvragen:

1. Wat zijn de effecten van de plaatsing van de windmolens op a) de woonlocaties in gemeente Velsen, oftewel Velsen Noord, Velsen Zuid en IJmuiden Noord en West, b) op de locaties van aanmeerplaatsen van passagiersschepen en c) bij de woonboten aan het Binnenspuikanaal en 3de Rijksbinnenhaven?
2. Welke effecten zijn te verwachten bij verschillende windrichtingen?
3. Welke veranderingen (m.n. verschuivingen in plaatsen met hogere concentraties) zijn te verwachten in de concentraties fijn stof (PM10), CO, SO₂, NH₃ (ammoniak) en NO_x (en dus ook NO₂)? Wat is bekend tav emissies van metaalhoudende deeltjes?
4. Zijn er overschrijdingen van grenswaarden te verwachten en zo ja, waar zijn die?
5. Is het relevant om (kustlijn)fumigatie in de berekeningen te betrekken en zo ja, wat betekent dit voor de genoemde resultaten (eventueel later in het proces te adresseren)?
6. Hoe kunnen de bevindingen worden gerapporteerd zodat deze geschikt zijn voor het indienen voor de vergunningverlening en voor communicatie richting de andere stakeholders (zoals de wijkplatforms)?

3 De aanpak in het kort

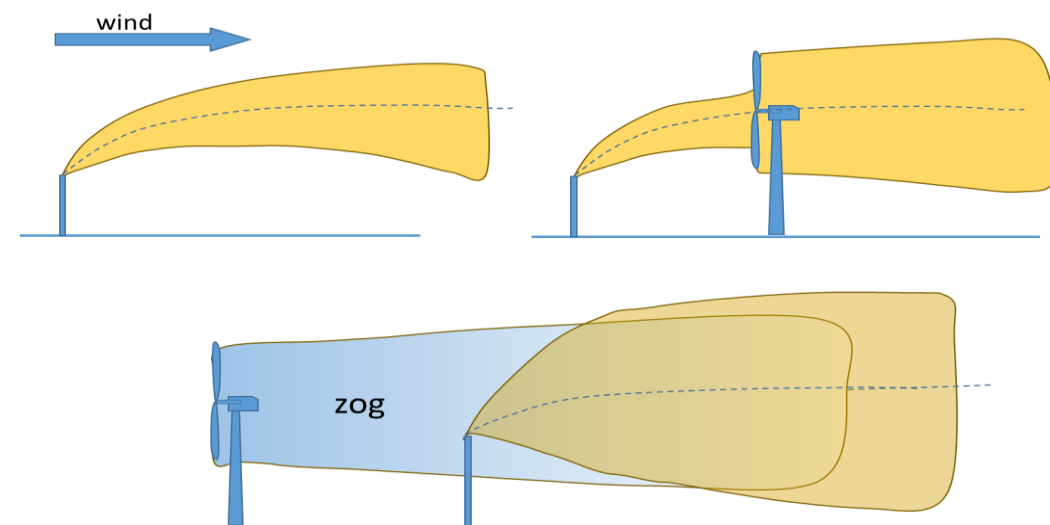
De geplande windmolens staan relatief dicht bij de stofbronnen van Tata Steel. Het is te verwachten dat de windmolens de verspreiding vanuit deze bronnen zullen beïnvloeden. Immers de molens halen energie uit het windveld, waardoor de windsnelheid benedenwinds van de molens aanzienlijk lager zal zijn en de hoeveelheid turbulentie (dus menging en verdunning van pluimen) juist hoger. Dat maakt dat de verspreiding van stof (en andere componenten) anders zal verlopen wanneer de windmolens eenmaal zijn geplaatst.

De luchtkwaliteit in de omgeving van IJmuiden en Velsen wordt gemonitord middels continu registrerende meetinstrumenten. Deze geven voor de meetlocaties een betrouwbare weergave van de luchtkwaliteit. Op andere plaatsen, waar niet gemeten wordt, kan de luchtkwaliteit anders zijn, doordat er dichtbijgelegen bronnen zijn of omdat de locaties anders liggen ten opzichte van belangrijke bronnen. Daar waar momenteel niet wordt gemonitord zal met rekenmodellen worden bepaald wat de verwachte impact op de luchtkwaliteit zal zijn. Om het effect van de windmolens op de concentraties stof te bepalen wordt met een op maat gemaakt rekenmodel gewerkt. Dit rekenmodel berekent alleen de bijdragen van alle bronnen op een gedetailleerde manier, waarbij de effecten van windmolens zo goed mogelijk in beeld worden gebracht. Dit betekent dat er RUIMTELIJK en in de TIJD veel gedetailleerder wordt gerekend: ruimtelijk, omdat de concentraties precies op de aangegeven locaties zijn berekend en tijd: omdat elke mogelijke weersituatie die

kan optreden ook daadwerkelijk doorgerekend is. De berekende concentraties worden op kaartjes weergegeven. De locaties zijn op atlassen terug te vinden door naar de coördinaten te kijken. Dit zijn rijksdriehoekskoördinaten, welke zijn terug te vinden op alle topografische kaarten van Nederland.

De bijdragen van alle bronnen van Tata Steel worden doorgerekend en opgeteld bij de achtergrond concentratie. Dat gebeurt voor elk uur in de hele periode van 10 jaren. Dat zijn dus 87600 uren. Van alle bronnen van Tata Steel zijn de emissie-kentallen verkregen van Tata Steel, voor alle stoffen die in hoofdstuk 1 zijn genoemd. De kentallen zijn niet alleen *hoeveel* er uit een schoorsteen komt, maar ook op welke hoogte en met welke warmte inhoud. De emissies van opslaghopen zijn zogenaamde diffuse emissies: deze komen niet uit een pijp, maar uit een heel oppervlak. De hoeveelheid emissies is bij Tata Steel bekend en worden in deze studie gebruikt, tezamen met de stofemissies uit de schoorstenen. Deze diffuse emissies worden bij de berekeningen verdeeld over de grootte van het oppervlak en vertaald in een groot aantal aparte lage (punt) emissies. Dat heeft het voordeel dat de interactie met de windmolens goed te beschrijven is (dat gaat met een oppervlaktebron nauwelijks) en dat elke vorm van de diffuse emissies in het model is op te nemen, dus ook langgerekte oppervlaktebronnen en ook lijnvormige stof-emissiebronnen. Dit is dus alleen nodig voor de berekening van de stofemissies. De Tata Steel emissies worden besproken in hoofdstuk 5.

De situaties met en zonder de windmolens worden daarna berekend. In het rekenmodel STACKS zijn verschillende functies toegevoegd om te beschrijven wat er gebeurt met de stof- en rookpluimen als deze door de windmolen worden in gevangen. Onderscheid wordt gemaakt tussen de situatie dat de schoorsteen bovenwinds of benedenwinds van de windmolen staat, zie figuur 2.



Figuur 2. Twee mogelijke situaties de windmolen staat bovenwinds of benedenwinds van de windmolen(s).

Deze functies zijn alleen van toepassing wanneer de windrichting zodanig is, dat interactie tussen rookpluim en windmolen plaatsvindt. Deze interactie kan plaatsvinden voor de hele pluim, maar ook voor gedeelten van pluimen. Dat maakt dat het ene deel van de pluim zich anders gedraagt dan het andere deel van de pluim. Voor een rekenmodel als STACKS is dat lastig, omdat een pluim steeds beschreven wordt als één geheel, binnen het gaussische modelconcept. Daar waar deze aspecten aan de orde zijn, wordt steeds een conservatieve (voorzichtige) keus gemaakt, zodat de impact niet onderschat wordt. Als er geen interactie plaatsvindt tussen windmolen en rookpluim, wordt de normale beschrijving van de pluimverspreiding gevolgd.³

De functies voor het beschrijven van de interacties tussen schoorsteenpluimen en windmolens worden in hoofdstuk 4 beschreven.

De berekende concentraties met en zonder de windmolens worden met elkaar vergeleken. Daarbij is in kaart gebracht op welke plaatsen er een positief dan wel negatief effect is, hoe groot dit effect is en wat het betekent voor de niveaus als we die vergelijken met de grenswaarden zoals die zijn vastgelegd in de wet Milieubeheer. Voor een aantal stoffen worden berekende concentraties in zogenaamde contourplots weergegeven. Dat zijn kaartjes met lijnen van gelijke concentratieniveaus zodat in één oogopslag zichtbaar is welke niveaus er zijn. Voor alle stoffen wordt op een flink aantal plaatsen in een tabel aangegeven wat het effect van het plaatsen van de windmolens zal kunnen zijn. Hoewel de modelopzet is gemaakt door zorgvuldig de interactie tussen windmolen en rookpluimen te beschrijven, is het nog steeds een benadering. De uitkomsten zullen minder nauwkeurig zijn dan van het originele Nieuw Nationaal Model (NNM). De berekende bijdrage van bronnen zal naar verwachting binnen een factor twee zijn. Opgeteld bij een achtergrond, die nauwkeuriger is (ruwweg 5 a 10%), kan gesteld worden dat de resultaten voldoende betrouwbaar zijn om a) aan te geven of de windmolens een negatief dan wel positief effect hebben en b) om de resultaten toetsen aan de grenswaarden die in Nederland gelden.

Tenslotte worden de conclusies getrokken in hoofdstuk 9.

³ Een beperking van het model is dat het werkt binnen het gaussische pluimmodel; een niet-gaussische vorm wordt dus als een gaussische vorm benaderd. Het zog (aanvankelijk min of meer een blokvorm) wordt een gauss door de diameter van het zog te vertalen naar een gauss met diameter=3 maal sigma-waarde. Sigma is de standaardafwijking van de gaussische eerdelling.

4 De aanpak meer in detail

4.1 Het rekenmodel

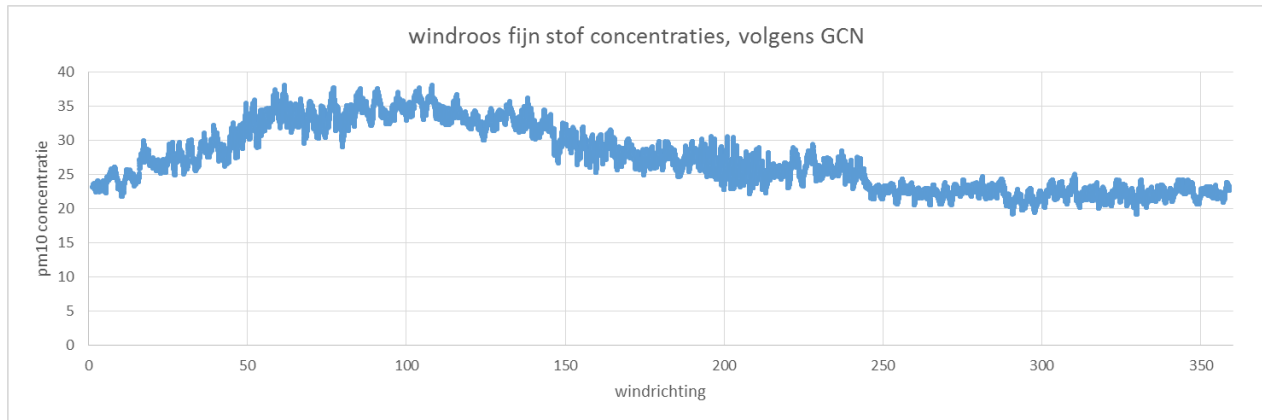
Het rekenmodel STACKS is een implementatie van het Nieuw Nationaal Model (NNM) en voldoet aan de eisen van de Standaard Rekenmethode 3 zoals beschreven in Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007. In deze Standaard Rekenmethode 3 wordt geen rekening gehouden met de invloed van windmolens op de verspreiding. In deze studie wordt het rekenmodel STACKS gebruikt om na te gaan wat de effecten zijn als er windmolens worden geplaatst langs het Noordzeekanaal. STACKS is een versie van het NNM dat door deskundigen in Nederland wordt gezien als het best beschikbare model voor het bepalen van de invloed van (onder meer) industriële bronnen. Het NNM (en dus ook STACKS) is wel uitgebreid getoetst aan metingen.

De invloed van windmolens is dus geen onderdeel van het NNM, maar wel in STACKS aanwezig. Deze toevoeging is eerder in het model aangebracht bij eerdere projecten (driemaal: Apeldoorn, Zutphen en Harlingen) waar de rook van een schoorsteen door een dichtbij staande windmolen beïnvloed wordt. Deze uitbreiding is ook hier toegepast en verder uitgewerkt omdat in deze studie meerdere windmolens en meerdere schoorstenen doorgerekend zijn. Dat maakt dat ook lage bronnen (zoals de emissies van kolen en erts opslagen) wellicht door windmolens beïnvloed worden. In de eerdere studies was steeds sprake van één schoorsteen en één windmolen. Nu gaat het om een veelheid van bronnen en 6 tot 7 windmolens. Dat maakt het model complexer, onder meer omdat voor alle bronnen en windmolens de posities ten opzichte van elkaar moeten worden bepaald. Ook moet per uur worden nagegaan welke schoorsteen bovenwinds dan wel benedenwinds van één van de windmolens staat. Op grond van de posities en de windrichting wordt per uur bepaald welke pluim door welke windmolens beïnvloed wordt. Het zogmodel (wat er gebeurt met wind en turbulentie achter de windmolen) is hetzelfde als in eerdere studies. Het model maakt onderscheid tussen hoge en lage bronnen en hun bijbehorende pluimhoogten. Daardoor wordt per stof bepaald welke invloed de windmolens hebben op de verspreiding.

4.2 Bijdrage achtergrond concentraties PM10.

De concentraties van stoffen in de lucht worden niet alleen door Tata Steel veroorzaakt. In Nederland worden concentraties luchtverontreiniging continu gemonitord. Door deze metingen verder te interpreteren en te extrapoleren is steeds een compleet beeld van de grootschalige concentraties in Nederland beschikbaar: voor voorbije jaren, maar ook voor toekomstjaren. Deze concentraties worden jaarlijks geüpdatet en zijn beschikbaar onder de naam Grootschalige Concentraties in Nederland: de GCN. Uit de database van de GCN voor de periode 2005-2014 zijn alle uurwaarden voor de locatie IJmuiden (497500,102500) af te lezen. Als daar een windroos van

wordt gemaakt (gemiddelde concentraties per windrichting) dan zijn er geen heel duidelijke pieken zichtbaar, zie figuur 3).



Figuur 3. Verdeling van uurgemiddelde PM10 concentraties over de windroos, volgens GCN (periode 2005-2014). 0=noord, 90=oost, 180=zuid, 270=west en 360=noord=0.

Uit het meetnet van RIVM (LML) zijn de bijdrage van Tata Steel voor het jaar 2012 beschikbaar, zie bijlage A. Voor de locatie IJmuiden (meetpunt 551) is de jaargemiddelde concentraties pm10 44 ug/m3 en voor Wijk aan Zee (553) 35, terwijl de bijdrage van Tata Steel op die locaties ongeveer 5 ug/m3 is. Tata Steel draagt dus bij aan de PM10, maar meer dan 80% wordt door de achtergrond (of andere bronnen) bepaald. Daarom is het van belang om de bijdrage van Tata Steel te isoleren van de achtergrond concentraties. Hiervoor moet bekend zijn wat de bijdrage van Tata Steel is in de GCN concentraties. Bij het RIVM blijkt de bijdrage van Tata Steel alleen voor 2012 te zijn berekend. Uitgaande van deze data is de bijdrage van Tata Steel in 2018 berekend en van de GCN waarden afgetrokken, aldus is een opgeschoonde PM10 achtergrond voor 2018 geconstrueerd, zie verder bijlage A.

Tot slot nog een opmerking over het effect van de windmolens op de achtergrondconcentraties.

Achtergrondconcentraties zijn afkomstig van bronnen die veraf zijn gelegen. Door de verspreiding in de lucht zijn deze stoffen dan al over de hele dikte van de menglaag verspreid: het maakt dan niet uit of de concentratie op 1, 10, 100 of 300 m wordt beschouwd: de concentraties zijn dan op alle hoogtes hetzelfde. Een windmolen kan dan de wind of de menging beïnvloeden, de concentraties worden daardoor niet veranderd: ze zijn al over de hele hoogte uniform. De pluimen van bronnen dichtbij (de lokale bronnen: in dit geval vrijwel alleen afkomstig van Tata Steel) zijn juist niet uniform verdeeld over de dikte van de menglaag: de windmolens beïnvloeden de concentraties van deze lokale pluimen natuurlijk wel.

Om te beoordelen of er normen worden overschreden, moeten de achtergrondconcentraties natuurlijk wel meegerekend worden. Dan kan de concentratie getoetst worden aan grenswaarden.

4.3 Invloed van windmolens op de verspreiding

De verspreiding van rookpluimen en stof gebeurt door de wind: deze bepaalt waar het stof naar toe waait. Hieronder volgt een beschrijving voor fijn stof; voor andere componenten gebeurt dit op dezelfde manier. Tijdens het transport worden de concentraties lager: er treedt verdunning op doordat de lucht het stof mengt met schonere omgevingslucht. Dit mengen gebeurt door de turbulentie in de lucht. Daardoor wordt een pluim benedenwinds naar alle kanten breder en worden de concentraties lager, zie figuur 2. Als de rookpluim veel warmer is dan de omgevingslucht stijgt de pluim eerst op, totdat de temperatuur van de pluim in evenwicht is met de omgeving. Stof dat van de grond opwarrelt, verspreidt zich op dezelfde manier, alleen is de turbulentie dicht bij het aardoppervlak anders dan hoger in de lucht: soms meer (bijvoorbeeld 's nachts) en soms minder (op zonnige dagen).


Wanneer de pluim door de molen heen waait gebeuren er de volgende dingen. De rook komt in het zog van de windmolen terecht. In het zog achter de molen is de turbulentie veel sterker dan voor de windmolen: de pluim wordt versneld opgemengd in dit zog en verdunt zich op deze plaats sneller dan buiten het zog. Aangenomen wordt dat de pluim dan onmiddellijk geheel in het zog wordt opgemengd.

In het zog is de windsnelheid ook aanzienlijk lager dan voor de molen; de pluim waait dus minder snel weg. De windsnelheid normaliseert zich ongeveer 10 a 15 maal de rotor diameter (dus na 1,5 a 2 km) achter de windmolen. Afhankelijk van de hoogte van de pluim en de hoogte van de windmolen kunnen dan de volgende dingen gebeuren (zie figuur 4) indien de schoorsteen bovenwinds staat van de windmolen:

- De pluim is zo laag dat deze onder de turbine door waait: er wordt dan geen beïnvloeding door de windmolen verondersteld (figuur 4a).
- De pluim waait gedeeltelijk onder de turbine door: er wordt dan geen beïnvloeding door de windmolen verondersteld (figuur 4b).
- De pluim waait gedeeltelijk onder en gedeeltelijk door de turbine: de pluim wordt door het zog versneld naar boven toe verdund. Er is dus een gedeeltelijke beïnvloeding door de windmolen (figuur 4c). De hoogte van de pluimas wordt aangepast en berekend door te middelen over de hoogte van de windmolen en de hoogte van het zwaartepunt van de pluim. De turbulentie en de transportsnelheid van **de pluim wordt nu aangepast en berekend door een gewogen gemiddelde te nemen** van de waarde in het zog en de waarde vòòr het zog met als weegfactoren de afstand van schoorsteen tot windmolen en afstand van receptorpunt (bijvoorbeeld bij de woongebieden) tot windmolen. De berekening van de pluimverdunning is dus afhankelijk van welk receptorpunt het betreft en dit is afhankelijk van de afstand die de pluim vòòr en in het zog heeft afgelegd.⁴

⁴ Bedoeld de mate van verdunning van de pluim. Hoe verder een schoorsteen van de windturbine afstaat, hoe kleiner het effect van de windturbine kan zijn. Op oneindig grote afstand (de achtergrond

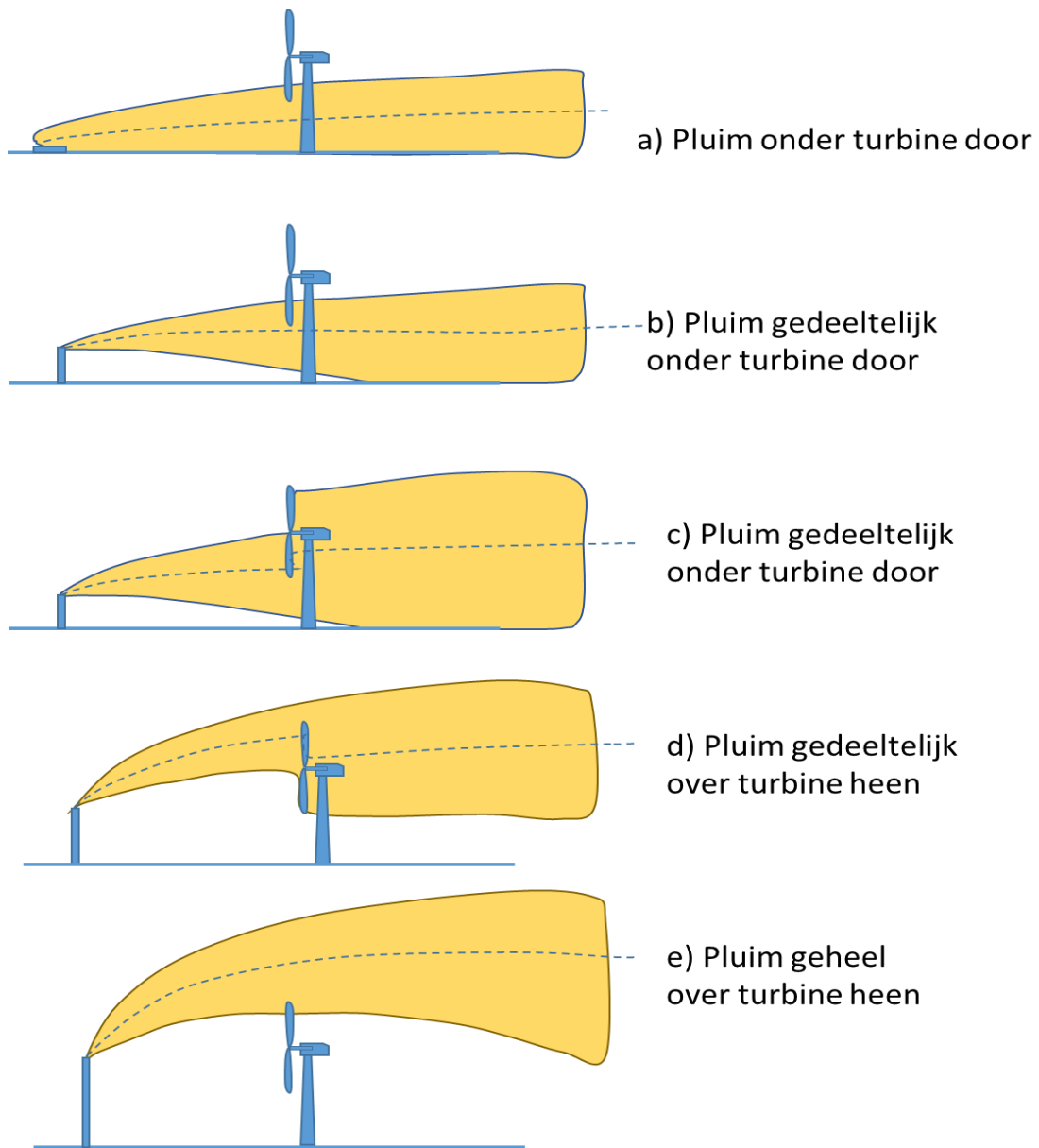
- De pluim waait geheel door de turbine (zoals in figuur 1, bovenste plaatje is aangegeven): de pluim wordt door het zog versneld verdund. Een rookpluim die op die plaats nog warmer is dan de omgevingslucht, zal na passage door de turbine deze warmte inhoud ineens hebben verloren: de pluimas is dan gelijk aan het midden van het zog. **Ten opzichte van een vrije pluim zal de rookpluim minder stijgen in de atmosfeer, de grond sneller bereiken en dus hogere concentraties veroorzaken.**
- De pluim waait gedeeltelijk boven het zog over en gedeeltelijk door het zog (figuur 4d). Hier wordt op dezelfde wijze gerekend als wanneer de pluim gedeeltelijk onder de turbine doorwaait. **Ook hier wordt een gewogen gemiddelde genomen** van de waarde in het zog en de waarde vòòr het zog met als weegfactoren de afstand van schoorsteen tot windmolen en afstand van receptorpunt tot windmolen.
- De rookpluim gaat nu in zijn geheel boven de windmolen uit: er is dan geen beïnvloeding (figuur 4e).

Deze beschrijving geldt als de schoorsteen niet te ver **(tot 1,5 kilometer)**  van de windmolens af staat. Indien de schoorsteen op grotere afstand staat, dan zal de windmolen de pluimverspreiding minder sterk beïnvloeden en de beïnvloeding die er is, leidt dan vaker tot iets lagere concentraties, omdat de pluim (die dan breed is) nog verder verbreed (dus verdund) zal worden. Hoe groter de afstand van de schoorsteen tot de windmolen, hoe kleiner de beïnvloeding zal zijn.

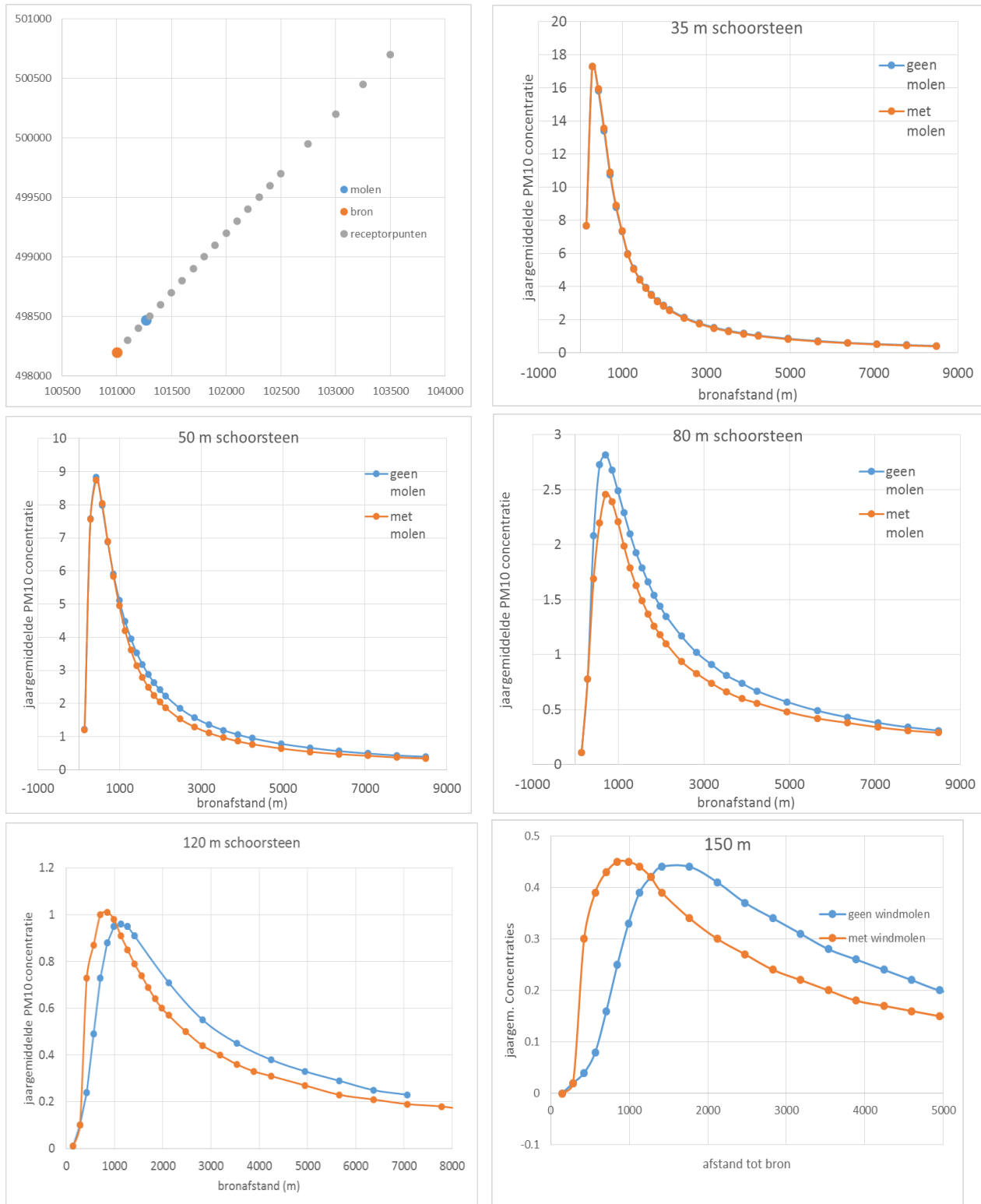
p.s.: In figuur 4 gaat het om een schematische weergave van het verspreidingsproces. Het is dus geen resultaat van berekeningen. Figuur 5 is wel gebaseerd op verspreidingsberekeningen met STACKS. Het effect van de windmolen op de verspreiding van rookpluimen is sterk afhankelijk van de onderlinge afstand. Dit wordt in hoofdstuk 9 verder uitgelegd.

Als een check op de implementatie in de rekencode van STACKS is voor diverse bronhoogte berekend wat het verschil is tussen de uitkomsten zonder en met windmolen. Dit is in de volgende figuren gedemonstreerd. Hiervoor is een bron genomen van 35, 50, 80, 120 of 150 m, 1 MW warmte en geplaatst ten zuidwesten van een windmolen (120 m hoog, diameter 115 m), zie figuur 5.

concentratie) is het effect van de windturbine dus nul: de emissie is dan al uniform verdeeld over de menglaag. Het verdunningsproces zelf hangt natuurlijk niet af van een receptorpunt.



Figuur 4. Verschillende mogelijke combinaties van een rookpluim met het zog van een windmolen; de schoorsteen bovenwinds van de windmolen. In situatie c en d wordt beïnvloeding verondersteld.



Figuur 5. Effect van een windmolen (hoogte 120m, rotordiameter 115 m) op het (jaargemiddelde-2007) concentratie verloop van ZW→ NO bij diverse schoorsteenhoogtes. Afstand bron-windmolen ong. 380 m. Links boven: posities van de schoorsteen en receptorpunten op een lijn zuidwest → noordoost dus.

Voor genoemde 5 bronhoogten is voor het jaar 2007 berekend wat de concentraties zijn over een lijn van zuidwest naar noordoost tot een afstand van 7 km, zie figuur 5.

Uit deze figuur 5 blijkt dat de windmolens op lage bronnen geen noemenswaardige invloed hebben. **Naarmate de bron hoger wordt, wordt de invloed duidelijker: de pluim komt eerder aan de grond, veroorzaakt daar duidelijk hogere concentraties**, maar verder windwaarts zijn de concentraties juist lager door de extra turbulentie van het zog. **Voor hoge bronnen is duidelijk dat de invloed heel sterk is: tot op 1,5 km afstand van de bron zijn de concentraties veel hoger dan zonder de windmolens en voor grotere afstanden aanzienlijk lager.**

Schoorstenen zonder warmte inhoud kunnen de effecten iets verschillen van wat hier is getoond: immers dan is er van een pluimstijgeffect geen sprake en blijft over dat de windsnelheid achter de windmolen lager is en dat er meer verdunning is.

Afhankelijk van de hoogte van de pluim en de hoogte van de windmolen kunnen dan de volgende dingen gebeuren (zie figuur 6) indien de schoorsteen benedenwinds staat van de windmolen:

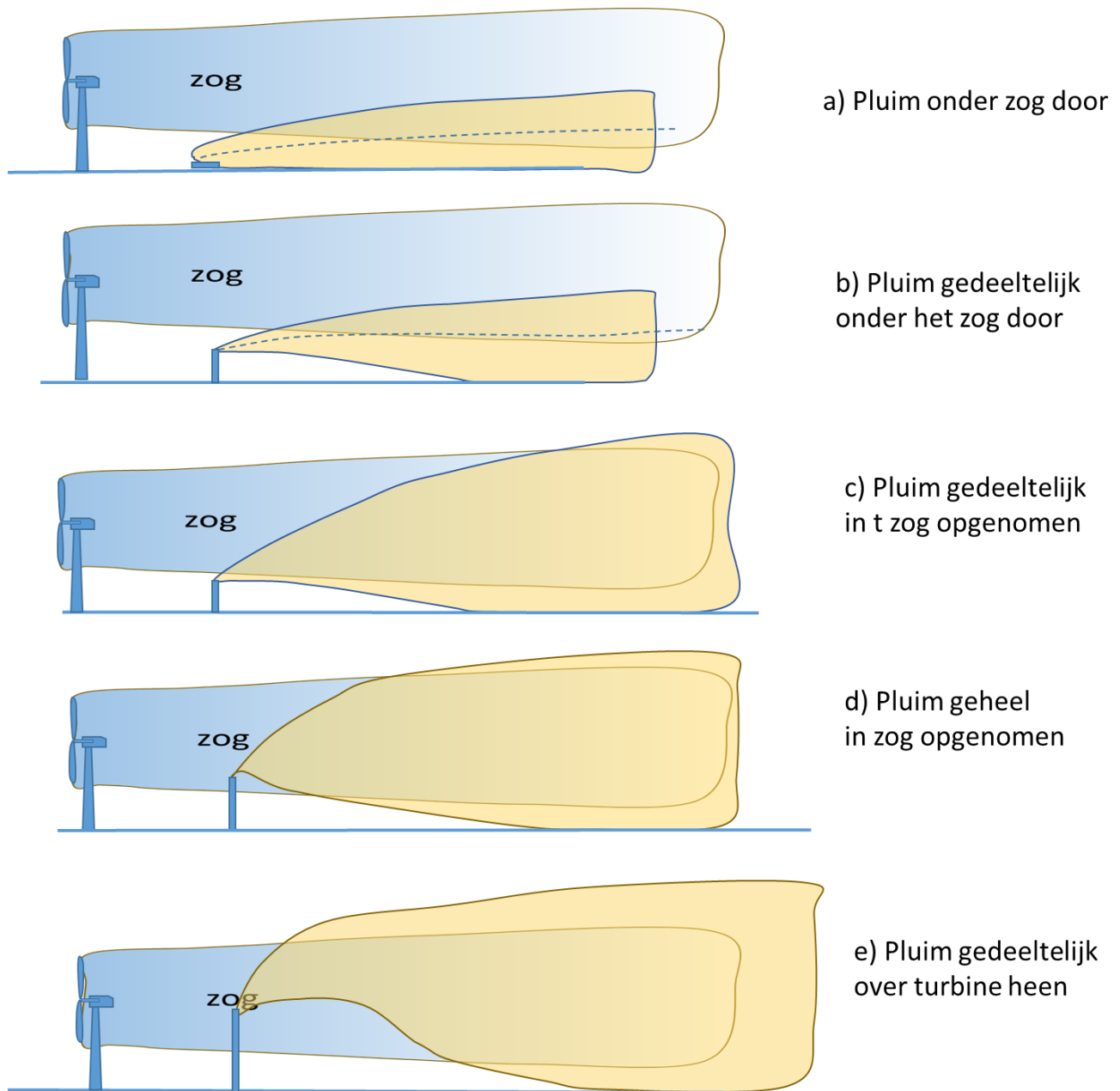
- De pluim is zo laag dat deze onder het zog door waait: er is dan geen beïnvloeding door de windmolen (figuur 6a).
- De pluim waait gedeeltelijk onder het zog door: er wordt dan ook geen beïnvloeding door de windmolen verondersteld (figuur 6b).
- De pluim waait gedeeltelijk onder en gedeeltelijk door het zog: de pluim wordt door het zog versneld naar boven toe verdund. Er is dus een gedeeltelijke beïnvloeding door de windmolen (figuur 6c). Bij een warme pluim wordt de hoogte van de pluim berekend door de rookpluim stijging te berekenen met de aangepaste wind turbulentieparameters in het zog. Dit is mogelijk met STACKS omdat de pluimstijging 'incrementeel' wordt berekend. Dat wil zeggen dat de stijging steeds wordt berekend in stapjes van 10 m hoogte. In elk luchtlaagje van 10 m wordt gekeken naar de daar heersende windsnelheid en turbulentie intensiteit. Door deze waarden in het zog aan te passen aan de condities in het zog kan zo de pluimstijging worden berekend, rekening houdend met de hogere turbulentie (waardoor minder stijging) en lagere windsnelheid (waardoor meer stijging) in het zog van de turbine. De turbulentie en de transportsnelheid van de pluim worden nu aangepast en berekend door een gewogen **gemiddelde** te nemen van de waarde in het zog en de waarde voor het zog met als weegfactoren de afstand van schoorsteen tot receptorpunt en de zoglengte. De berekening van de pluimverdunning is dus afhankelijk van welk receptorpunt het betreft en dus van de afstand die de pluim vòòr en in het zog heeft afgelegd.
- De pluim komt direct geheel in het zog terecht (figuur 6d): de pluim wordt door het zog versneld verdund. Een rookpluim die op die plaats nog warmer is dan de omgevingslucht, zal anders stijging in het zog, dan een vrije pluim. De pluimstijging wordt hier stapsgewijs (per hoogtestap van 10 m) berekend met de turbulentieparameters en de windsnelheid in het zog op elke hoogte. Als de pluim uitstijgt boven het zog, worden weer de 'normale'

omgevingsparameters gebruikt om de verdere stijging te berekenen. Ten opzichte van een vrije pluim zal de rookpluim minder of meer stijgen in de atmosfeer, afhankelijk van wat het sterkste effect is: de sterkere turbulentie of de lagere windsnelheid.

- De pluim waait gedeeltelijk boven het zog over en gedeeltelijk door het zog (figuur 6e). Hier wordt op dezelfde wijze gerekend als wanneer de pluim gedeeltelijk onder de turbine doorwaait. Ook hier wordt een gewogen **gemiddelde** genomen van de waarde in het zog en de waarde vòòr het zog met als weegfactoren de afstand van schoorsteen tot windmolen en afstand van receptorpunt tot windmolen.
- De situatie dat de rookpluim geheel boven de windmolen uitstijgt, maakt dat er dan weer geen beïnvloeding is (niet in de figuur weergegeven).

Deze beschrijving geldt als de schoorsteen niet te ver (tot een 1,5 kilometer) van de windmolens af staat. De rookpluim komt dan immers niet meer in het zog terecht en de windsnelheid is op die afstanden weer ongeveer normaal geworden: het zog is uitgedempt. Indien de schoorsteen op grotere afstand staat, dan zal de windmolen de pluimverspreiding veel minder beïnvloeden en de beïnvloeding die er is, leidt dan voornamelijk tot iets lagere concentraties, omdat de pluim (die dan al breed is) misschien nog verder verbreed (dus verdund) zal worden.

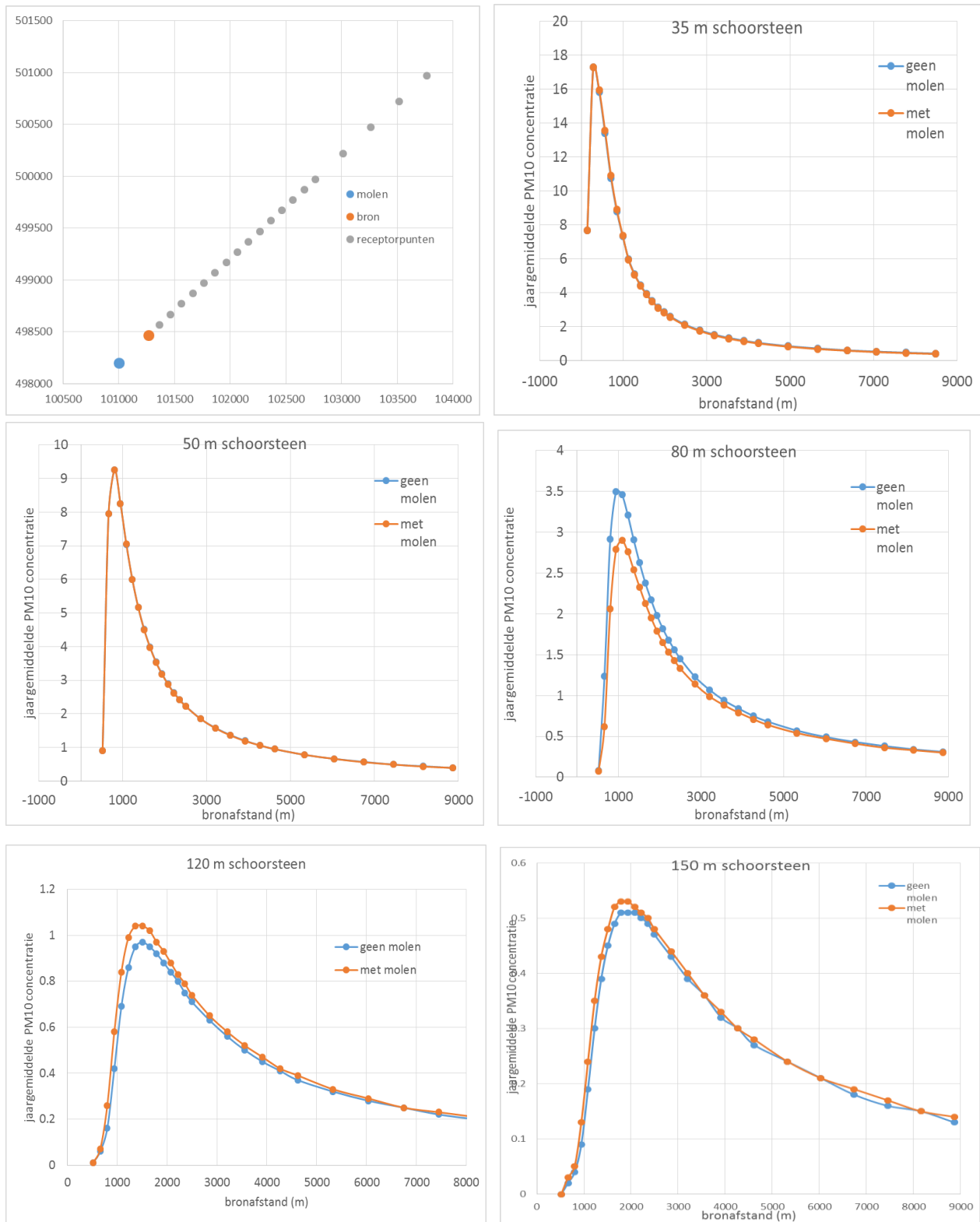
p.s.: In figuur 6 gaat het om een schematische weergave van het verspreidingsproces. Het is dus geen resultaat van berekeningen. Figuur 7 is wel gebaseerd op berekeningen.



Figuur 6. Verschillende mogelijke combinaties van een rookpluim met het zog van een windmolen; de schoorsteen benedenwinds van de windmolen; kwalitatieve weergave).

Als een check op de implementatie in de rekencode van STACKS is voor diverse bronhoogte berekend wat het verschil is tussen de uitkomsten zonder en met windmolen. Hiervoor is een bron genomen van 35, 50, 80, 120 of 150 m, 1 MW warmte en geplaatst ten zuidwesten van een windmolen (120 m hoog, diameter 115 m), zie figuur 7.

Voor genoemde 5 bronhoogten is voor het jaar 2007 berekend wat de concentraties zijn over een lijn van zuidwest naar noordoost tot een afstand van 7 km, zie figuur 7.



Figuur 7. Effect van een windmolen op het (jaargemiddelde- 2007) concentratie verloop van ZW→ NO. Afstand bron-windmolen ong. 380 m, hoogte windmolen 120m, rotordiameter 115 m. Links boven: posities van de schoorsteen en receptorpunten op een lijn zuidwest → noordoost dus.

Uit deze figuur 7 blijkt ook hier dat de windmolens op lage bronnen weinig tot geen invloed hebben. In de figuur is het niet te zien, maar door de afgenomen windsnelheid in het zog van de turbine, kunnen de concentraties licht verhoogd zijn. Naar mate de bron hoger wordt, wordt de invloed beter zichtbaar. Eerst is het effect licht concentratie verlagend: het effect van de hogere pluimstijging is iets groter dan het effect van de extra turbulentie. Bij nog hogere schoorstenen doet de hogere pluimstijging niet veel meer en maakt het effect van de versterkte turbulentie dat de concentraties licht verhoogd zijn. De effecten zijn hier echter een stuk minder dan wanneer de schoorsteen bovenwinds staat van de windmolen.

Bij schoorstenen zonder warmte inhoud kunnen de effecten iets verschillen van wat hier is getoond: immers dan is er van een pluimstijgeffect geen sprake en blijft over dat de windsnelheid achter de windmolen lager is en dat de dispersie daar sterker is. En bij schoorstenen met een grotere warmte emissie zullen de effecten anders zijn. Bovenstaande analyse is uitgevoerd om een goede werking van het rekenmodel aan te tonen.

4.4 Keuzen in invoer en modelparameters

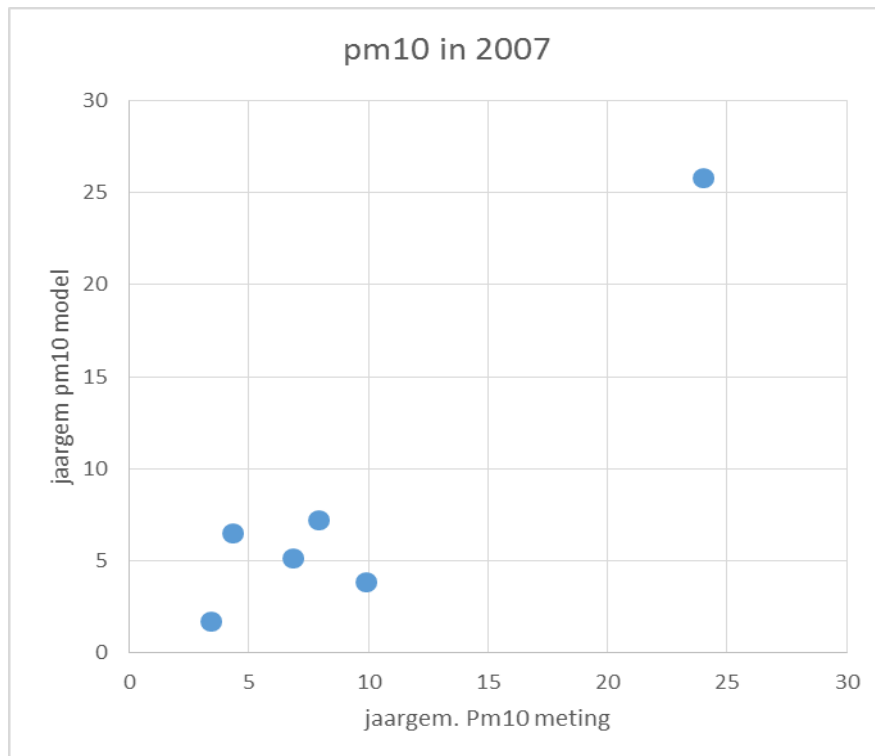
De uitkomsten van de berekeningen kunnen gevoelig zijn voor keuzen die zijn gemaakt, zowel bij de invoerdata als bij de modelparameters.

4.4.1 De invoer

De emissies van Tata Steel zijn gedetailleerd in de berekeningen opgenomen. Daarbij is ervan uitgegaan dat de productie in 2018 8/7 maal hoger (volgens opgave Tata Steel) is dan in 2015. Deze factor is in de emissies verwerkt en werkt lineair door naar de berekeningsresultaten. De belangrijkste emissies betreffende fijnstof emissies (PM10). Zowel de puntbronnen als de open oppervlaktebronnen zijn als invoer gebruikt: de puntbronnen omvatten in totaal 405 ton/jaar PM10 en **de oppervlaktebronnen omvatten 1404 ton totaal stof (waarvan een deel PM10 is). Van deze laatste zijn niet alle bronnen bij de berekeningen meegenomen; de kleinste bronnen zijn verwaarloosd, zodat de totale stof emissie voor de berekeningen 61 ton minder is: 1343 bedraagt.** Het aandeel PM10 hierin is volgens opgave van Tata Steel 20%. Echter om het rekenmodel te verifiëren zijn de uitkomsten met metingen uit 2007 vergeleken. Voor dat jaar heeft DCMR een vergelijking gemaakt tussen berekeningsuitkomsten en metingen en in deze studie is daar gebruik van gemaakt. De documentatie hiervan bevat alle invoergegevens voor modelberekeningen. Deze zijn gebruikt om STACKS met deze metingen te valideren. Het STACKS rekenmodel is daarom gedraaid voor het jaar 2007 (met de meteorologie van 2007). De uitkomsten van het model komen goed overeen met de metingen als we een iets hoger aandeel PM10 in het totaalstof van de open bronnen aannemen, namelijk 25%, zie figuur 8.

In de studie van DCMR is geconcludeerd dat de berekende concentraties lager zijn dan de gemeten waarden. Dat heeft meegespeeld bij de keus voor een hoger aandeel PM10 (dan het gangbare 20%) voor diffuse (open) bronnen in de huidige studie.

De ruwheid die is gebruikt bij deze validatie-berekeningen is gekozen op 0,35 m. Deze waarde komt overeen voor een gebied rond de kolen- en erts opslagen. Deze keus is gemaakt om met name de metingen in de lijn van de grote opslagen richting IJmuiden goed te kunnen berekenen. Volgens de PreSRM is de ruwheid voor dit gebied 0,35m. De berekeningen voor het toetsjaar 2018 worden voor een veel ruimer gebied uitgevoerd; het gaat dan om de woonkernen van IJmuiden, Velzen-Noord en Velzen Zuid, Wijk aan Zee ne Beverwijk. Bij dit gebied (omvang 7 x 7 km) hoort een ruwheid van 0,8 m volgende PreSRM. Voor dit gebied zijn ook contourplot gemaakt voor alle stoffen. Daarbij is steeds de waarde van 0,8 m gebruikt.



Figuur 8. Vergelijking van gemeten PM10 concentraties met berekende waarden (zonder windmolens) voor het jaar 2007. Metingen afgeleid uit DCMR (2011).

De open stofbronnen kunnen als oppervlaktebronnen worden doorgerekend. Nadeel hiervan is dat de dimensies van de oppervlaktebronnen aan beperkingen onderhevig zijn: de verhouding tussen lengte en breedte dient bij voorkeur tussen 0,4 en 2,5 te zijn. Dat is soms lastig voor een aantal bronnen: de verhoudingen vallen soms buiten de aangegeven waarden van 0,4 en 2,5 en sommige hebben meer het karakter van lijnbronnen. Bovendien is de combinatie met het verstorend gedrag van windmolens moeilijk in het rekenmodel op te nemen. Daarom is ervoor gekozen om de open bronnen als series van puntbronnen op te nemen in de invoer bestanden. In bijlage C is aangegeven met hoeveel puntbronnen elke oppervlaktebron is benaderd. In het rekenmodel zijn vergelijkende berekeningen uitgevoerd voor enkele oppervlaktebronnen en de puntbron benadering om te zien of hier significante verschillen zijn waar te nemen. De verschillen

zijn voor vierkante oppervlaktebronnen nihil, maar voor langgerekte oppervlaktebronnen (bv 100x800) kunnen de verschillen 10-30% zijn. Een reden te meer om de voorkeur voor een serie puntbronnen te geven.

Ter verificatie zijn ook de emissies (en de opgegeven PM10 fracties) uit de studie van DCMR uit 2011 met het model doorgerekend. De uitkomsten en conclusies zijn dan dezelfde: rekenen met een aandeel 25% PM10 in het totaal stof (in plaats van 20%) is nodig om overeenstemming met de metingen te krijgen.

4.4.2 Modelparameters

In het rekenmodel is een aantal aannamen gedaan om de werkwijze in een gaussisch pluimmodel te kunnen formuleren. Het gaat dan om de keuze van windsnelheid, turbulentieparameters en de vraag wanneer een pluim in het zog wordt opgenomen en wanneer niet.

De windsnelheid wordt berekend conform de rekenregels voor het zog (zie bijlage B). Naar mate de schoorsteen verder weg in het zog staat, wordt de windafname in het zog minder. Direct achter de windmolen is de windsnelheid ruwweg de helft van die in de omgeving; ver weg (1,5 km) achter de turbine is het effect weer nihil. De windsnelheid die wordt gebruikt voor de (pluimstijging en) concentratieberekening is dan deze berekende waarde.

Voor het berekenen van de verdunning van de pluim zijn turbulentieparameters nodig. Deze worden berekend zoals in bijlage B is aangegeven. In tegenstelling tot de windsnelheid in het zog, zijn de turbulentieparameters als vaste waarden berekend voor het zog, dicht achter de turbine.

De waarden die worden gebruikt voor de concentratieberekening zijn plaats afhankelijk, waarbij wordt gemiddeld tussen de waarde in het zog en de waarde na het zog. De middeling geschiedt dan op grond van de afstand van de schoorsteen en het receptorpunt in het zog. Naar mate schoorsteen en receptorpunt verder weg van de windmolen staat wordt de waarde achter het zog meer gekozen en die in het zog juist minder.

De pluimhoogte wordt aangepast aan de mate dat de pluim in het zog wordt opgenomen. De aangepaste **pluimhoogte is een gewogen gemiddelde** van turbinehoogte en zwaartepunt van de oorspronkelijke pluimhoogte. De weegfactoren hierbij zijn de (verticale) breedte van het zog en de breedte van de pluim ter plaatse. Deze aanpassing van de pluimhoogte vindt plaats als de pluimas (geprojecteerd op het horizontale vlak) binnen de diameter van de rotor komt. Dit is een conservatieve aanname: in werkelijkheid zal er minder vaak beïnvloeding kunnen plaatshebben.

De pluimafmetingen worden bepaald door de waarde van sigma-y (de horizontale pluim) en sigma-z (de verticale pluim). Beide parameters zijn in het zog groter dan erbuiten en zorgen dus voor versnelde verdunning van de pluim. De waarden worden berekend door een optelling van de bijdrage door de (veronderstelde) onmiddellijke opmenging in het zog en effect van de versterkte turbulentie die de pluim windwaarts (sneller) breder laat maken.

Om te bepalen of een pluim in het zog wordt opgenomen of niet worden de volgende criteria gebruikt. De pluim komt direct in het zog indien:

- In het horizontale vlak: afstand pluimas tot turbineas $< \text{halve rotordiameter} + 0.1 * (\text{afstand schoorsteen tot windmolen})$ en
- In het verticale vlak: $\text{Abs}(\text{schoorsteenhoogte-turbinehoogte}) < 0.5 * \text{rotordiameter}$,
- afstand van de schoorsteen tot de windmolen $< \text{zoglengte}$, en
- de schoorsteen staat benedenwinds van de windmolen

De pluim komt via de windmolen in het zog indien:

- de schoorsteen staat bovenwinds van de windmolen
- In het horizontale vlak: afstand pluimas tot turbineas $< \text{halve rotordiameter} + 0.1 * (\text{afstand schoorsteen tot windmolen})$ plus halve pluimbreedte
- In het verticale vlak: $\text{Abs}(\text{Schoorsteenhoogte-turbinehoogte}) < 0.5 * \text{rotordiameter}$
- Hoogte massazwaartepunt rookpluim (het midden dus) $> \text{onderste punt rotordiameter}$
- Hoogte massazwaartepunt rookpluim (het midden dus) $< \text{bovenste punt rotordiameter}$
- Halve pluimbreedte is kleiner dan rotordiameter (heel brede pluimen worden verondersteld niet erg beïnvloed te worden door de windmolen)

Indien de menghoogte lager is dan de top van de rotordiameter, dan wordt de mate waarin een pluim boven de menglaag uitkomt (de zogenaamde penetratie) berekend uit welk deel van de pluim boven de top van rotordiameter in plaats van boven de menglaag uitkomt. De penetratiefraction wordt dus bijgesteld (verlaagd, er blijft meer van de pluim in de menglaag).

4.4.3 Kustlijn fumigatie

Omdat Tata Steel en de bijbehorende bronnen dicht bij de kust liggen, kan de zogenaamde kustlijn fumigatie een rol spelen. In de literatuur zijn aanwijzingen gerapporteerd dat dit effect een grote rol kan spelen bij de verspreiding van rookpluimen uit schoorstenen die dicht bij de kust liggen. Om die reden is dit aspect bij deze studie meegenomen. Kort gezegd komt het erop neer dat de nabijheid van de zee ervoor kan zorgen dat de menghoogte bij wind van zee de eerste kilometers landinwaarts beduidend lager is dan de 'normale' modellen voor landinwaartse situaties berekenen. **Dat betekent dat rookpluimen die nabij de kust worden geëmitteerd in een veel dunnere luchtlaag worden verspreid, waardoor de concentraties veel hoger kunnen zijn.** Bovendien kunnen rookpluimen die zich boven de menglaag bevinden landinwaarts toch weer in de menglaag terecht komen: dit laatste proces wordt fumigatie genoemd (zie figuur 9).

Van belang is daarbij de groei van de menglaag (in het Engels: thermal internal boundary layer: TIBL) te berekenen afhankelijk van de windsnelheid en de mate van convectie (thermiek) boven land: vaak wordt een afstandsafhankelijke functie genomen.

In formule wordt de hoogte van de menglaag $h=A_0 \sqrt{x}$, waarbij x de afstand tot de kustlijn is. Voor A_0 zijn diverse (min of meer empirische) waarden of functies in de literatuur bekend. In STACKS wordt gebruikt: $A_0 = 20 \cdot \sqrt{(H_0 / (\rho c_p g u_z))^{0.5}}$. De versnelling door de zwaartekracht is g ; u_z de windsnelheid op hoogte z . ρ is de soortelijke massa van lucht en c_p soortelijke warmte van lucht bij constante druk p . De constante (20) is zo gekozen dat bij redelijke conservatieve omstandigheden (bodem warmte flux $H_0=300 \text{ W/m}^2$ en windsnelheid 3 m/s) de menglaaghoogte op ongeveer 10 km van de kust ongeveer 1000 m of meer is, met andere woorden: dan is weer de land-waarde heeft benaderd. Deze constante is aanzienlijk hoger dan in de literatuur vermeld is. Waarom een lage constante is gekozen door de auteurs is niet gemakkelijk te achterhalen. Het kan zijn dat het TIBL model is gefit op een hele kleine dataset, in een omgeving die bovendien sterk afwijkt van de Nederlandse kust.

Het effect ervan is nagegaan voor de fijn stof concentraties (voor het merendeel lage bronnen) en voor CO (vooral hogere bronnen), zie tabel 1.

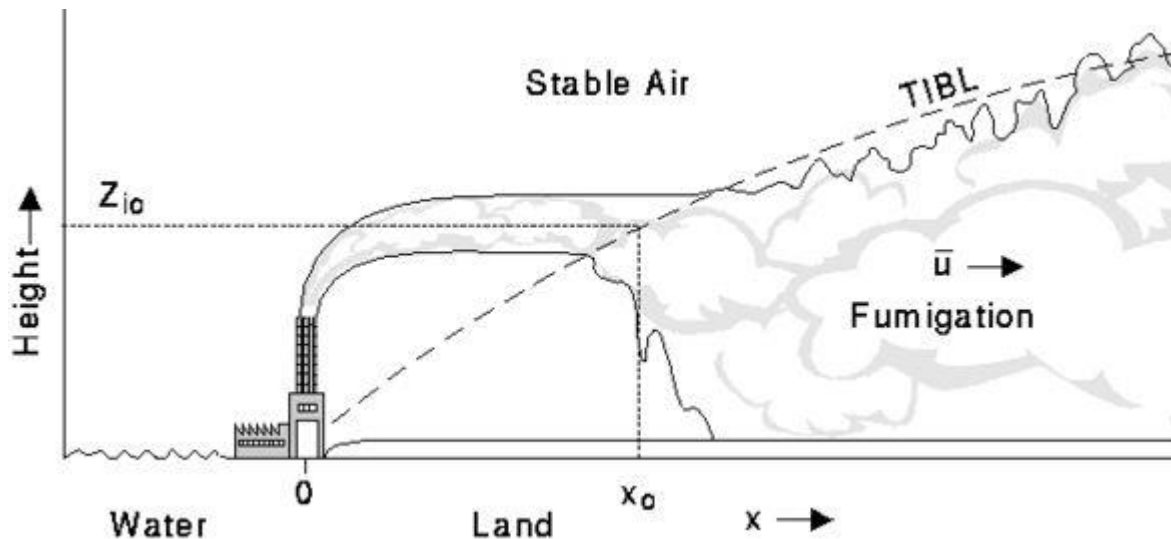
Tabel 1: jaargemiddelde concentraties voor de bronbijdragen op 6 punten nabij Tata. Jaar: 2007, berekend met en zonder het effect van kustlijnfumigatie (TIBL).

Locatie (x,y coördinaten)		CO		PM10	
		met TIBL	geen TIBL	met TIBL	geen TIBL
101624	497549	59.26	59.27	6.79	6.79
101701	500986	144.26	144.26	5.72	5.72
101484	500553	181.77	181.77	7.95	7.95
101200	498500	114.68	116.61	23.39	23.43
104250	500400	56.49	58.83	1.95	1.97
103156	499880	102.33	106.73	4.42	4.46

Uit de tabel 1 kan afgeleid worden dat het effect van de TIBL verwaarloosbaar is. Nader beschouwing leert dat dit enerzijds komt omdat er voor PM10 veel lage bronnen zijn en daar heeft de TIBL geen invloed op. Anderzijds is het aantal uren waarin aan de TIBL voorwaarden is voldaan niet groot (ruwweg 3% van het jaar): het effect treedt dus niet vaak op. Het effect is overigens niet zo dat het concentratie-verhogend werkt: door de menghoogte-verlaging (TIBL effect) zullen de pluimen uit grote en hoge Tata Steel schoorstenen vaker boven de (lagere TIBL-) menglaag uitstijgen en dus lagere grondconcentraties veroorzaken. Dit effect is sterker dan het 'invangen' van de pluim in een lagere (TIBL-) menghoogte waardoor de concentraties juist hoger zouden kunnen zijn.

Het effect van kustlijn fumigatie is verwaarloosbaar en is in de berekeningen niet meegenomen.

⁵ Afgeleid van het Csiro model: <http://www.cmar.csiro.au/airquality/coastfume/>



Figuur 9. Kustlijn fumigatie: door de toenemende menglaaghoogte kunnen rookpluimen in de menglaag gevangen worden. De menglaag is een functie van de afstand tot de kust.

5 De emissies van Tata Steel

5.1 Stofemissies

De stofemissies bestaan voor een deel uit emissies uit duidelijke (min of meer continue) puntbronnen en voor een deel uit open diffuse bronnen. Beide bronsoorten zijn in het rekenmodel meegenomen. Door Tata Steel zijn de emissies op een hoog detailniveau verstrekt. Daarbij zijn de waarden gebruikt uit 2014, die aan de provincie Noord-Holland zijn gerapporteerd. In bijlage C zijn de emissies van alle stoffen gegeven, die in deze studie zijn gebruikt. Voor de puntbronnen zijn de posities van de emissies bekend, van de open bronnen en diffuse bronnen zijn de locaties in samenspraak met Tata Steel vastgesteld. De afmetingen zijn bepaald aan de hand van de kaarten en Google satellietopnamen. De inventarisatie omvat ook de fakkels die voor een beperkte tijd gas afblazen. De open bronnen en diffuse bronnen zijn op 5 m hoogte gesteld (enkele andere hoogten zijn ook door gerekend, maar dit maakt geen merkbaar verschil in de uitkomsten) en deze zijn allen als series van puntbronnen in het model ingevoerd. In bijlage C zijn de emissies en andere bronkenmerken gegeven.

5.2 Overige emissies

Van de overige stoffen zijn de emissies bepaald aan de hand van het jaaroverzicht dat Tata Steel in het milieu jaarrapport (2014)⁶ vermeldt. Het gaat dan om SO₂, NO_x, CO, NH₃, Hg (kwik), Cd

⁶ Het milieu jaarrapport is onderdeel van de digitale rapportage naar overheden toe (provincie en RIVM)

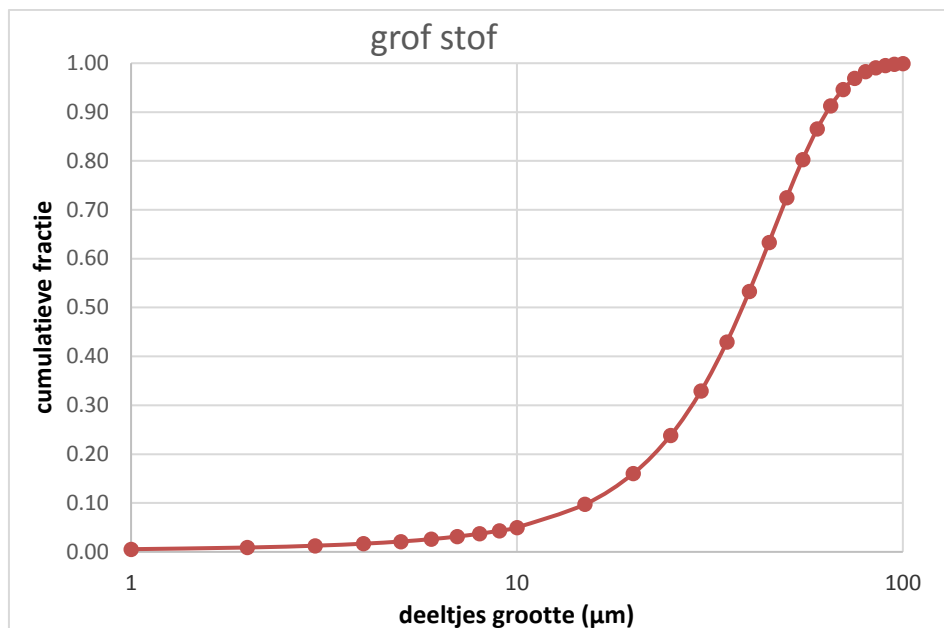
(cadmium) en Pb (lood). Tenslotte zijn ook de geuremissies geïnventariseerd en gebruikt om de geurbelasting in de omgeving te bepalen. Dat geschiedt dan door een zogenaamd 98-percentiel te berekenen. Dit is de **uurgemiddelde** concentratie die in 2% (100-98) van de tijd overschreden wordt.

6 Grof stof

Uit milieumeldingen van Tata Steel en de omgeving wordt duidelijk dat er naast fijn stof en gasvormige emissies ook sprake kan zijn van grof stof. Vanuit de werkgroep is onder meer melding gemaakt van metaaldeeltjes en dan met name vanuit de Velserkom. Volgens Tata Steel worden er geen metaaldeeltjes door Tata Steel geëmitteerd. Er zijn wel incidenten bekend dat er metaal- of roestdeeltjes op een woonboot terecht komen. **Wat het karakter hiervan is (deeltjesgrootte, samenstelling en frequentie van het vrijkomen ervan), is onbekend zodat er met het rekenmodel geen berekeningen gedaan kunnen worden.** In overleg met Tata Steel is besproken welke bronnen dan grove deeltjes (die op metaaldeeltjes lijken) kunnen emitteren en wat dan de deeltjesgrootten van deze deeltjes kunnen zijn. In dit overleg is vastgesteld dat deeltjes met grootte van 10-100 μm het meest waarschijnlijk zouden kunnen zijn. **Metingen van deeltjesgrootten zijn niet voorhanden. Grotere deeltjes dan 100 μm zullen het bedrijfsterrein niet snel af komen, want deze dalen zo snel neer dat transport tot buiten het Tata Steel terrein niet mogelijk is (valsnelheden zijn dan in de orde grootte van 1 m/s of meer). Kleinere deeltjes (<10 μm) vallen in de categorie fijn stof (PM10) en daarvan is de valsnelheid en de depositiesnelheid zo gering dat neerslag geen rol speelt: de depositie ervan beïnvloedt de concentraties niet.** Voor de deeltjesgrootteverdeling van grof stof is de volgende verdeling aangenomen, zie tabel 2 en figuur 10.

Tabel 2. Deeltjesgrootteverdeling van grof stof.

fractie no	diameter van	tot (μm)	gem diameter (μm)	relatief aandeel (%)
1	1	6	2.5	2.6%
2	6	10	8	2.4%
3	10	16	13	6.0%
4	16	22	19	8.1%
5	22	28	25	10.2%
6	28	35	31	13.7%
7	35	45	40	20.4%
8	45	58	51	20.7%
9	58	75	66	12.8%
10	75	100	87	3.1%



Figuur 10. Deeltjesgrootte verdeling van Tata Steel stof: aanname op basis van lognormale verdeling en bandbreedte 0-100 µm.

Van dit grof stof is geen concrete informatie bekend om welke emissie het gaat: het zijn immers geen bekende constante (of van de wind afhankelijke) emissies, maar het betreft waarschijnlijk emissies, die incidenteel op kunnen treden. Andere grof stof emissies (kolenopslag en andere materialen) kunnen plaatsvinden; daarom is nagegaan of stofneerslag door windmolens beïnvloed wordt. De vraag is dan of de windmolens de stofhinder in positieve of negatieve zin zou kunnen veranderen en niet om de hoeveelheid van dit grof stof precies te bepalen.

De concentratie en depositie (van dit stof) is berekend met STACKS. Hierin is het aantal stofklassen (dat normaal in het NNM 5 is) uitgebreid naar 10 om de deeltjesgrootteverdeling conform tabel 2 te kunnen doorrekenen. Als soortelijke massa van de deeltjes is 5 g/cm³ aangenomen. Hiermee zijn indicatieve berekeningen gedaan.

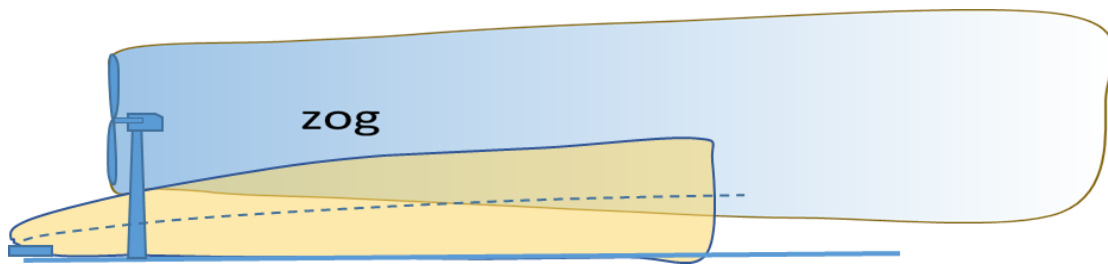
De berekeningen zijn uitgevoerd over de lijn van zuid naar noord over de oppervlaktebron heen tot een afstand van 5 à 6 km naar beide kanten, dus over IJmuiden en over Wijk aan Zee heen. Als periode die is doorgerekend is het jaar 2015 genomen. Voor deze tijd zijn dus alle uren met alle voorkomende weersomstandigheden doorgerekend. De resultaten (in procenten toe- of afname, het gaat immers om het relatieve effect van de windmolens) zijn in tabel 3 gepresenteerd. Er zijn heel kleine verschillen, maar deze verschillen zijn zo klein dat deze absoluut niet significant zijn. Het eventueel neerslaan van deeltjes vanaf het Tata Steel terrein wordt dus niet beïnvloed door de windmolens, volgens deze berekeningen.

Tabel 3. Effect van de windmolens op neerslag grof stof over de lijn zuid→ noord over het punt waar de middelste windmolen staat. Uitgedrukt in percentages (+ betekent toename; - betekent afname).

afstand	x-coord	y-coord	verschil
5403	102347	503784.2	0.00%
4828	102347	503208.8	0.00%
4303	102347	502683.9	0.00%
3825	102347	502205.3	0.00%
3388	102347	501768.8	0.00%
2990	102347	501370.7	0.00%
2627	102347	501007.6	0.00%
2296	102347	500676.5	0.00%
1994	102347	500374.5	0.00%
1718	102347	500099.1	0.00%
1467	102347	499847.9	0.00%
1238	102347	499618.8	0.00%
1029	102347	499409.9	0.00%
839	102347	499219.3	0.00%
665	102347	499045.5	0.00%
506	102347	498887	0.00%
362	102347	498742.5	0.00%
230	102347	498610.7	0.00%
110	102347	498490.4	0.01%
0	102347	498380.8	0.04%

afstand	x-coord	y-coord	verschil
0	102347	498380.8	0.04%
-110	102347	498271	0.05%
-230	102347	498150.9	0.08%
-362	102347	498019.1	0.07%
-506	102347	497874.6	0.07%
-665	102347	497716.1	0.06%
-839	102347	497542.3	0.01%
-1029	102347	497351.8	0.00%
-1238	102347	497142.8	0.01%
-1467	102347	496913.7	-0.05%
-1718	102347	496662.5	-0.09%
-1994	102347	496387.1	-0.01%
-2296	102347	496085.1	0.03%
-2627	102347	495754	-0.08%
-2990	102347	495390.9	-0.02%
-3388	102347	494992.8	-0.06%
-3825	102347	494556.3	0.05%
-4303	102347	494077.7	-0.03%
-4828	102347	493552.8	-0.09%
-5403	102347	492977.4	-0.06%
-6034	102347	492346.4	0.05%

Voor grotere deeltjes of zwaardere (dus hoger soortelijke gewicht) dan hier beschouwd, geldt dat deze dichter bij de bron neervallen. Als de deeltjes vanuit Velserskom inderdaad metaaldeeltjes zijn, dan zakken deze nog sneller uit dan hier berekend. Ze zijn minder gevoelig zijn voor atmosferische turbulentie: de valsnelheid ten gevolge van de zwaartekracht bepaalt het neervallen dan geheel; windmolens beïnvloeden dit niet. Voor deze deeltjes geldt dus: de windmolens zullen het valgedrag niet beïnvloeden, daarvoor zijn de windmolens te hoog. Extra verspreiding kan heel misschien nog wel plaatsvinden in het bovenste deel van de stofpluim àls dat deel van de pluim tenminste in het zog terecht komt, zie figuur 11. Waarschijnlijk is dat dus niet, omdat grof stof vrij snel zal neerdalen en dus normaliter niet in het zog terecht zal komen. Het gevolg zal zijn dat de concentraties en deposities door de windmolen niet beïnvloed zullen worden of, indien dat toch het geval is, een nauwelijks merkbare verandering zal geven (zie tabel 3). De berekeningen aan grovere (en zwaardere) deeltjes bevestigen dat.



Figuur 11. Lage emissies kunnen verder wind afwaarts deels (het hogere pluimdeel) eventueel worden opgenomen in het zog; gevolg: mogelijk wat extra verdunning, dus lagere concentraties en minder depositie.

Naschrift:

Eén detail in de modellering is aangepast ten opzichte van een eerdere versies van dit rapport en verdient hier met nadruk vermelding. Een diffuse bron (zoals een kolenopslag) wordt normaal in het NNM als een beperkt aantal lijnbronnen doorgerekend. Zo is dat voorgeschreven. Bij berekeningen zonder windmolens is dat dus de normale werkwijze en dat was hier aanvankelijk toegepast. Maar om het effect van windmolens te kunnen bepalen kan de diffuse bron beter als een serie puntbronnen worden benaderd. Wiskundig maakt het geen principiële verschil. Maar omdat er met een beperkt aantal benaderende lijn- respectievelijk puntbronnen gerekend wordt treden er verschillen op. Er kan immers maar een beperkt aantal bronnen doorgerekend worden. Omdat deze beide benaderingen zijn, geven ze niet precies hetzelfde resultaat. Deze verschillen zijn ver van de bron te verwaarlozen; dicht bij de bron zijn deze meer zichtbaar: tot maximaal 10%, zo is in de eerdere versies gemeld. Hierdoor gaven de uitkomsten in eerdere indicatieve berekeningen voor het Spuisluis windpark aan dat de stofneerslag dichtbij de bron tot 10% hoger zou kunnen zijn. Dit is dus geen reëel verschil, maar een artefact van het model zelf. In deze rapportversie is daarom de berekening van grof stof verbeterd. Dat is gedaan omdat een verschil van hoogstens 10% neerslag aan grof stof als niet erg significant werd gezien. De studie gaat immers vooral over PM10 en dat is relevant voor de gezondheid; grof stof veroorzaakt (alleen) hinder. Echter, vanwege het belang dat nu ook gehecht wordt aan de depositie van grof stof is hier de indicatieve berekening meer gedetailleerd uitgevoerd. Om de vergelijking tussen de situatie met en zonder de windmolens nauwkeuriger te beschouwen, zijn nu in beide gevallen de diffuse bronnen als puntbronnen benaderd. Daardoor is het verschil van maximaal 10% weggevallen en blijken de verschillen minder dan 0,1% te zijn.

7 Resultaten berekende PM10 concentraties

De concentraties PM10 zijn berekend voor de situatie in 2018 zonder de windmolens en met de windmolens, zodat het effect van de windmolens uit de vergelijking blijkt. Voor een aantal plaatsen in IJmuiden, Velsen, Beverwijk, Wijk aan Zee en Driehuis zijn de concentraties PM10 in tabel 4

gegeven. Daarin staan de jaargemiddelde concentraties en het aantal overschrijdingsdagen voor 18 locaties (zie ook figuur 12). Deze zijn gegeven zonder de correctie voor zeezout (voor het jaargemiddelde is dat $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en voor het aantal overschrijdingsdagen: 4 dagen). Voor toetsing aan de grenswaarden, mogen de cijfers verminderd worden met deze getallen. De reden hiervoor is dat de het ministerie I&M heeft bepaald dat zeezout geen schadelijk effect heeft op de gezondheid en dus niet bij toetsing aan de grenswaarde meegeteld hoeft te worden.

Uit de tabel kan worden opgemaakt dat er nauwelijks beïnvloeding is door de windmolens. Dit komt doordat alleen de bijdragen van Tata Steel bronnen door de windmolens beïnvloed kunnen worden; 80% van de concentraties komt van de achtergrond (dus van bronnen ver weg). De resterende 20% wordt voornamelijk bepaald door lage en diffuse bronnen: deze worden nauwelijks door de windmolens beïnvloed. Stof vanuit hoge schoorstenen kan wel door de windmolens tot hogere of lagere concentraties leiden, maar dan vooral op relatief korte afstand van de windmolens (tot 1,5 km, zoals in figuur 5 zichtbaar is). Hoge en lagere bronnen compenseren elkaar, waardoor het totaal effect (in deze situatie) vrijwel nul is.

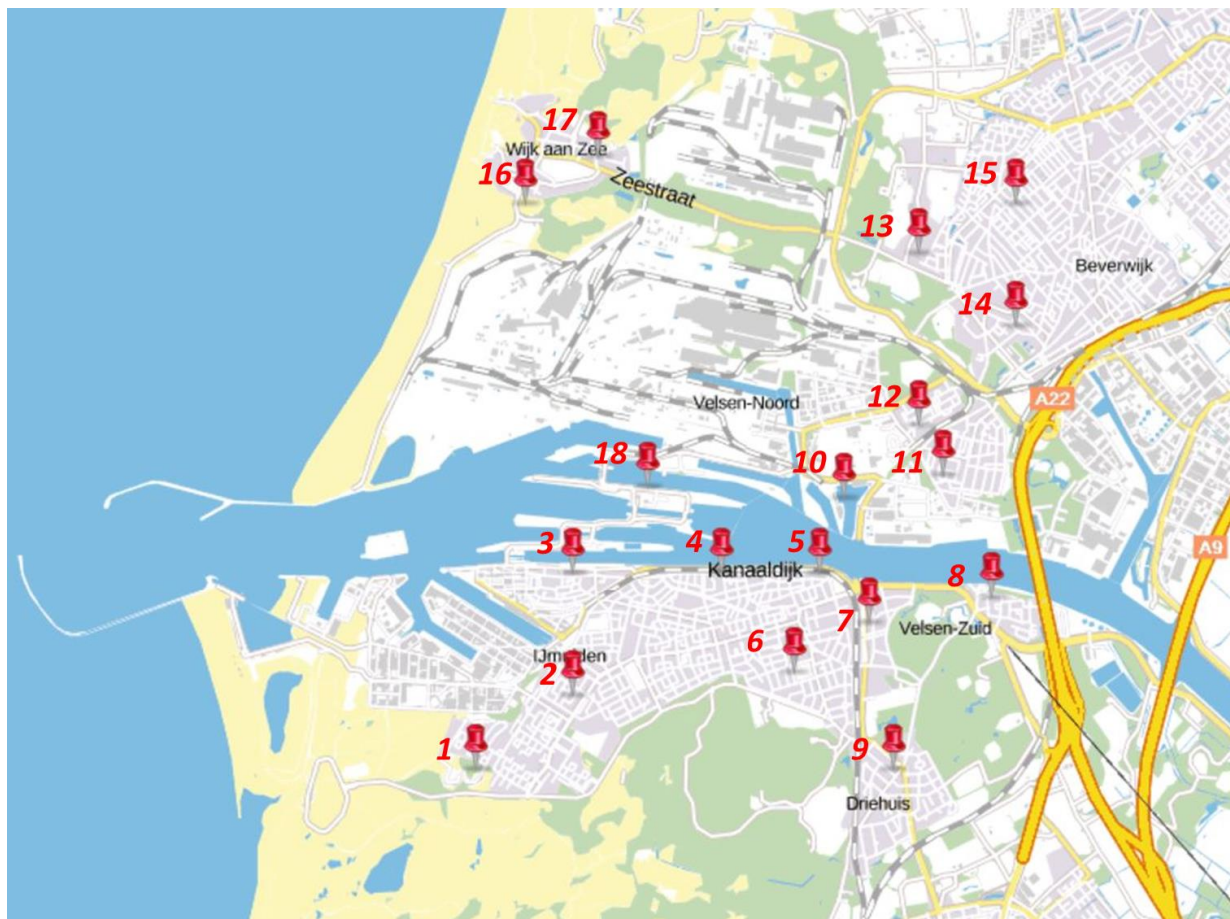
Tabel 4. PM10 concentraties op 18 locaties rond Tata Steel. Met of zonder de windmolens in 2018.

				jaargemiddelde concentraties		overschrijdingsdagen	
	Locaties			PM10	PM10	pm10	pm10
	naam	X	Y	zonder	met	zonder	met
1	IJmuiden ZW	100600	496000	21.1	21.1	8.8	8.8
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	22.1	22.1	9.3	9.3
3	vissershavenbuurt	101400	497600	24.1	24.1	13.0	13.0
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	22.8	22.8	9.9	9.8
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	22.2	22.2	9.1	9.2
6	Zandershof	103200	496800	21.5	21.5	8.7	8.7
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	22.6	22.6	9.7	9.7
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	21.6	21.6	8.5	8.5
9	Driehuis	104000	496000	21.2	21.2	8.6	8.6
10	woonboot	103600	498200	23.2	23.2	10.2	10.2
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	22.9	22.9	9.7	9.7
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	23.3	23.3	10.1	10.1
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	22.8	22.8	10.1	10.1
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	22.4	22.4	9.7	9.7
15	beverwijk centrum	105000	500600	22.4	22.4	9.7	9.7
16	wijk a zee zuid	101000	500600	25.7	25.7	22.4	22.4
17	wijk a zee centrum	101600	501000	23.1	23.1	12.2	12.2
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	25.9	25.8	20.9	20.9
	gemiddeld			22.8	22.8	11.1	11.1
	grenswaarde			40	40	35	35

Uit deze tabel valt voorts op te maken dat:

- De jaargemiddelde concentraties nauwelijks stijgen of dalen,
- Het aantal overschrijdingen van de daggemiddelde concentratie (50 ug/m3) niet toe of afneemt (de norm is maximaal 35 dagen per jaar)
- Er kleine lokale verschillen zijn,
- De invloed van de windmolens nergens leidt tot overschrijding van grenswaarden.

De berekende PM10 concentraties zijn als contourplots gegeven in bijlage E voor een gebied van 7 x 7 km, zodat alle woonkernen in de kaartjes zichtbaar zijn.



Figuur 12. Locaties waarvoor effect windmolens is berekend (zie verder tabel 4).

8 Overige stoffen

De effecten van de windmolens bij de overige stoffen is sterk afhankelijk van de verdeling van de emissies over hoge en lagere bronnen. Ook de positie van een bron ten opzichte van de windmolens is van groot belang. Dit is uitgelegd bij in hoofdstuk 4. En last but not least: de bijdrage van achtergrondconcentraties op de niveaus is natuurlijk ook van groot belang. Geur bijvoorbeeld wordt altijd berekend zonder achtergrond en zal daarom een groter effect van de windmolens laten zien. Bovendien wordt geur altijd beoordeeld op percentielwaarden en niet op een jaargemiddelde. Een hoger percentiel (zoals het 98-percentiel) is een stuk gevoeliger voor veranderingen in de verspreiding dan het jaargemiddelde. Er is dus geen algemene conclusie te trekken dat de windmolens de concentraties met x% verhogen of verlagen.

De berekeningsresultaten staan voor elke stof op 18 locaties in bijlage D.

Voor ammoniak (NH_3) en NO_2 is de achtergrond zo dominant en de bijdrage van Tata Steel erg laag, waardoor er geen effect van de windmolens is aangetoond.

Voor CO is de achtergrond ook dominant, maar de bijdrage van Tata Steel is niet verwaarloosbaar. Dat maakt dat het 98-percentiel van punt tot punt verschillen laat zien; echter de verschillen de situatie met en zonder de windmolens zijn gering. Deze niveaus blijven een factor 3 onder de grenswaarde.

SO_2 is afkomstig uit vrijwel uitsluitend puntbronnen (niet diffuus), vaak ook hogere schoorstenen. De bijdrage van Tata Steel is significant in de omgeving en het effect van de windmolens is ook hier niet sterk: gemiddeld ongeveer 1% afname. In bijlage F is een meer gedetailleerde analyse van de bijdragen van de SO_2 bronnen gegeven. Nergens zijn er overschrijdingen van grenswaarden (zie bijlage D). De SO_2 waarden zijn niet gecorrigeerd voor de dubbeltelling. Hierdoor zijn de berekende concentraties (zeker op het Tata Steel terrein) te hoog berekend. Maar omdat de concentraties desondanks nog relatief laag zijn (ten opzichte van grenswaarden) en de invloed van de windmolens juist concentratie verlagend lijken te werken, is de dubbeltelling correctie niet nodig; dit wordt gedaan om te toetsen aan grenswaarden. Bij PM10 is dubbeltellingscorrectie wel relevant.

De toe- en afnamen in de concentraties zware metalen (kwik, lood en cadmium) door de windmolens kunnen niet als significant worden aangemerkt. De berekende concentraties zijn overal ver onder de geldende grenswaarden.

Voor geen van de stoffen zijn er overschrijdingen van grenswaarden te verwachten. Deze grenswaarden zijn ingesteld om de bevolking te beschermen tegen negatieve gezondheidseffecten.

Voor geur geldt dat de niveaus nauwelijks zullen veranderen door de komst van windmolens; er is op een enkel punt een afname berekend van 1 a 4% voor het 98-percentiel. Dit is niet significant. Voor geur is geen norm voor Tata opgenomen in de vergunningen, zodat op moment van schrijven

nog niet kan worden aangegeven of er sprake is van overschrijding of niet. De geurbelasting in de omgeving wordt niet significant door de windmolens beïnvloed.

Voor de genoemde stoffen zijn steeds contourplots in bijlage E gegeven. De verschillen tussen met en zonder komst van de windmolen zijn gering. De situaties met windturbines is weergegeven. Met deze contourplots is een goed ruimtelijk beeld gegeven van de verdeling van de concentraties in het gebied.

Het algemene beeld is dat de windmolens eigenlijk niet veel invloed hebben op de verspreiding van stof en gassen. Voor een deel is dat omdat de achtergrond al een groot deel van de niveaus bepalen (NO₂, NH₃, PM10) en voor een deel omdat de interactie tussen de pluimen en het zog van de windturbine klein is.

Tabel 5. **Gemiddelde toe- of afname** (met windmolens ten opzichte van: zonder windmolens) van concentraties gemiddeld over 18 locaties ten gevolge van plaatsing van 7 windmolens.

	zonder	met	verschil(%)	grenswaarde
PM10	23.0	23.0	0.2%	40
NO2	20.3	19.8	-0.2%	40
SO2	7.2	7.2	-0.7%	(20)
CO	990	987	-0.3%	3600
NH3	2.64	2.64	0.0%	geen
geur	3.9	3.8	-0.7%	
Cd	0.00014	0.00014	-0.2%	0.00500
Hg	0.00001	0.00001	0.0%	0.2
Pb	0.0035	0.0035	-0.3%	0.5

*) geldt voor natuur.

) dit is de 98-percentiel van 8-uur glijdend **gemiddelde uurwaarden.

Een concentratie verhoging of verlaging door de windmolens is pas significant als de schoorsteen niet te ver van de windmolens af staan, binnen 1 a 1,5 km. Interactie is mogelijk als de pluimen op eenzelfde hoogte zijn als het zog, dus tussen 70 en 170 m. **De meeste bronnen zijn lager. Met andere woorden: de pluimen gaan meestal langs, over of onder de windmolens door.**

PM2,5

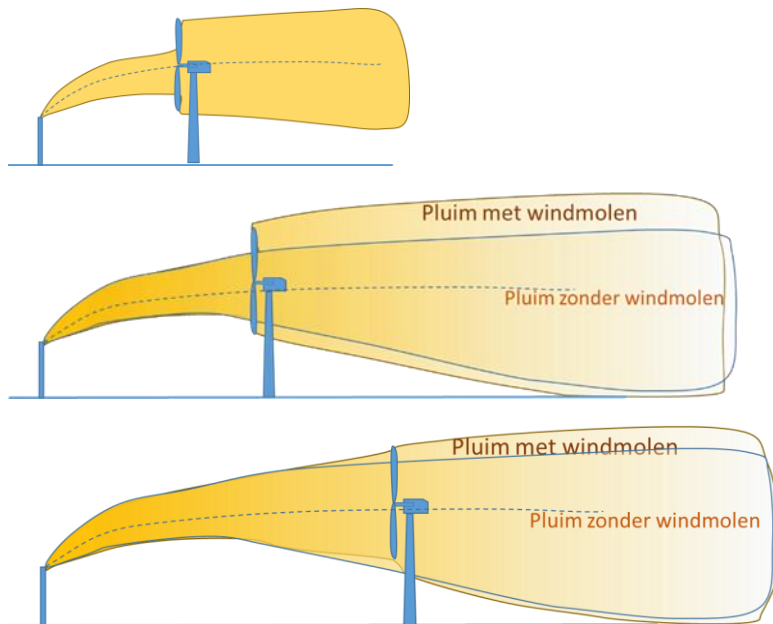
Sinds enkele jaren is naast de PM10 grenswaarde ook een PM2,5 norm wettelijk vastgelegd (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vanaf 2015; 20 vanaf 2020). In buitenluchtconcentraties van PM10 is ongeveer 2/3 PM2,5. PM2,5 is een fractie van PM10, het maakt dus deel uit van PM10. Dit geldt zowel voor de achtergrond als voor de bronbijdragen van de Tata Steel bronnen. Over de PM2,5 emissies zijn geen gegevens bekend. Volgens RIVM is het aandeel PM2,5 in de PM10 emissies voor de basismetaalindustrie 64% (dit is ook ongeveer de fractie PM2,5 in buitenlucht PM10). Voor Tata Steel is dat waarschijnlijk een (te) hoog aandeel, want voor op- en overslag van handel diensten en overige sectoren geldt een aandeel PM2,5 in PM10 van 15%. De buitenluchtconcentraties rond Tata Steel wordt een grootste deel bepaald door de open en diffuse stofbronnen. Niettemin, als er gerekend wordt met 64% dan worden er geen grenswaarden overschreden; de concentraties zijn lager dan 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, zie bijlage D.

9 Discussie resultaten

De resultaten laten zien dat er geen grote verschillen zijn tussen de concentraties berekend met en zonder de windmolens. In hoofdstuk 4 is wel berekend dat er voor individuele schoorstenen flinke verschillen kunnen zijn. Waarom zien we die niet terug in de eindresultaten voor PM10, SO₂ en de andere stoffen? Om deze vraag te beantwoorden is een nadere analyse gemaakt van welke brontypen bijdragen aan de concentraties en hoe die dan veranderen door de windturbines. In hoofdstuk 4 (meer specifiek in figuur 5) zijn berekeningen gedaan aan schoorstenen die behoorlijk dicht bij de windturbines staan: nog geen 400 m. Naarmate de schoorstenen verder van de windmolens af staan wordt de invloed van de windmolens kleiner. Dat wil zeggen: de invloed op de concentraties, niet op de windsnelheid en ook niet op de turbulentie (dus de menging). De schoorstenen van Tata Steel staan allen op grotere afstanden van de windmolens met als gevolg dat de pluim zelf dan al meer verdund is in de lucht en de extra menging door de windmolens dan minder effect heeft, zie figuur 13.

Uit de voorgaande hoofdstukken is aannemelijk gemaakt dat de windmolens vooral effect hebben op de hogere schoorstenen. De stoffen die uit deze hoge bronnen komen kunnen door de windmolens sterker verspreid worden en dus sneller aan de grond komen (wellicht hogere concentraties). De lage bronnen kunnen pas op wat grotere afstand in het zog opgenomen worden en daardoor beter verspreid worden (wellicht lagere concentraties).

Deze analyse is gedaan voor het hele rekengebied, dus voor alle rekenpunten in een gebied van 7 x 7 km. Dit is gedaan voor PM10, voor SO₂ en voor CO. En tevens is voor PM10 en SO₂ gekeken naar de bijdragen op een lijn van noord naar zuid over het midden van dit gebied.



Figuur 13. Naarmate de windmolens en de schoorstenen verder van elkaar af staan worden de pluimen minder beïnvloed door de molens.

Om hier wat meer inzicht in te krijgen is uitgezocht wat de bijdrage is van drie groepen bronnen:

- De diffuse bronnen, dus de open kolen- erts en andere grondstoffen opslagen
- De lage schoorstenen (tot 50 m hoog)
- De hoge schoorstenen (meer dan 50 m hoog).

In bijlage F zijn de detail resultaten gegeven in plotfiguren over de noord-zuid lijn.

Duidelijk is dat de bijdragen van de grondbronnen, de diffuse bronnen dus, veruit de grootste bijdragen leveren aan de jaargemiddelde concentraties. De bijdrage van de lage bronnen is voor PM10 een factor 10 hoger dan de som van de andere twee (lage en hoge bronnen) samen. Voor SO₂ bestaat geen bijdrage voor de diffuse bronnen: SO₂ komt alleen uit schoorstenen (puntbronnen) vrij. Ook daar zien we dat de lage bronnen gemiddeld zelfs een factor 30 meer bijdragen dan de hoge bronnen. Uit de figuren voor de afzonderlijke bijdragen van de drie brongroepen, waarin de berekende concentraties zijn gegeven met of zonder de plaatsing van de windmolens valt het volgende op. Voor de lage bronnen en diffuse bronnen is nauwelijks verschil te zien in de concentraties. Voor de bronnen is voor PM10 een effect van de windmolens zichtbaar tot maximaal 10% (verlaging). De PM10 concentraties zijn voor het merendeel afkomstig uit bronnen die een lagere hoogte hebben dan de as van de windmolens. De concentraties van deze bronnen worden sterker verdund in het zog en ze worden ook meer naar boven gevoerd.

Voor SO₂ is iets vergelijkbaars zichtbaar. Het gaat hier steeds om het totale effect van alle 7 windmolens op alle schoorstenen-emissies en diffuse emissies. Dat maakt dat de profielen de gecombineerde effecten laat zien, waardoor de profielen met **de relatieve effecten van de windmolens (F7 en F10) soms stijgen en soms dalen**. De effecten van afzonderlijke schoorstenen zijn hier niet van af te lezen.

In onderstaande tabel 6 zijn de berekende waarden gegeven voor relatieve effecten van de windmolens op de afzonderlijke bijdragen van diffuse bronnen (alleen PM10), lage en hoge bronnen in het gebied 7 x 7 km rond Tata Steel (1300 rekenpunten). Deze waarden hebben dan betrekking op alle rekenpunten in de omgeving in het gebied van 7 x 7 km rond Tata Steel. Aangegeven is wat de grootste afname is (waarde kleiner dan 100%) en de grootste toename (waarde groter dan 100%). De waarden hebben betrekking op een rooster, waarbij ook de punten op het bedrijfsterrein van Tata Steel zijn opgenomen. Ook in deze tabel kan de conclusie getrokken worden dat de windmolens eerder een positief dan een negatief effect zullen hebben op de concentraties PM10, CO en SO₂. Duidelijk is in ieder geval dat voor alle stoffen (behalve voor CO) **de gemiddelde verandering** in de concentraties hooguit 1 of 2% is voor alle3 de brontypen.

Tabel 6 Relatieve effecten (100% = geen verandering, kleiner dan 100%: lagere concentraties, hoger dan 100%, hogere concentraties) van de windmolens op de bijdragen van diffuse bronnen (alleen PM10), lage (<50m) en hoge bronnen (>50m) in het gebied 7 x 7 km rond Tata Steel (1300 rekenpunten)

		min	gem	max
SO2	lage bronnen	87%	99%	104%
SO3	Hoge bronnen	90%	99%	101%
PM10	diffuse bronnen	94%	100%	105%
PM10	lage bronnen	94%	99%	106%
PM10	Hoge bronnen	85%	98%	102%
CO	lage bronnen	42%	91%	98%
CO	Hoge bronnen	81%	99%	104%

Voor CO zien we dat de concentraties door emissies uit lage schoorstenen gemiddeld 9% lager worden. Maar lage schoorstenen dragen niet sterk bij aan de CO grondconcentraties: de CO-emissies van Tata Steel komen voornamelijk uit de hogere schoorstenen.

De belangrijkste verklaring voor het geringe effect van de windmolens op de concentraties komt dus doordat de lage bronnen de concentraties in hoofdzaak bepalen. De windmolens hebben op deze lage bronnen nauwelijks een effect.

10 Conclusies

- In geen der gevallen wordt een grenswaarde voor luchtkwaliteit volgens de wet Milieubeheer overschreden, niet zonder en niet met de windmolens.
- Uit de berekeningen volgt dat de windmolens een effect kunnen hebben indien de schoorsteen bovenwinds van de windmolen staat. Maar de onderlinge afstand en hoogteverschil bepaalt of dit ook werkelijk gebeurt. Bij geen van de doorgerekende stoffen is dit in belangrijke mate het geval.
- De windmolens hebben minder effect als de schoorsteen benedenwinds van de windmolen staat. De onderlinge afstand en hoogteverschil zijn mede bepalend of dit ook echt gebeurt. Bij geen van de doorgerekende stoffen blijkt dit in belangrijke mate het geval te zijn.
- Kustlijnfumigatie speelt nauwelijks een rol in dit gebied: het effect ervan kan verwaarloosd worden en behoeft niet meegenomen te worden in dit onderzoek.
- De PM10 concentraties worden voor een groot deel bepaald door de achtergrondniveaus. Dit betekent dat de windmolens in potentie ruwweg 20% van de PM10 niveaus kunnen beïnvloeden; de overige 80% is achtergrond en deze wordt niet beïnvloed.
- Door de windmolens veranderen de PM10 concentraties nauwelijks: nergens is een grotere verandering dan 1% berekend. Het aantal overschrijdingsdagen PM10 neemt evenmin toe.
- NO₂ en NH₃ concentraties worden vrijwel geheel bepaald door de achtergrondniveaus: de bijdrage van Tata Steel is niet zichtbaar. De windmolens hebben geen effect op de NO₂ en NH₃ concentraties.
- De concentraties SO₂ (achtergrond en Tata Steel bijdrage) en CO worden significant beïnvloed door Tata Steel. De bijdrage van Tata Steel is duidelijk zichtbaar in de modelberekeningen, zoals blijkt uit de contourplots. De windmolens verlagen de SO₂ concentraties in de omgeving met ongeveer 1%. De niveaus blijven ver onder de grenswaarden. De concentraties CO worden niet verhoogd door de windmolens.
- De geurconcentraties rond Tata Steel wijzigen door de windmolens niet significant.
- De windmolens hebben geen significant effect op de concentraties kwik, cadmium en lood in de omgeving. De niveaus zijn ver onder de geldende grenswaarden.
- De veranderingen in de PM10 concentraties door plaatsing van windmolens zijn heel gering. Dat komt omdat de pluimen vanaf grondbronnen (de oppervlaktebronnen zoals opslagen van kolen en erts en lage schoorstenen) vrijwel steeds onder de wieken van de windmolens door waaien. De pluimen van hogere schoorstenen kunnen wel door de wieken heen gaan, maar worden dan verdund. Hierdoor zijn de PM10 concentraties lager. De verlaging kan wel oplopen tot 10% (voor de bronbijdrage, dus ruwweg 2% op de totale PM10 concentraties). Maar hoge schoorstenen leveren maar een geringe bijdrage aan de grondconcentraties, zodat deze afname wordt gemaskeerd door de pluimen van lage bronnen. Het zijn dus vooral de lage bronnen die de grondconcentraties bepalen.
- Voor de nabij gelegen woonbootlocaties aan de Noordersluisweg en de 3^e Rijksbinnenhaven geldt ook dat er geen noemenswaardig effect is van de windmolens.
- Uit berekeningen gedaan aan grof stof, blijkt dat er geen er geen verandering in grof stof neerslag is te verwachten.

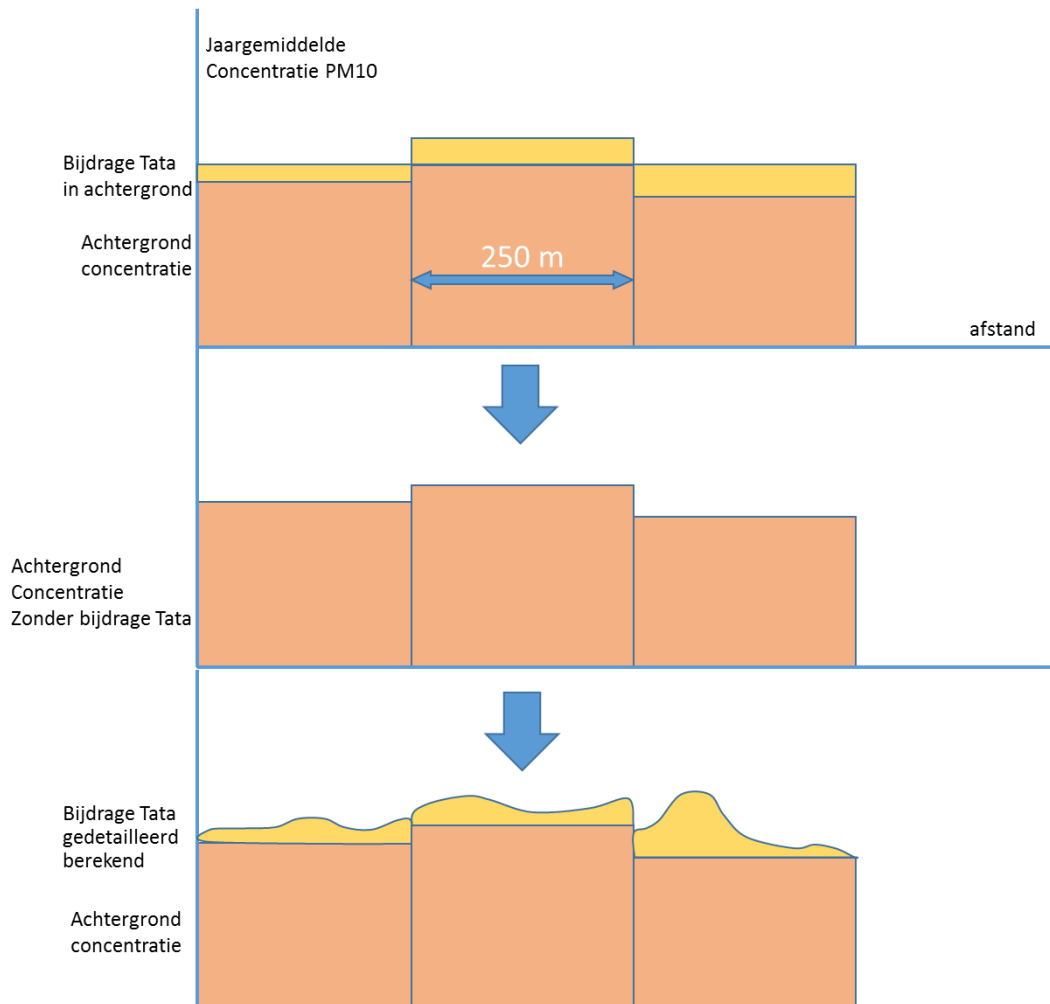
Bijlage A. Bijdrage Tata aan PM10 concentraties

Het opschonen van de achtergrond voor de bijdrage van Tata Steel is gedaan door de bijdrage in het jaar 2012 te schalen naar de verwachte bijdrage in 2018. Dit is gedaan door van de concentraties in het GCN-veld in een gebied van 15 x 15 km voor 2018 eerst 19 µg/m³ af te trekken (dit is **gemiddelde** achtergrond rond Tata Steel in 2018). Dan blijven de ruwe bijdragen van Tata Steel over. Deze waarden zijn vergeleken met de bijdrage van 2012. De verhouding tussen deze twee is 0.75; dat wil zeggen dat de bijdrage van Tata Steel in 2018 naar verwachting van het RIVM 75% is van de bijdrage in 2012. Deze verhouding is gebruikt om de waarden van 2012 te schalen naar 2018 door de bijdrage-waarden van 2012 met 0.75 te vermenigvuldigen. De GCN waarden in 2018 zijn ten slotte verminderd met deze bijdragen van Tata Steel in 2018. Op deze wijze is per gridcel (250 x 250 m) een beter geschatte waarde verkregen dan wanneer van alle GCN waarden gewoon 19 µg/m³ is afgetrokken. Dan wordt de bijdrage van alle Tata Steel bronnen vervolgens met STACKS berekend, alleen nu veel gedetailleerder, en weer opgeteld bij deze opgeschoonde achtergrond. Zo ontstaat een meer gedetailleerd beeld van de concentraties rond Tata Steel. Op deze wijze wordt ook voorkomen dat de bijdrage van Tata Steel dubbel wordt geteld. De invloed van de achtergrond en de werkwijze om de dubbeltelling te corrigeren is in figuur A1 gevisualiseerd. De GCN concentratievelden in 2012, de bijdrage van Tata Steel in 2012 en de opgeschoonde PM10 concentraties in 2018 zijn in onderstaande tabellen gegeven.

GCN waarden PM10 zoals in de GCN database is terug te vinden voor het jaar 2012.

Ruimtelijk oplossend vermogen: 250 m. Gebied 15 x 15 km.

95000	98000	98250	98500	98750	99000	99250	99500	99750	100000	100250	100500	100750	101000	101250	101500	101750	102000	102250	102500	102750	103000	103250	103500	103750	104000
503000	0.7222	0.9493	0.9493	0.9493	0.9493	1.255	1.255	1.255	1.255	1.597	1.597	1.597	1.597	1.646	1.646	1.646	1.447	1.447	1.447	1.447	1.371	1.371	1.371	1.371	1.371
502750	0.8592	1.202	1.202	1.202	1.202	1.37	1.49	1.617	1.756	1.887	2.012	2.128	2.206	2.129	2.129	2.147	2.173	2.141	2.103	1.799	1.787	1.959	1.748	1.788	1.701
502500	0.8592	1.202	1.202	1.202	1.202	1.474	1.613	1.762	1.926	2.082	2.234	2.373	2.452	2.317	2.376	2.419	2.401	2.137	2.102	1.971	2.197	2.118	2.086	1.917	1.817
502250	0.8592	1.202	1.202	1.202	1.202	1.592	1.752	1.931	2.117	2.316	2.5	2.667	2.692	2.612	2.671	2.701	2.456	2.305	2.351	2.201	2.381	2.338	2.229	2.047	1.958
502000	0.8592	1.202	1.202	1.202	1.202	1.719	1.909	2.112	2.348	2.591	2.819	3.021	2.964	2.957	2.994	2.979	2.878	2.953	2.893	2.702	2.675	2.52	2.339	2.217	2.048
501750	1.016	1.545	1.545	1.545	1.545	1.863	2.086	2.337	2.618	2.926	3.209	3.459	3.361	3.41	3.46	3.345	3.246	3.175	3.272	2.923	2.626	2.879	2.504	2.246	2.086
501500	1.016	1.545	1.545	1.545	1.545	2.023	2.288	2.592	2.939	3.323	3.699	3.998	3.85	3.962	3.973	3.764	3.224	3.343	3.642	3.342	2.911	2.819	2.8	2.353	2.165
501250	1.016	1.545	1.545	1.545	1.545	2.204	2.517	2.897	3.332	3.821	4.338	4.616	4.2	3.751	4.534	4.065	4.412	4.296	4.185	3.276	3.076	2.9	2.697	2.621	2.477
501000	1.016	1.545	1.545	1.545	1.545	2.395	2.788	3.253	3.815	4.471	5.196	5.466	5.561	4.239	4.608	5.22	5.119	5.234	4.58	4.079	3.403	3.237	3.04	2.863	2.624
500750	1.237	2.004	2.004	2.004	2.004	2.594	3.073	3.67	4.41	5.302	6.369	6.499	5.261	5.462	5.961	5.372	5.639	6.054	4.756	4.14	3.97	3.655	3.353	3.117	2.535
500500	1.237	2.004	2.004	2.004	2.004	2.836	3.381	4.151	5.168	6.443	7.936	8.906	7.26	7.098	7.714	8.077	7.506	6.224	5.235	4.522	4.044	3.576	3.587	3.082	2.638
500250	1.237	2.004	2.004	2.004	2.004	3.135	3.807	4.718	6.04	7.997	10.42	13.1	14.31	12.23	11.69	10.48	11.11	7.084	6.042	5.494	4.676	4.138	3.84	3.307	2.804
500000	1.237	2.004	2.004	2.004	2.004	3.451	4.276	5.476	7.265	9.985	14.91	27.94	25.8	15.9	17.87	14.94	15.35	8.248	7.001	6.682	5.876	4.64	5.092	3.547	2.961
499750	1.52	2.691	2.691	2.691	2.691	3.784	4.787	6.335	8.797	12.92	25.12	133.3	49.19	23.83	16.73	18.43	12.39	11.89	8.058	7.563	7.871	5.359	4.709	3.707	2.788
499500	1.52	2.691	2.691	2.691	2.691	4.159	5.334	7.27	10.66	15.94	34.44	65.57	35.05	24.42	36.99	23.23	14.15	11.06	9.038	6.91	5.486	4.752	4.288	3.264	2.821
499250	1.52	2.691	2.691	2.691	2.691	4.579	5.938	8.246	12.81	26.2	37.05	43.88	46.03	52.75	51.15	21.53	12.62	10.46	7.49	5.758	4.73	3.642	3.116	2.596	
499000	1.52	2.691	2.691	2.691	2.691	5.005	6.64	9.449	17.42	44.58	41.88	53.55	61.39	57.99	68.5	85.21	31.7	15.39	12.39	9.425	6.603	4.911	3.675	3.006	2.506
498750	1.686	3.12	3.12	3.12	3.12	5.34	7.161	10.28	26.85	43.29	69.83	80.76	95.36	56.77	48.57	51.24	42.15	38.17	24.48	15.2	7.478	5.279	3.532	2.87	2.443
498500	1.686	3.12	3.12	3.12	3.12	5.415	7.071	9.621	17.3	26.44	49.55	77.91	73.3	38.67	26.01	24.55	25.71	33.04	28.17	25.67	12.86	4.631	3.624	2.838	2.387
498250	1.686	3.12	3.12	3.12	3.12	5.208	6.137	7.917	11.58	16.72	35.28	29.23	25.3	20.18	16.57	14.12	13.86	13.03	12.62	11.23	6.302	4.607	4.221	3.118	2.391
498000	1.686	3.12	3.12	3.12	3.12	4.64	5.539	7.075	8.914	10.84	13.25	14.94	14.71	13.24	11.76	10.64	9.002	8.196	7.928	7.07	5.897	5.368	10.22	5.024	2.273
497750	1.634	2.545	2.545	2.545	2.545	4.234	4.937	5.703	6.557	7.551	8.743	9.594	9.783	9.332	7.536	7.318	7.262	6.613	6.114	5.597	4.948	4.523	4.73	3.804	2.121
497500	1.634	2.545	2.545	2.545	2.545	3.622	4.046	4.517	5.049	5.666	6.197	5.784	4.785	4.959	5.76	5.714	5.425	5.125	4.404	3.879	3.596	3.228	2.969	2.961	2.572
497250	1.634	2.545	2.545	2.545	2.545	2.95	3.261	3.354	2.526	3.859	3.03	4.369	3.241	3.425	3.298	3.353	3.119	2.964	2.867	2.597	2.399	2.198	2.027	1.967	1.714
497000	1.634	2.545	2.545	2.545	2.545	2.538	2.718	2.802	2.053	2.8	2.397	2.464	2.941	3.228	2.905	2.806	2.618	2.47	2.362	2.246	2.113	1.971	1.821	1.684	1.555
496750	1.279	1.578	1.578	1.578	1.578	2.076	2.244	2.391	1.74	1.805	2.241	2.134	2.159	2.361	2.282	2.227	2.36	2.153	2.061	2.005	1.859	1.744	1.645	1.525	1.429
496500	1.279	1.578	1.578	1.578	1.578	1.877	2.003	1.49	1.64	1.69	1.794	1.918	1.999	1.923	1.949	1.938	1.886	1.822	1.863	1.679	1.582	1.497	1.413	1.53	
496250	1.279	1.578	1.578	1.578	1.578	1.598	1.662	1.773	1.602	1.893	1.577	1.684	1.676	1.656	1.73	1.702	1.704	1.738	1.709	1.598	1.647	1.5	1.405	1.303	1.403
496000	1.279	1.578	1.578	1.578	1.578	1.405	1.472	1.572	1.666	1.777	1.595	1.43	1.465	1.479	1.583	2.005	1.686	1.523	1.497	1.438	1.383	1.32	1.264	1.206	1.144



Figuur A1. Stof (PM10) concentraties van Tata Steel worden bepaald door van de achtergrondconcentratie de **gemiddelde** bijdrage van Tata Steel af te trekken en daar de meer gedetailleerde bijdrage bij op te tellen. De tekening geeft het proces als voorbeeld weer, niet de exacte getallen

Bijlage B: Korte beschrijving zog-model

HET ZOGMODEL IS EEN DYNAMISCH MODEL DAT DE VOLGENDE ZAKEN BEREKENT:

- 1 De verlaagde windsnelheid achter de windmolen, als functie van de afstand achter de turbine.
- 2 Thrustcoëfficiënt: een eigenschap van de turbine.
- 3 De zogbreedte: deze neemt toe naarmate we verder van de windmolen verwijderd zijn.
- 4 De turbulentieparameters in het zog: toegenomen turbulentie intensiteit en (in de regel) afgenomen wervelgrootte ten opzichte van de normaal optredende atmosferische wervelgrootte.

Al deze parameters zijn een functie van de windsnelheid en de afstand tot de turbine. Door dit model te combineren met het gaussisch pluimmodel wordt de invloed van de windmolen effecten op de verspreidingen zo goed mogelijk verrekend.

Zogeffect

$$\frac{\Delta V}{V_{hub}} = \Delta_s \left(\frac{x_s}{x} \right)^n$$

met:

ΔV	snelheidsverschil van wind en de ongestoorde windsnelheid op ashoogte
V_{hub}	windsnelheid op ashoogte
D	windmolendiameter
X	afstand tot de windmolen
X_s	Nabije zoglengte
Δ_s	Initieel snelheidsverschil afhankelijk van de werkingstoestand van de windmolen (Thrust)
n	relaxatieconstante. Voor een zog in een turbulente grenslaag geldt $n \approx 1$

Initieel snelheidsverschil

$$\Delta_s = 1 - (1 - C_T)^{\frac{1}{2}}$$

C_T Thrustcoëfficiënt te bepalen uit turbine-eigenschappen

Nabije zoglengte

$$\frac{X_s}{D} = 0.97 \left(\frac{m+1}{8} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(\frac{u'_a}{0.51} \right)^2 + \left(\frac{0.22(m-1)^2}{m^2 - 4m + 1} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}}$$

met

$$m = (1 - C_T)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{inductiefactor}$$

In deze studie is de zoglengte veiligheidsname met 2 vermenigvuldigd om zeker te zijn, dat er geen beïnvloeding gemist wordt.

Zogbreedte

$$b = \left(\frac{3.56 c_T}{8 \Delta_s (1 - \Delta_s)} \right)^{0.5}$$

Turbulente Lengteschaal

$$L' = 0.15b - 0.08$$

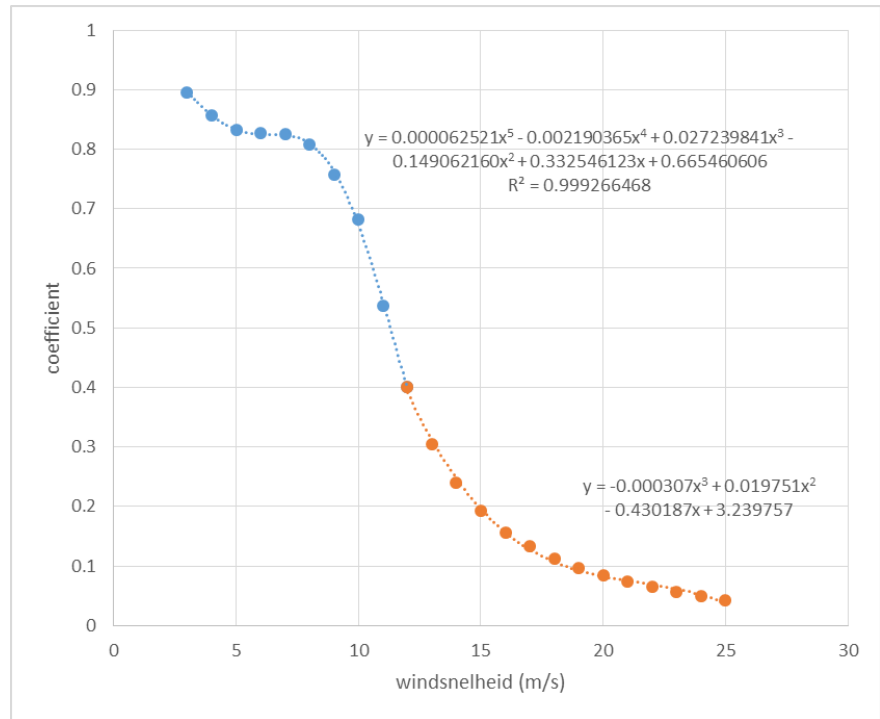
Turbulentie-intensiteit

$$\Delta I = 1.31 c_T^{0.71} I_a^{0.68} (x/x_s)^{-0.96}$$

Thrust coëfficiënten:

Voor de thrust-coëfficiënten is het **gemiddelde** genomen van drie windmolens (N117-3.0MW, V117-3.45 MW en .4MM14:

windsnelheid	coefficient
3	0.895
4	0.857
5	0.832
6	0.827
7	0.826
8	0.808
9	0.758
10	0.683
11	0.537
12	0.401
13	0.304
14	0.239
15	0.192
16	0.156
17	0.133
18	0.113
19	0.096
20	0.084
21	0.074
22	0.065
23	0.056
24	0.05
25	0.043



Deze getallen zijn in twee fit-formules (zie figuur) vervat, die in het rekenmodel zijn opgenomen. De ene formule geldt voor lage windsnelheden (tot en met 12 m/s, de andere formule voor hoge windsnelheden, vanaf 13 m/s). Tot 3 m/s staan de windmolens stil en is er dan uiteraard ook geen beïnvloeding en vindt de verspreiding van stof en rookpluimen als normaal plaats.

Referentie

- 1 Wind turbine wake aerodynamics, L.J. Vermeer et al. Progress in Aerospace Sciences 39(2003) 467-510, Pergamon, 2003.

Bijlage C PM10 emissies van Tata Steel

Puntbronnen

(emissies in het jaar 2014; in 2018 zijn deze een factor 8/7 hoger)

X	Y	Hoogte (m)	Dia (in) (m)	Dia(uit) (m)	snelheid m/s)	volume m3/s)	Temp K	emissie kg/jaar
101380	499742	73	14.5	14.6	0.03	4.5	299	46253
100868	499034	47	2.3	2.5	6.2	23.3	302	27419
100915	499273	108	0.7	0.9	12	32.8	320	25220
100731	499074	35	2.8	3	6.9	38.4	302	24090
101282	499700	47	3.4	3.6	4.8	38.0	313	20910
100771	499230	25	4	4.2	10.9	24.9	998	17056
100915	499275	28	5.5	5.6	0.01	0.2	300	16381
100793	499063	40	7.9	8	2.8	124.5	301	11178
101149	499217	22	1.6	1.8	17.5	33.1	290	10337
103068	500626	35	6.9	7	0.8	27.9	293	9855
101172	499615	55	3.4	3.6	9	69.5	321	9461
101381	498962	30	3.4	3.6	3.2	15.4	516	8725
101421	499600	23	4.4	4.6	9.9	137.0	300	8304
101056	499012	42	8.3	8.4	1.2	47.5	373	7560
101300	498978	40	1.7	2	9.2	196.6	290	7471
101386	498987	30	3.4	3.6	3.3	15.6	526	5974
100890	499198	33	1.8	2	13.3	31.9	290	5598
100906	499194	33	1.8	2	13.3	31.9	290	5340
102361	498767	25	4.2	4.4	9.8	125.2	296	3828
101377	498947	30	3.4	3.6	1.7	8.5	495	3741
102709	501363	50	1.5	1.6	7.5	7.3	498	3688
101628	50022	16	3.1	3.2	1.3	8.6	310	3635
101460	499736	90	2.1	2.2	9.8	29.6	313	3504
102721	501436	45	1.9	2	3.4	4.4	601	3486
101430	499682	90	2.1	2.2	9.8	29.6	313	3329
102770	501362	45	1.35	1.45	5.5	3.7	579	3197
101454	499720	90	2.1	2.2	9.8	29.6	313	2996
102819	501329	40	1.8	1.9	3.5	4.0	601	2610
102448	499577	1	0.1	0.2	0.01	0.1	285	2584
101255	499558	1	0.1	0.2	0.01	0.1	285	2514
102274	498765	42	8.2	8.4	5	223.2	323	2470
101526	499830	24	3.8	4	3	31.0	300	2015
101340	498975	30	5.9	6	0.6	4.9	910	1980

100627	499063	47	9.3	9.4	5	287.1	323	1962
100450	499179	25	3	3.2	11.8	68.0	335	1953
102360	498816	25	4.2	4.4	9.8	125.2	296	1936
100916	499032	40	4.4	4.6	4.7	64.8	301	1901
102321	498829	18	1.7	1.9	11.3	23.7	295	1840
100413	499127	129	3.9	4.1	2.6	16.2	523	1734
100543	499098	45	3.9	4.1	2.6	16.2	523	1682
101381	498962	5	0.9	1	1	0.5	333	1650
102545	498792	18	1.7	1.9	11.3	23.7	295	1577
100947	499410	47	2.3	2.5	10	28.0	405	1121
102525	498705	80	3.44	3.64	1.4	7.2	490	990
102211	498776	68	2.8	3	2.1	6.7	526	827
102330	498749	81	2.6	2.8	2.5	7.2	506	810
101316	498980	40	7.9	8	0.9	39.5	305	780
102707	501398	1	0.1	0.2	0.01	0.1	285	742
100998	499232	72	4.7	4.9	9.6	98.8	460	709
100970	499378	47	2.3	2.5	10	28.0	405	691
101822	498965	47	1.8	2	10.9	18.6	408	657
101835	498955	47	1.8	2	10.9	18.6	408	450
101224	499762	47	9.3	9.4	1	60.8	305	450
101334	499857	47	9.3	9.4	0.5	30.4	305	449
101886	498949	47	2.5	2.7	8.4	29.9	376	428
102469	498718	80	3.44	3.64	0.6	3.2	480	422
101245	499617	1	0.1	0.2	0.01	0.1	285	300
101468	499863	16	3.1	3.2	1.3	8.6	310	223
100916	499032	1	0.1	0.2	0.1	0.1	285	9110

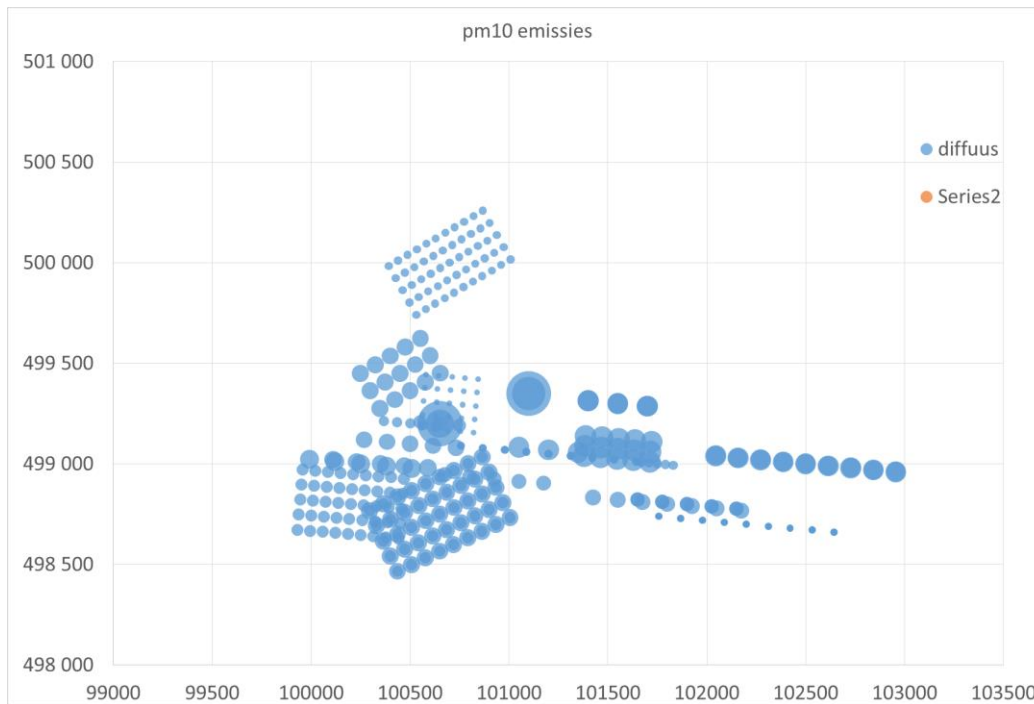
Diffuse en open bronnen: (totaal) stof emissies

(emissies in het jaar 2014; in 2018: een factor 8/7 hoger),
pm10 emissies worden verondersteld 25% van het totaal stof in de tabel.

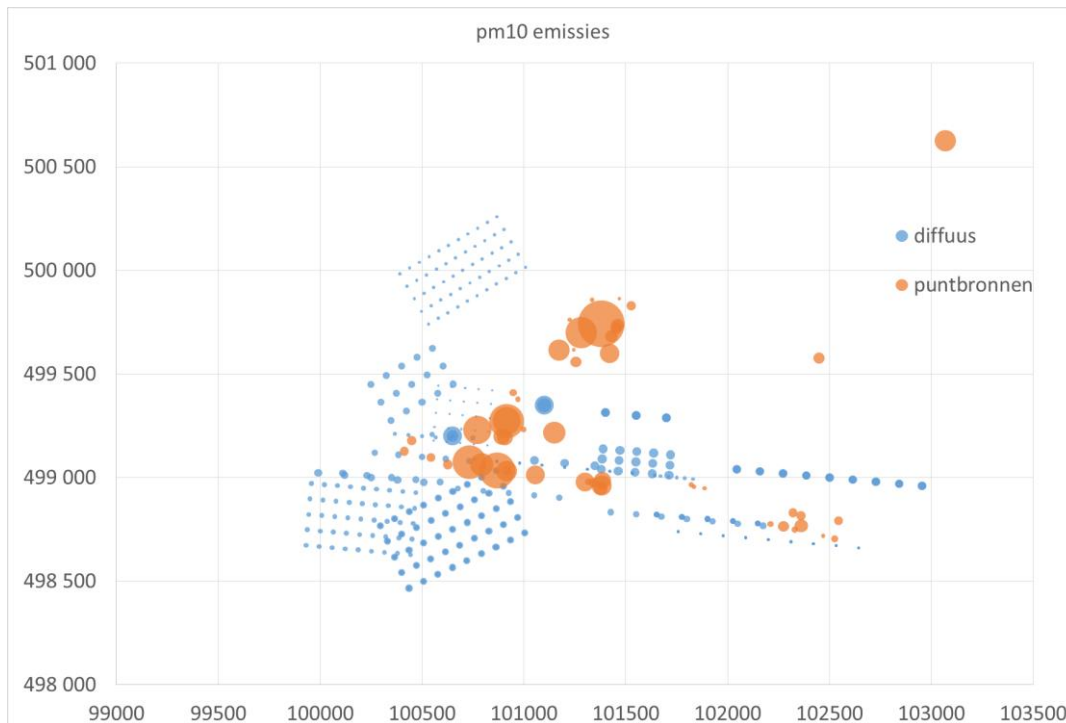
De diffuse emissies (opervlaktebronnen) worden in het rekenmodel behandeld als puntbronnen met een hoogte van 1,5 m.

X m	Y m	Lengte m	breedte m	orientatie graden	stof (kg/jr)	aantal puntbronnen	
						X	Y
102200	498700	1000	0	175	6405	11	1
102200	498700	1000	0	175	8612	11	1
100700	499300	200	200	175	8644	5	5
100650	499200	200	50	175	8695	3	1
102200	498700	1000	0	175	8944	11	1
101200	499050	1000	0	175	10273	11	1
101200	499050	1000	0	175	10963	11	1
101750	499000	120	50	175	11501	5	3
100500	499200	200	50	175	13853	5	3
101900	498800	500	0	175	16478	5	1
101900	498800	500	0	175	16739	5	1
100500	499100	350	50	175	17663	5	1
101100	499350	50	50	175	17723	1	1
100925	498925	500	100	175	18165	5	1
101200	499070	300	0	175	21292	3	1
101550	499300	300	80	175	21609	3	1
101550	499300	300	0	175	21718	3	1
100650	499200	200	50	175	25976	3	1
100350	499000	600	80	175	30296	7	1
101100	499350	50	50	175	31972	1	1
100650	499200	50	50	175	33363	1	1
100250	499000	650	100	175	153000	7	1
102500	499000	800	0	175	49539	9	1
102500	499000	800	0	175	56897	9	1
101800	498800	750	150	175	58532	7	3
100650	498750	550	250	25	69000	9	5
101550	499075	250	100	175	93254	5	3
100200	498800	450	300	175	94416	9	5
100650	498750	550	250	25	276000	9	5
100450	499450	350	200	30	70779	5	3
100700	500000	550	280	30	61071	11	5

Locaties van diffuse en open stofbronnen op het Tata Steel terrein, vertaald als puntbronnen



Alle stofbronnen op het Tata Steel terrein: diffuse en puntbronnen tezamen.



Bijlage D. Concentraties in 2018 op 18 locaties.

Tabellen met berekende concentraties voor verschillende stoffen op 18 locaties.

Jaargemiddelden en aantal overschrijdingsdagen. Met en zonder de windmolens.

PM10 concentraties. jaargemiddelden en aantal overschrijdingsdagen

				jaargemiddelde concentraties		overschrijdingsdagen	
Locaties				PM10	PM10	pm10	pm10
	naam	X	Y	zonder	met	zonder	met
1	IJmuiden ZW	100600	496000	21.1	21.1	8.8	8.8
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	22.1	22.1	9.3	9.3
3	vissershavenbuurt	101400	497600	24.1	24.1	13.0	13.0
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	22.8	22.8	9.9	9.8
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	22.2	22.2	9.1	9.2
6	Zandershof	103200	496800	21.5	21.5	8.7	8.7
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	22.6	22.6	9.7	9.7
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	21.6	21.6	8.5	8.5
9	Driehuis	104000	496000	21.2	21.2	8.6	8.6
10	woonboot	103600	498200	23.2	23.2	10.2	10.2
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	22.9	22.9	9.7	9.7
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	23.3	23.3	10.1	10.1
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	22.8	22.8	10.1	10.1
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	22.4	22.4	9.7	9.7
15	beverwijk centrum	105000	500600	22.4	22.4	9.7	9.7
16	wijk a zee zuid	101000	500600	25.7	25.7	22.4	22.4
17	wijk a zee centrum	101600	501000	23.1	23.1	12.2	12.2
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	25.9	25.8	20.9	20.9
	gemiddeld			22.8	22.8	11.1	11.1
	grenswaarde			40	40	35	35

PM2,5: afgeleid van de PM10 bijdragen van de Tata Steel stofbijdragen.

Aandeel PM2,5 in PM10 emissies is **gemiddeld 64%** (Basismetaleindustrie, bron: Grootchalige concentratie- en depositiekaarten Nederland, 2012). De Pm10 bronbijdragen zijn dus met 0,64 vermenigvuldigd en bij de PM2,5 achtergrondwaarden opgeteld. Laatste kolom geeft de berekende **jaargemiddelde PM2,5** (totale=achtergrond + bronbijdragen) concentraties.

GCN berekend met PreSRM.

		X	Y	PM10: bronnen	GCN PM10	GCN PM2,5	bronnen PM2,5	PM2,5
1	IJmuiden ZW	100600	496000	1.4	19.6	12.2	0.9	13.1
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	2.1	19.8	12.7	1.3	14.1
3	visserhavenbuurt	101400	497600	4.3	19.5	13.1	2.7	15.8
4	IJmuidersstraatweg1	102600	497600	2.9	19.5	13.1	1.8	15.0
5	IJmuidersstraatweg2	103400	497600	2.0	19.8	12.8	1.3	14.0
6	Zandershof	103200	496800	1.7	19.6	12.5	1.1	13.6
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	1.5	20.8	12.4	1.0	13.4
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	1.1	20.3	12.1	0.7	12.9
9	Driehuis	104000	496000	1.1	19.9	11.8	0.7	12.5
10	woonboot	103600	498200	2.2	20.6	12.6	1.4	14.0
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	1.5	21.1	12.6	0.9	13.6
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	1.6	21.2	12.7	1.0	13.7
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	1.3	21.1	12.6	0.8	13.4
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	1.0	21.1	12.7	0.7	13.3
15	beverwijk centrum	105000	500600	0.9	21.1	12.9	0.6	13.4
16	wijk a zee zuid	101000	500600	5.8	18.8	13.0	3.7	16.7
17	wijk a zee centrum	101600	500990	3.5	18.5	12.7	2.2	15.0
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	6.7	18.1	13.6	4.3	17.9

Cadmium (jaargemiddelde concentraties in ug/m3) Met of zonder de windmolens in 2018.
 Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

Cd	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	0.00006	0.00006	-3%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	0.00007	0.00007	-3%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	0.00011	0.00011	-1%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	0.00013	0.00013	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	0.00011	0.00011	1%
6	Zandershof	103200	496800	0.00009	0.00009	-1%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	0.00009	0.00009	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	0.00007	0.00007	0%
9	Driehuis	104000	496000	0.00006	0.00006	-1%
10	woonboot	103600	498200	0.00012	0.00013	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	0.00010	0.00010	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	0.00012	0.00012	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	0.00014	0.00014	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	0.00010	0.00010	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	0.00010	0.00010	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	0.00039	0.00039	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	0.00041	0.00042	1%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	0.00020	0.00020	-2%
	grenswaarde(NL)			0.00500	0.00500	

CO (98-percentielwaarden van 8-uur glijdend **gemiddelde waarden**). Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

CO	naam	X	Y	98-percentiel 8-uurwaarden		
				zonder	met	diff
	IJmuiden ZW	100600	496000	845	842	0%
	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	947	942	-1%
	vissershavenbuurt	101400	497600	1038	1032	-1%
	IJmuidersstraatweg1	102600	497600	1088	1087	0%
	IJmuidersstraatweg2	103400	497600	1049	1048	0%
	Zandershof	103200	496800	983	982	0%
	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	1047	1045	0%
	Velzen-zuid(west)	104800	497400	983	982	0%
	Driehuis	104000	496000	929	926	0%
	woonboot	103600	498200	1037	1036	0%
	Velsen-noord(1)	104400	498400	976	974	0%
	Velsen-noord(2)	104200	498800	981	980	0%
	beverwijk zuidwest	104200	500200	913	912	0%
	beverwijk zuidwest	105000	499600	880	879	0%
	beverwijk centrum	105000	500600	857	857	0%
	wijk a zee zuid	101000	500600	1099	1093	-1%
	wijk a zee centrum	101600	501000	1045	1042	0%
	woonboot Noordersl weg	102000	498300	1121	1112	-1%
	grenswaarde			3600	3600	

Kwik (jaargemiddelde concentraties). Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

Hg	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	0.000002	0.000002	0%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	0.000003	0.000003	-1%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	0.000004	0.000004	-4%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	0.000007	0.000007	1%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	0.000006	0.000006	0%
6	Zandershof	103200	496800	0.000005	0.000005	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	0.000006	0.000006	-1%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	0.000005	0.000005	-1%
9	Driehuis	104000	496000	0.000004	0.000004	1%
10	woonboot	103600	498200	0.000007	0.000007	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	0.000007	0.000007	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	0.000007	0.000007	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	0.000009	0.000009	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	0.000007	0.000007	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	0.000007	0.000007	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	0.000007	0.000007	1%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	0.000010	0.000010	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	0.000008	0.000008	1%
	grenswaarde			0.2	0.2	

Lood (jaargemiddelde concentraties). Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus

	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	0.0015	0.0014	-3%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	0.0019	0.0018	-3%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	0.0029	0.0029	-2%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	0.0035	0.0035	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	0.0029	0.0029	0%
6	Zandershof	103200	496800	0.0024	0.0023	-1%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	0.0023	0.0023	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	0.0020	0.0020	-1%
9	Driehuis	104000	496000	0.0017	0.0017	-1%
10	woonboot	103600	498200	0.0033	0.0033	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	0.0027	0.0027	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	0.0031	0.0031	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	0.0036	0.0036	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	0.0027	0.0027	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	0.0026	0.0026	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	0.0088	0.0088	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	0.0096	0.0096	1%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	0.0054	0.0054	-1%
	grenswaarde			0.5000	0.5000	

Ammoniak (**jaargemiddelde concentraties**). Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

NH3	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	2.3	2.3	0%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	3.4	3.4	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	2.6	2.6	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	3.0	3.0	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	2.6	2.6	0%
6	Zandershof	103200	496800	2.8	2.8	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	2.6	2.6	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	2.1	2.1	0%
9	Driehuis	104000	496000	2.0	2.0	0%
10	woonboot	103600	498200	1.7	1.7	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	2.9	2.9	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	2.9	2.9	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	2.9	2.9	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	3.3	3.3	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	3.9	3.9	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	2.4	2.4	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	2.4	2.4	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	1.6	1.6	0%
	grenswaarde			geen	geen	

NO2 (stikstofdioxide).

Jaargemiddelde concentraties. Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

NO2	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	16.4	16.4	0%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	17.9	17.9	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	21.0	20.9	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	21.4	21.4	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	21.4	21.3	0%
6	Zandershof	103200	496800	18.5	18.3	-1%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	21.0	20.9	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	19.7	19.7	0%
9	Driehuis	104000	496000	17.6	17.5	-1%
10	woonboot	103600	498200	22.0	22.0	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	21.1	21.2	1%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	21.4	21.5	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	20.2	20.2	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	21.3	21.2	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	19.6	19.6	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	21.1	21.2	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	21.7	21.8	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	21.7	21.6	-1%
	grenswaarde			40	40	

SO2

Jaargemiddelden. Aantal dagen overschrijding van **daggemiddelde** waarde (125 ug/m3), maximaal 3 per jaar

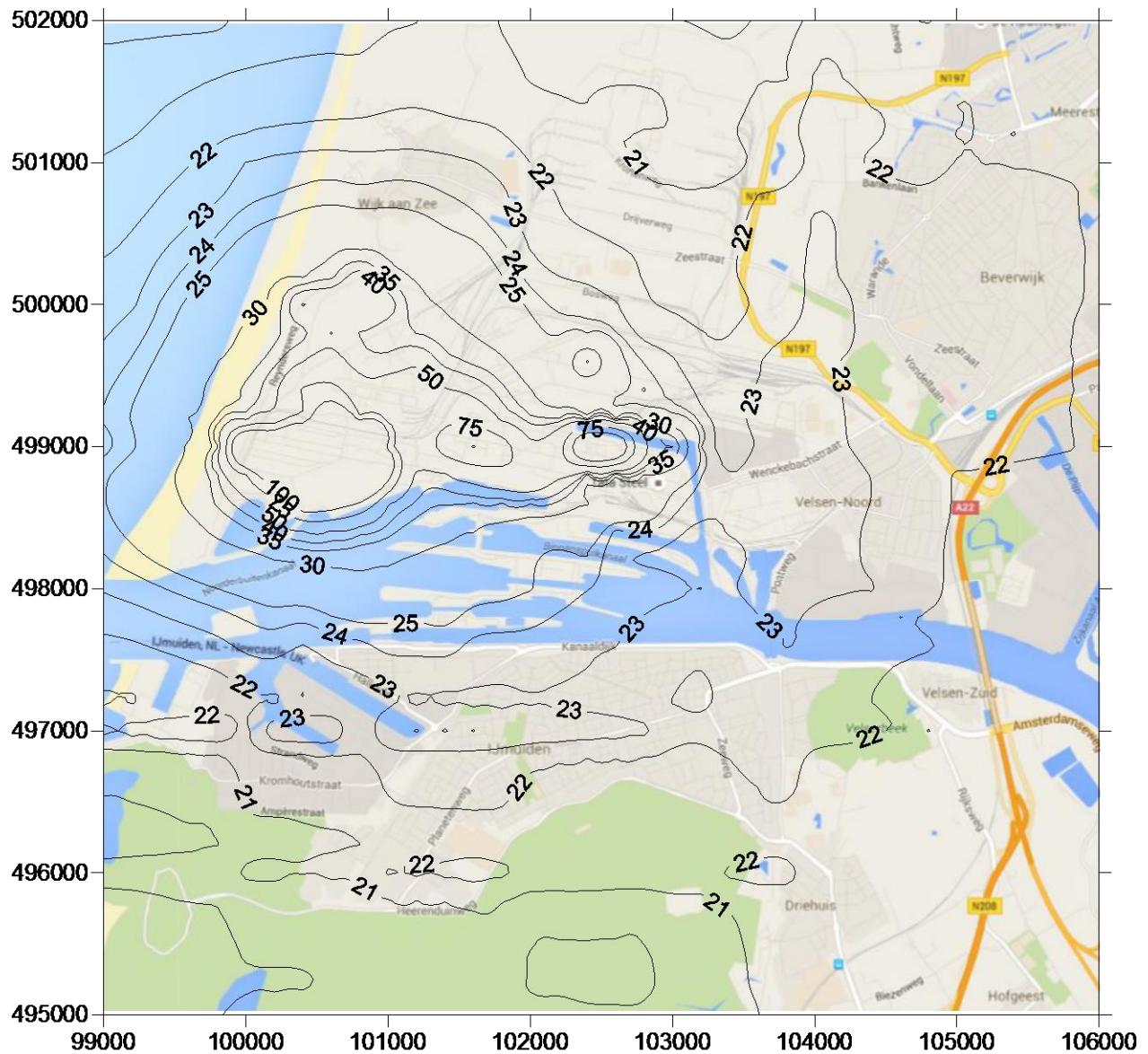
Aantal uren overschrijding van **uurgemiddelde** waarde (350 ug/m3), maximaal 24 per jaar.
Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

SO2	naam	X	Y	jaargemiddelde			daggemiddelde		uurgemiddelde	
				zonder	met	diff	zonder	met	zonder	met
	IJMuiden ZW	100600	496000	4.2	4.1	-2%	0	0	0	0
	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	4.8	4.8	-1%	0	0	0	0
	vissershavenbuurt	101400	497600	6.9	6.8	-1%	0	0	0	0
	IJmuidersstraatweg1	102600	497600	7.3	7.3	-1%	0	0	0	0
	IJmuidersstraatweg2	103400	497600	6.9	6.8	-1%	0	0	0	0
	Zandershof	103200	496800	5.2	5.2	-1%	0	0	0	0
	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	6.1	6.1	-1%	0	0	0	0
	Velzen-zuid(west)	104800	497400	5.2	5.1	-1%	0	0	0	0
	Driehuis	104000	496000	4.4	4.3	-1%	0	0	0	0
	woonboot	103600	498200	9.0	8.9	-1%	0	0	0	0
	Velsen-noord(1)	104400	498400	7.1	7.1	0%	0	0	0	0
	Velsen-noord(2)	104200	498800	7.7	7.7	0%	0	0	0	0
	beverwijk zuidwest	104200	500200	8.7	8.7	0%	0	0	0	0
	beverwijk zuidwest	105000	499600	6.5	6.5	0%	0	0	0	0
	beverwijk centrum	105000	500600	6.5	6.5	0%	0	0	0	0
	wijk a zee zuid	101000	500600	12.4	12.4	0%	0	0	0	0
	wijk a zee centrum	101600	501000	11.9	11.8	0%	0	0	0	0
	woonboot Noordersl weg	102000	498300	9.6	9.3	-3%	0	0	0	0

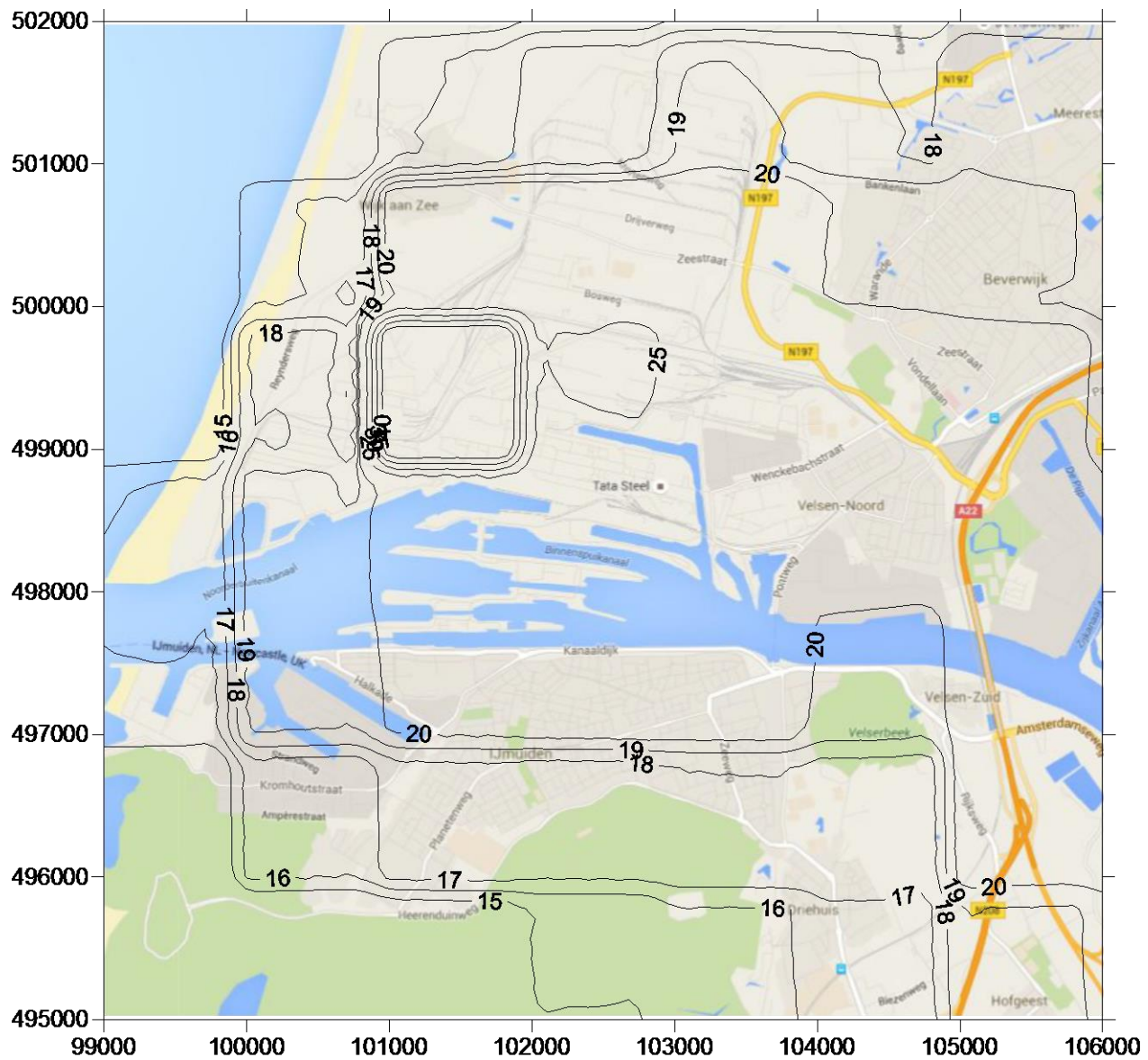
Geur. Met of zonder de windmolens in 2018. (98 percentielwaarden van **uurgemiddelden**)

geur	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	2.2	2.1	-2%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	2.7	2.6	-3%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	4.0	3.8	-4%
4	IJMuidersstraatweg1	102600	497600	4.4	4.4	0%
5	IJMuidersstraatweg2	103400	497600	4.5	4.5	0%
6	Zandershof	103200	496800	3.2	3.2	-1%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	3.7	3.6	-1%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	3.2	3.1	-2%
9	Driehuis	104000	496000	2.5	2.5	-2%
10	woonboot	103600	498200	5.8	5.8	-1%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	4.5	4.5	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	4.4	4.4	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	3.8	3.8	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	3.3	3.3	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	3.0	3.0	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	5.3	5.3	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	5.3	5.3	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	7.8	7.9	1%

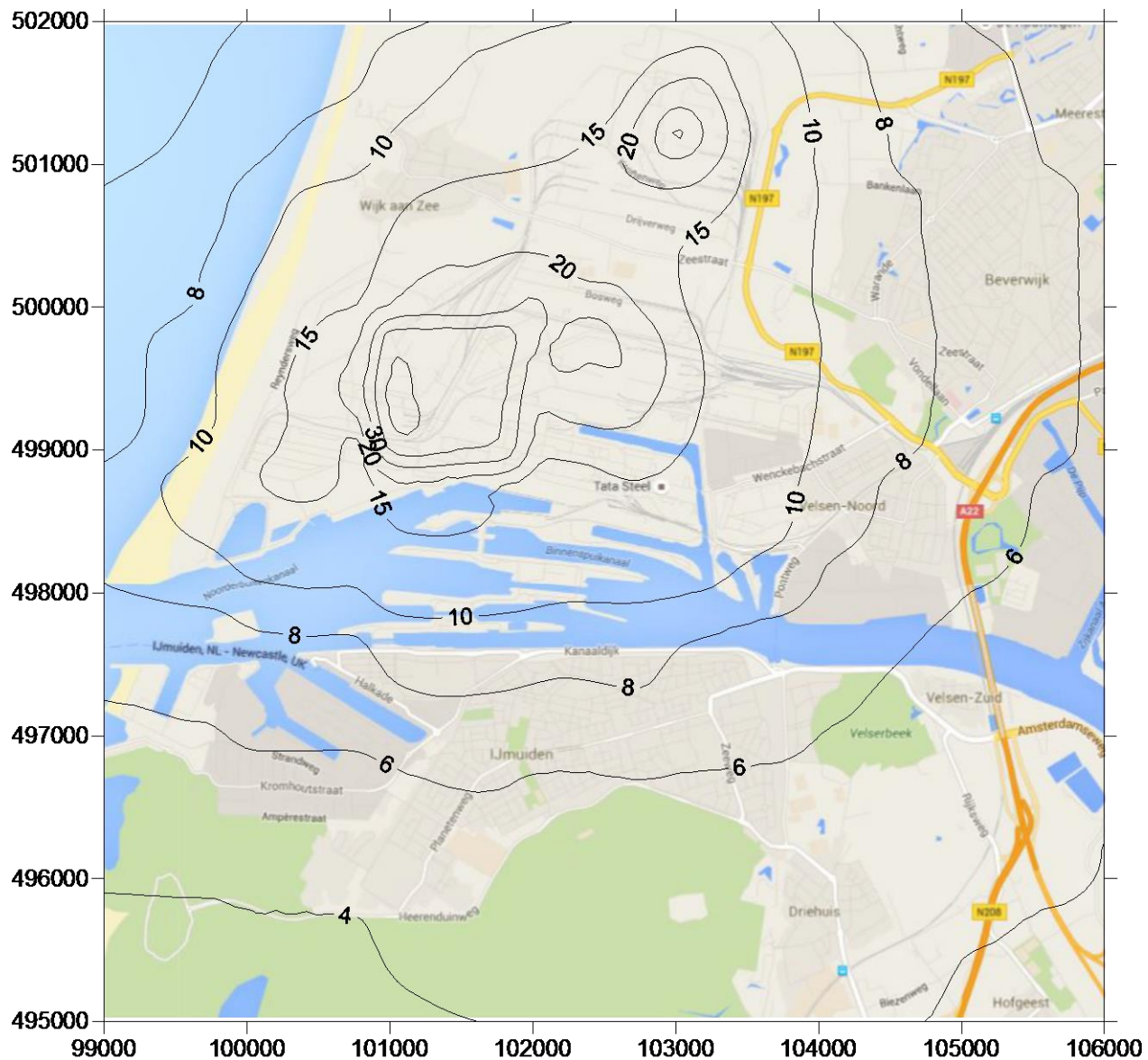
Bijlage E. Contourplots van berekende concentraties



PM10 **jaargemiddelden** concentraties 2018 (met windmolens) en met de voor dubbeltelling gecorrigeerde GCN (achtergrond) Pm10 concentratie waarden.

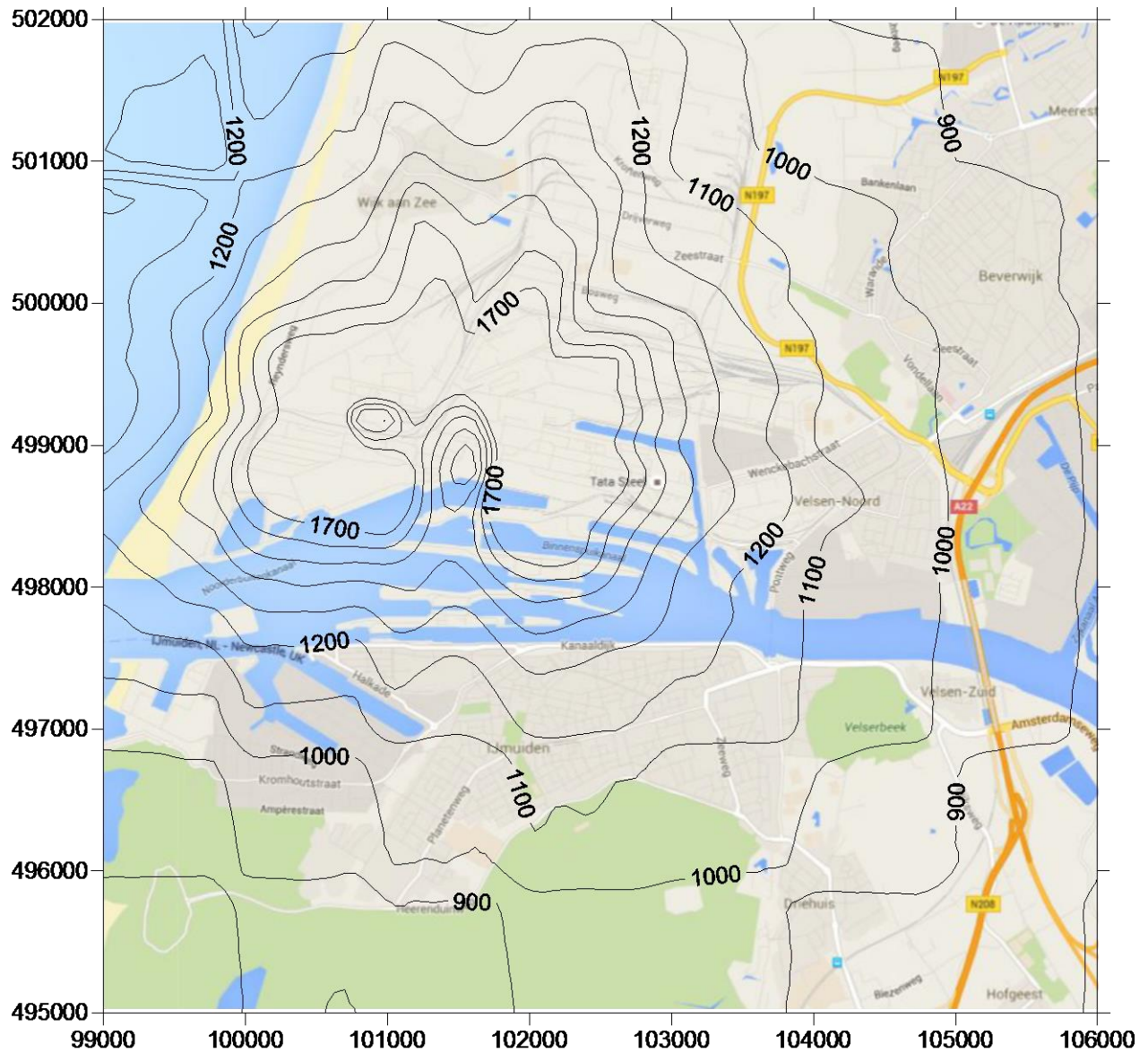


NO₂ jaargemiddelden concentraties 2018 (met windmolens)

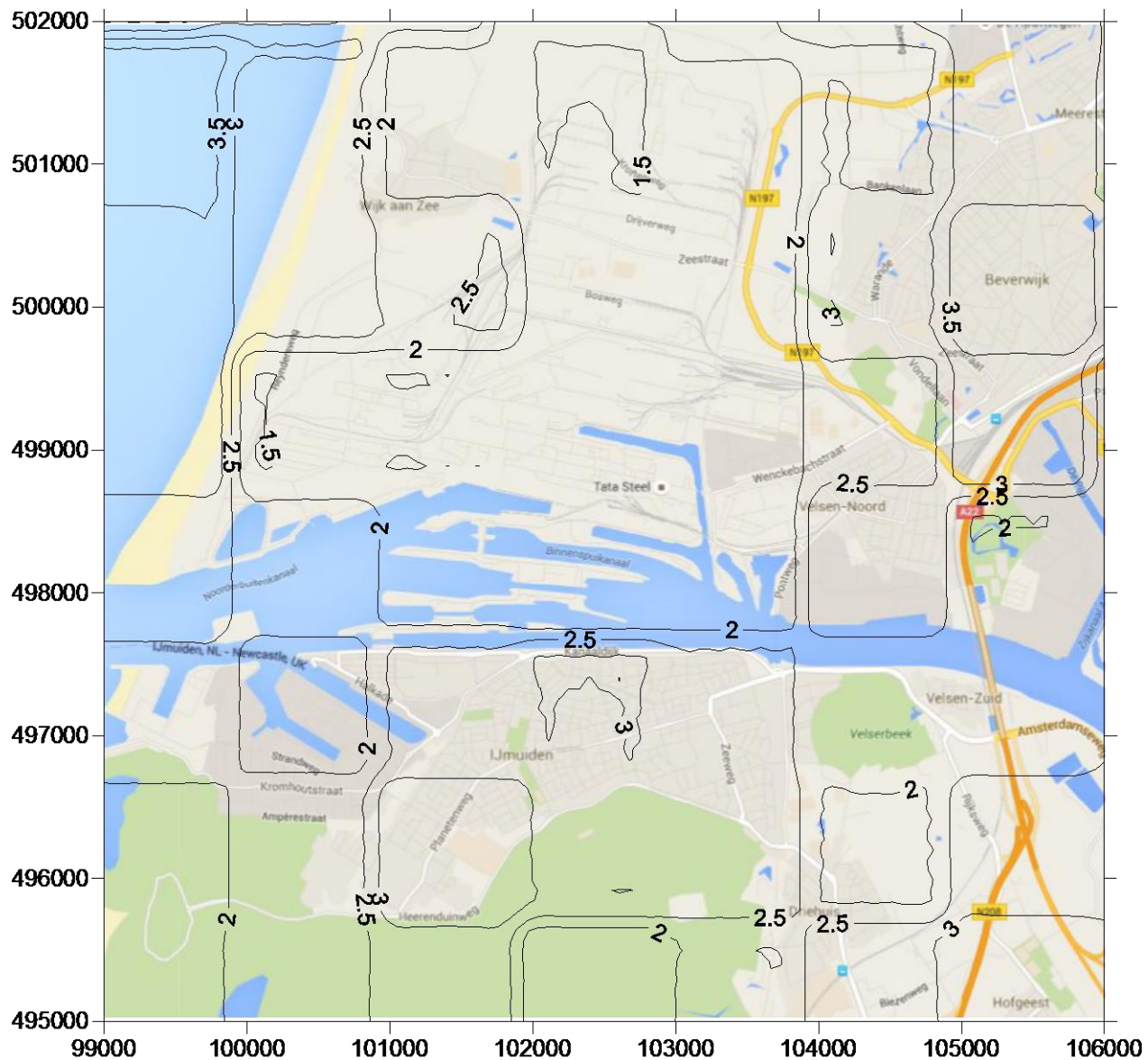


SO₂ jaargemiddelden concentraties 2018 (met windmolens).

In het midden is duidelijk het structuur van de GCN achtergrond concentraties te zien. De SO₂ waarden zijn immers niet gecorrigeerd voor de dubbel telling. Hierdoor zijn de berekende concentraties (zeker op het Tata Steel terrein) te hoog berekend.

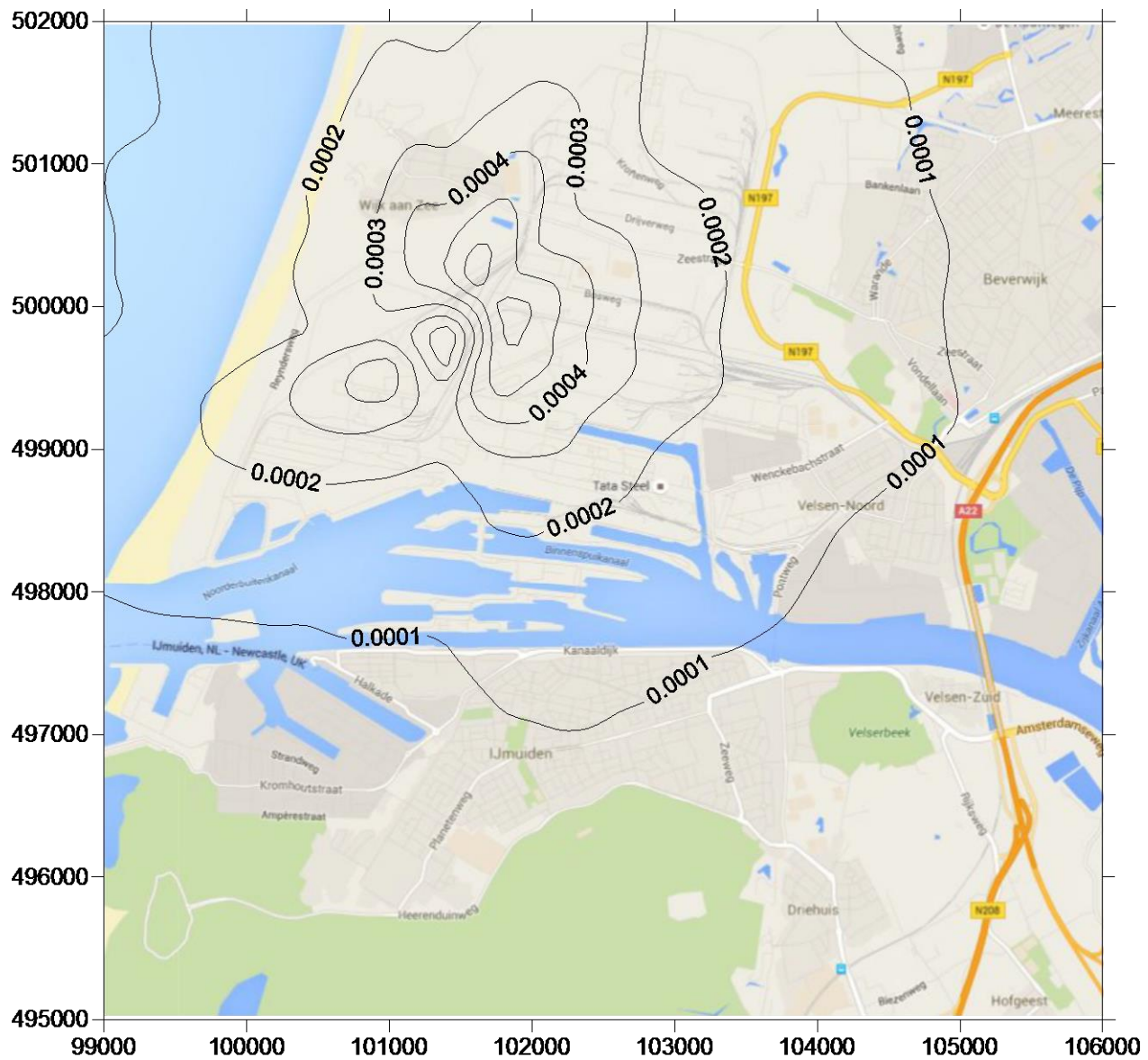


98-percentielwaarden van 8-uur glijdend CO **gemiddelde** concentraties 2018 (met windmolens).

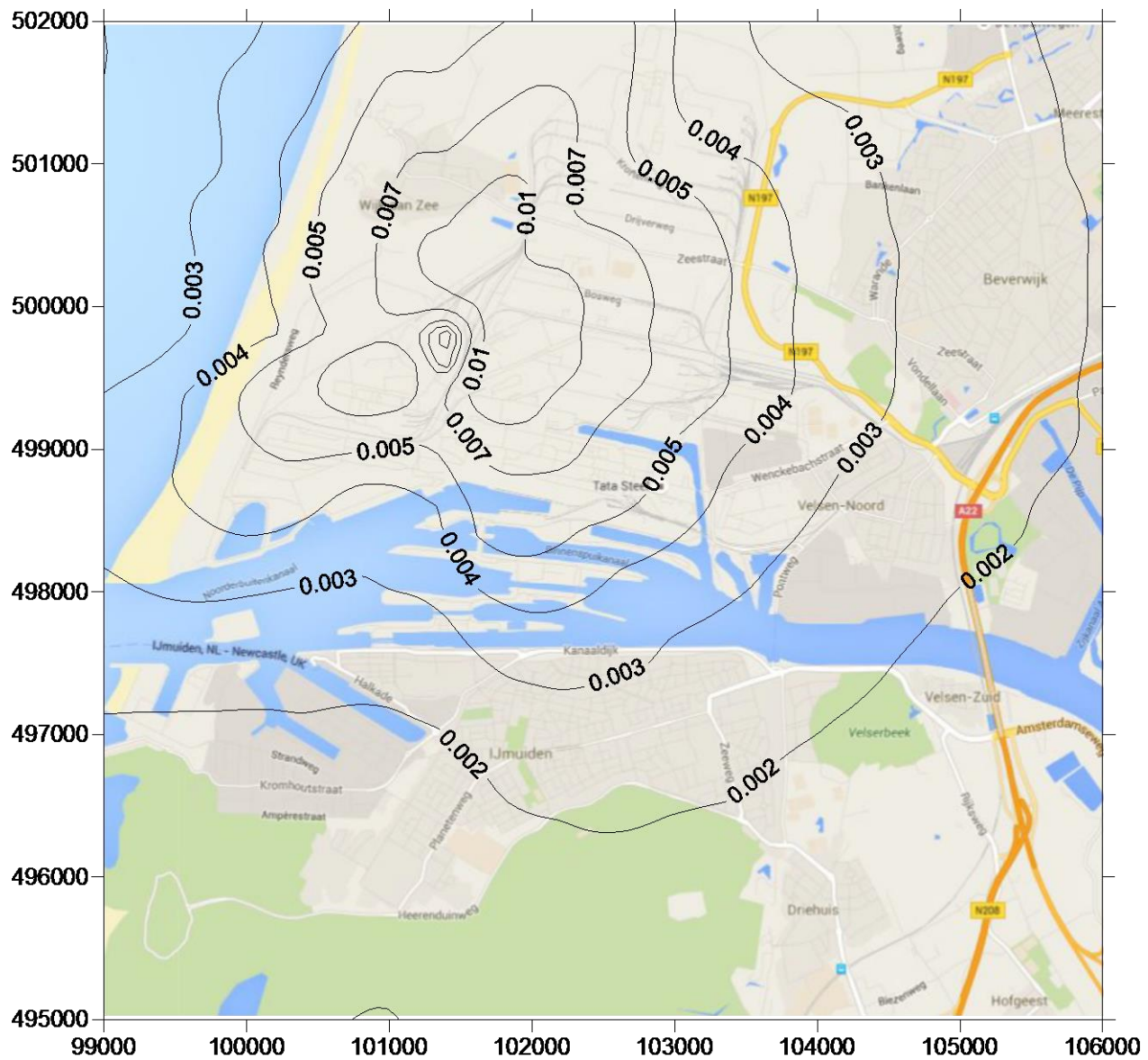


NH3 **jaargemiddelden** concentraties 2018 (met windmolens).

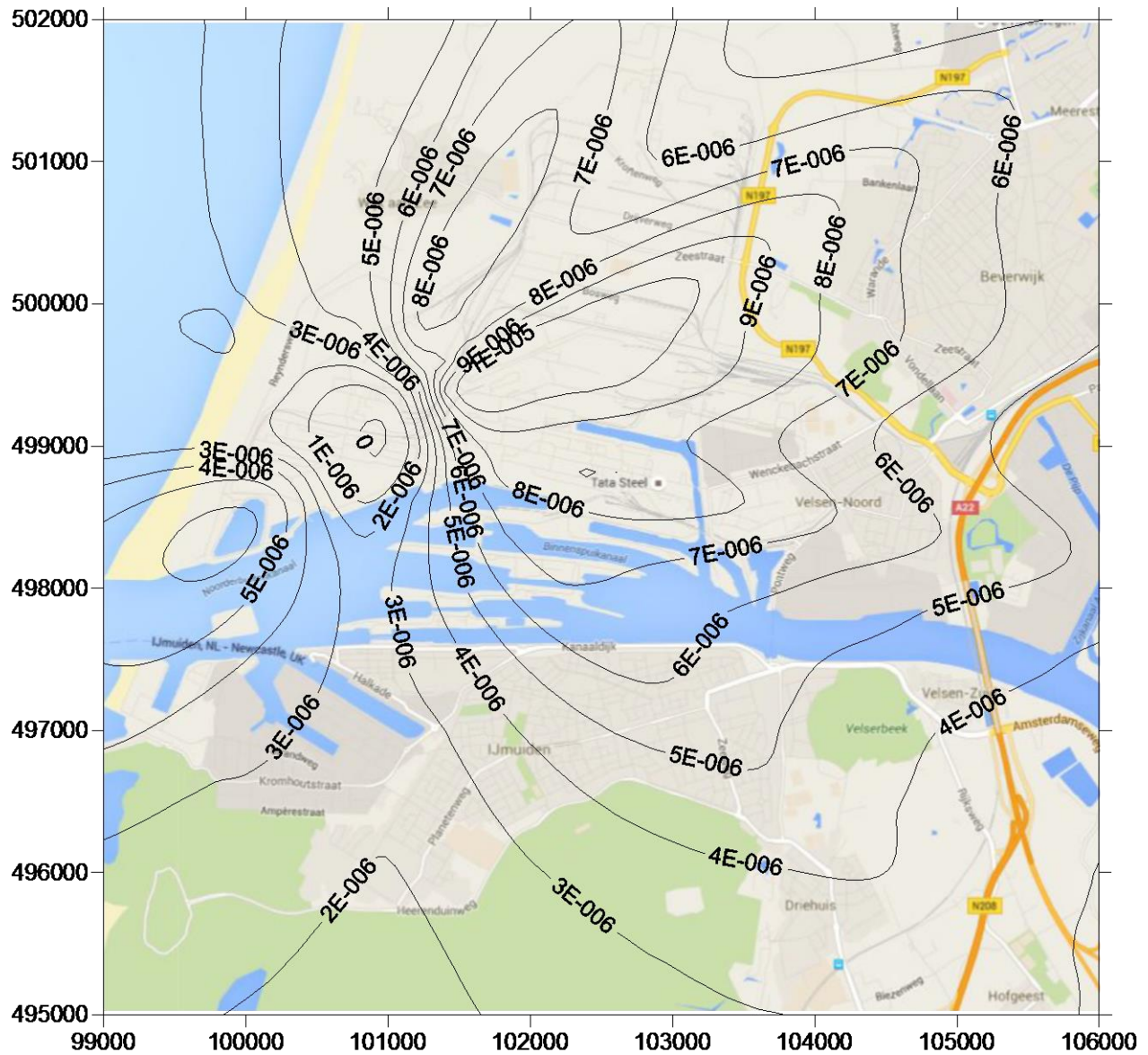
Hier is duidelijk de structuur van de GCN achtergrond concentraties te zien. Te zien is dat de achtergrond de concentraties geheel domineert. De bijdrage van Tata Steel is nauwelijks zichtbaar.



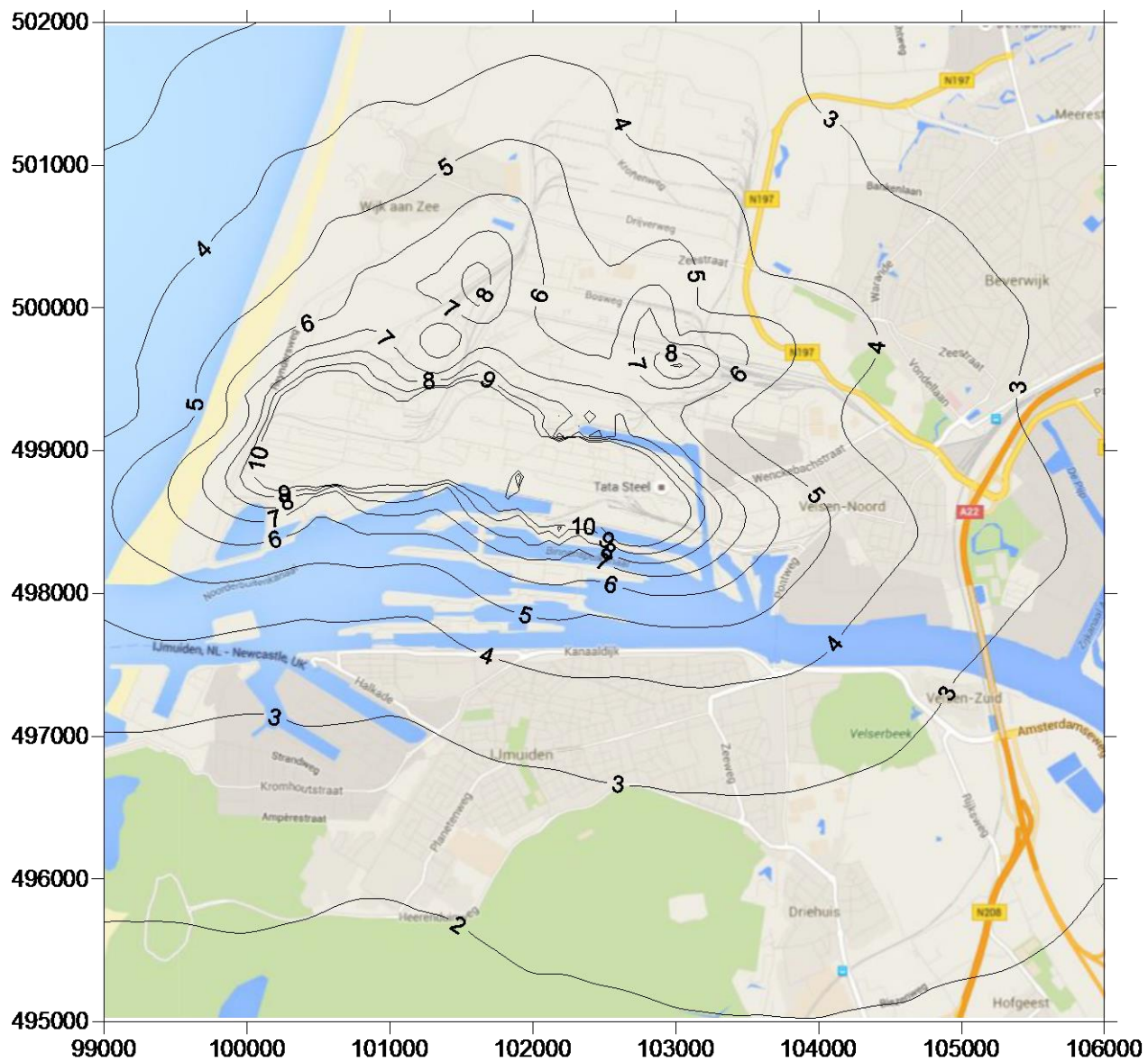
Jaargemiddelden cadmium (Cd) concentraties 2018 (met windmolens).



Jaargemiddelden lood (Pb) concentraties 2018 (met windmolens).



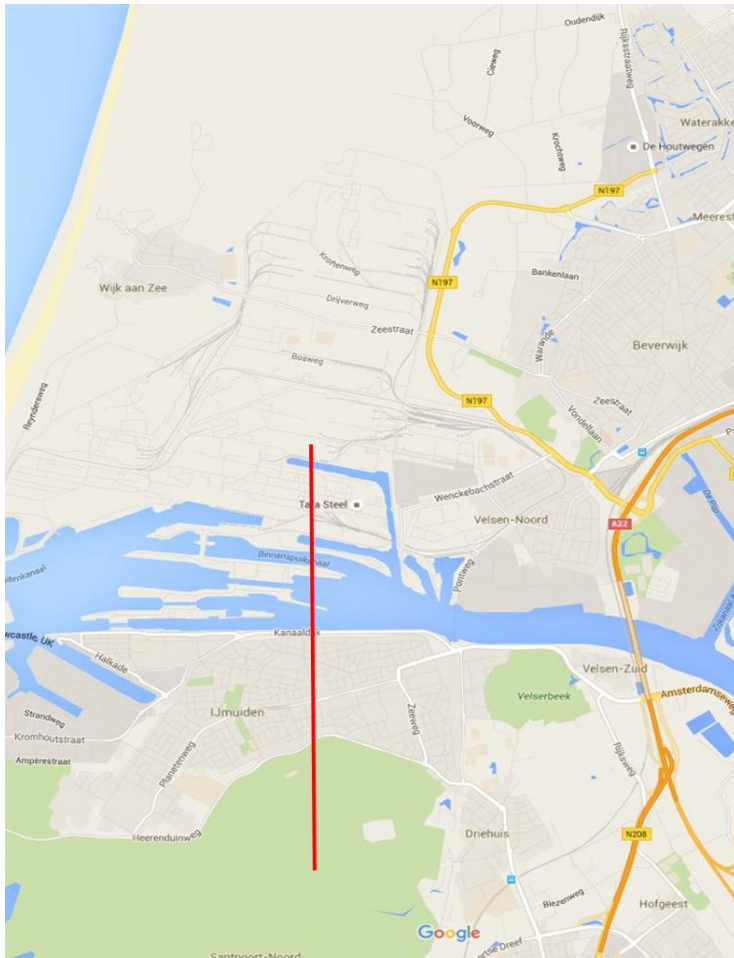
Jaargemiddelden kwik (Hg) concentraties 2018 (met windmolens).



98-percentielwaarden van 1-uur **gemiddelde** geur concentraties 2018 (met windmolens).

Bijlage F. Effect windmolens op 3 brontypen

IN deze bijlage zijn de berekeningsresultaten gegeven van concentratieprofielen over de lijn van noord naar zuid over een afstand van ongeveer 5km (de rode lijn in onderstaande figuur F1.).

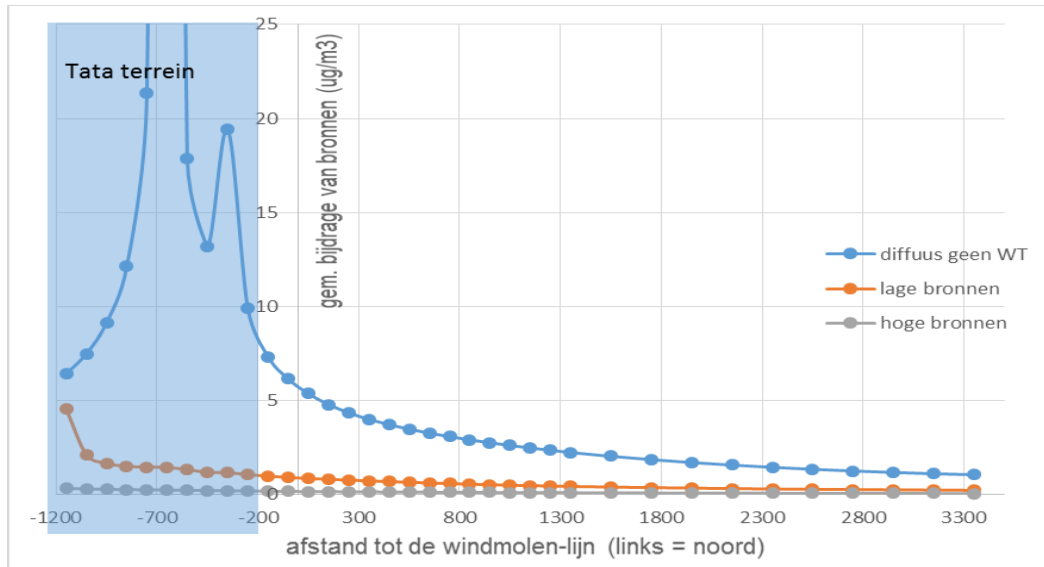


Figuur F1. NZ lijn voor concentratieberekeningen.

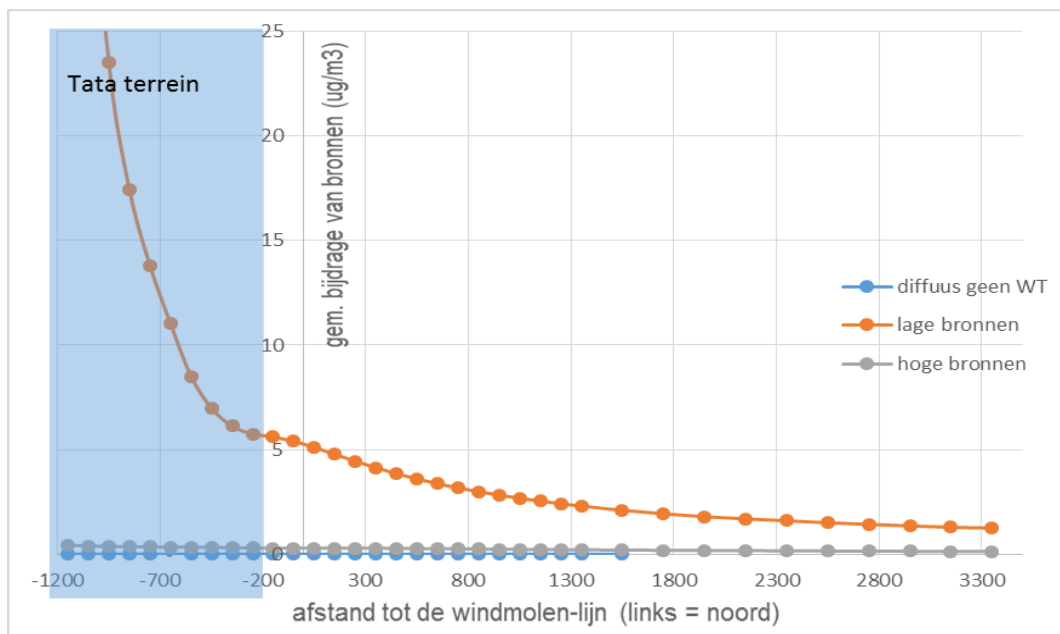
Voor deze lijn zijn concentraties berekend van PM10 en SO2 in de situatie zonder windmolens en de situatie met windmolens. Drie brongroepen zijn beschouwd: de diffuse bronnen (die zich op de grond bevinden), de lage schoorstenen (puntbronnen), tot 50 m hoog en de hoge schoorstenen, hoger dan 50 m. In figuur F.2 staan de **jaargemiddelde** concentraties van PM10, uitgesplitst naar de bijdragen van de drie brongroepen en in figuur F3 de SO2 waarden. Om te bezien wat de effecten van de windmolens kunnen zijn, wordt gekeken naar de bronbijdragen, dus zonder de achtergrondconcentraties.

In figuur F4, F5 en F6 zijn de resultaten voor de afzonderlijke bronbijdragen gegeven voor PM10. In figuur F7 is het relatieve effect van de windmolens gegeven: in de figuur staat met

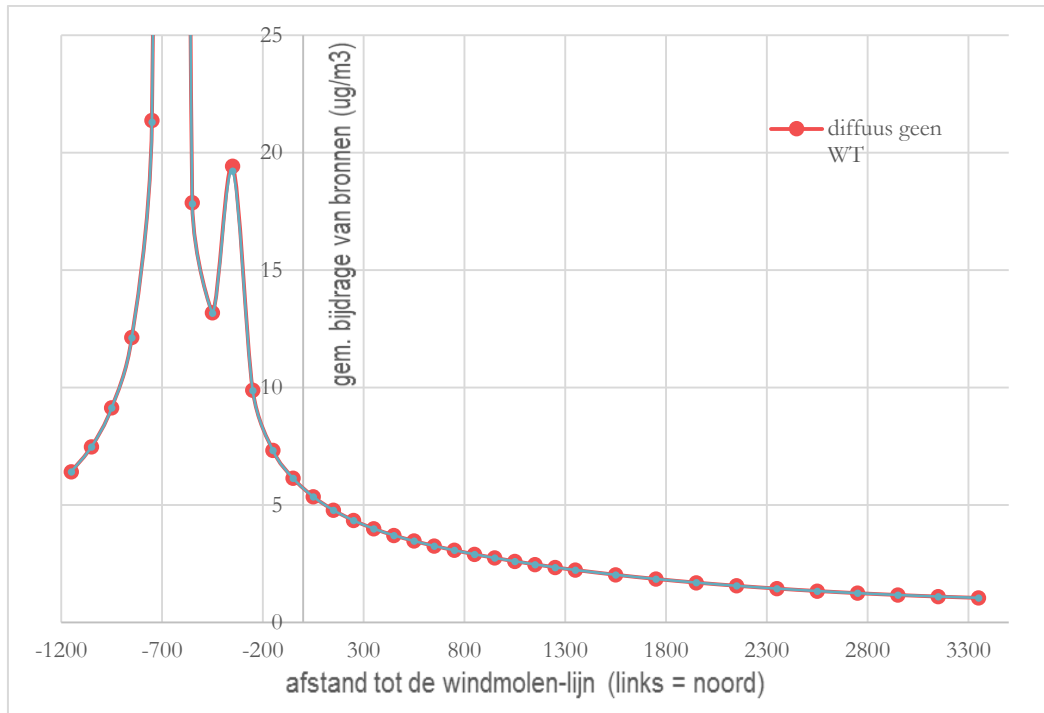
hoeveel procent de concentraties toenemen (+) of afnemen(-). In figuren F8 en F9 zijn de resultaten voor de afzonderlijke bronbijdragen gegeven voor SO₂, weer met of zonder plaatsing van de windmolens. Figuur F10 geeft de relatieve effecten van de windmolens op de SO₂ concentraties, uitgedrukt in procenten toename (+ getallen) of afname (- getallen).



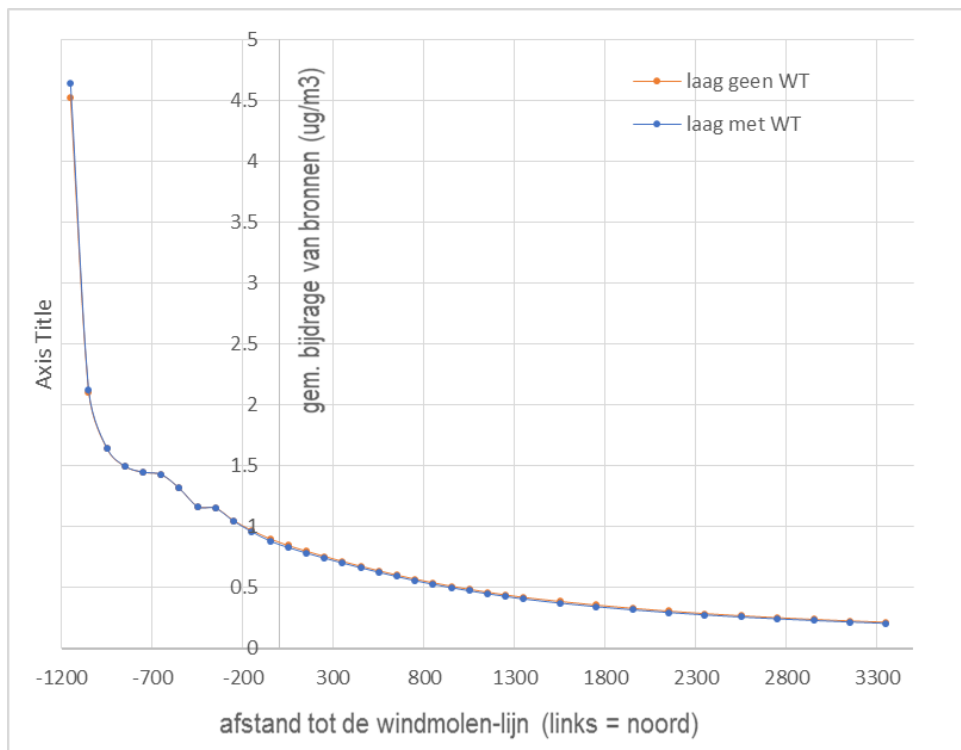
Figuur F2. Jaargemiddelde PM10 concentraties: de bijdragen van 3 brongroepen (grondbronnen – diffuus, lage schoorstenen en hoge schoorstenen. Blauw gearceerd: Tata terrein.



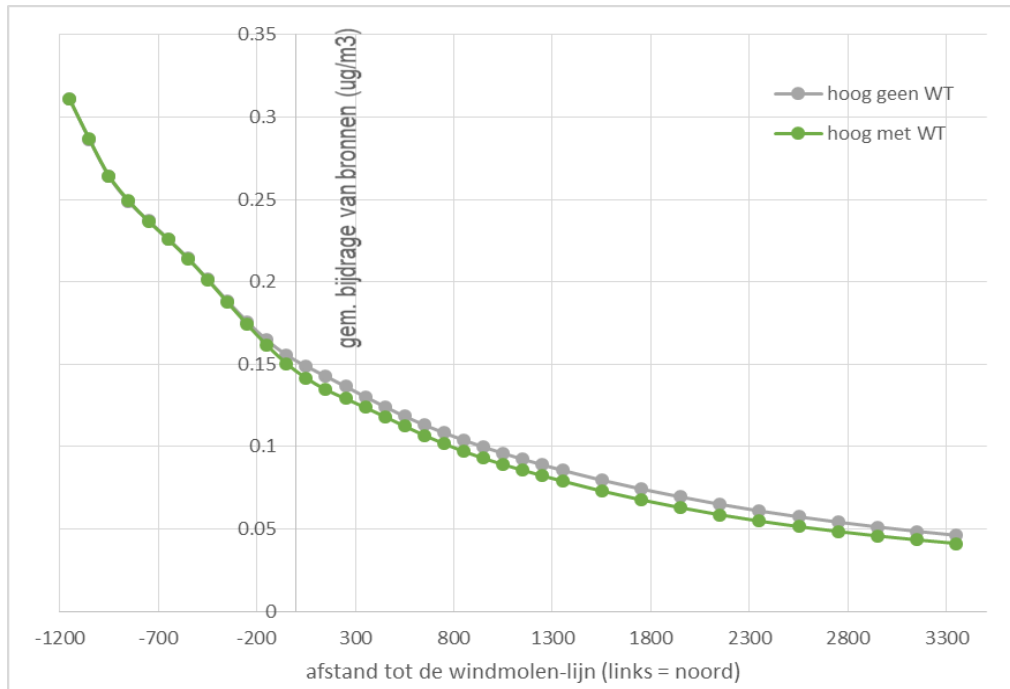
Figuur F3. Jaargemiddelde SO₂ concentraties: de bijdragen van 3 brongroepen (grondbronnen – diffuus, lage schoorstenen en hoge schoorstenen. Blauw gearceerd: Tata terrein.



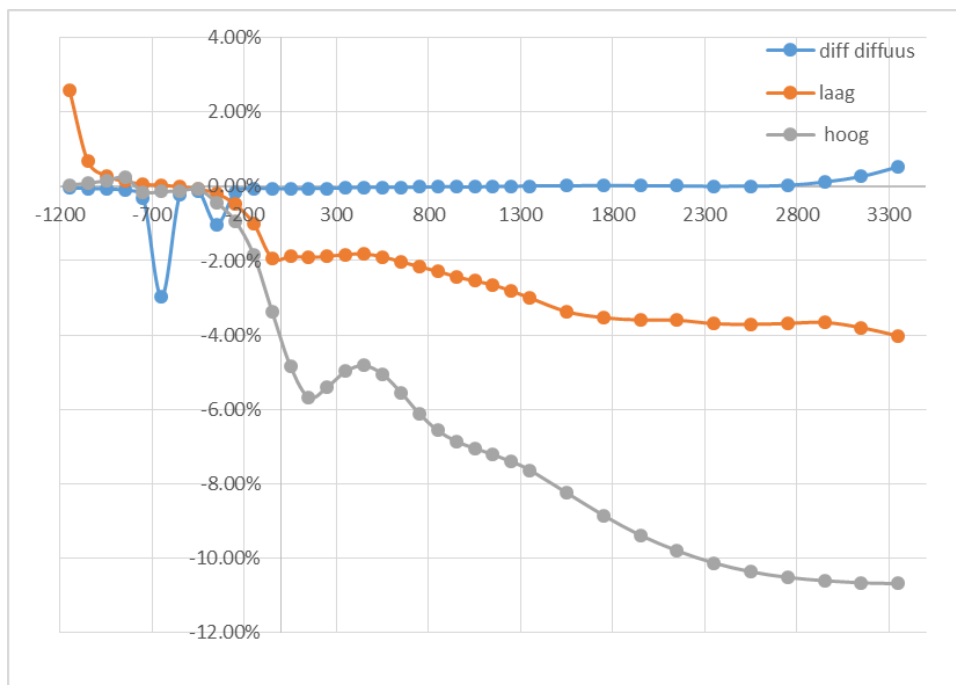
Figuur F4. Bijdrage van grondbronnen (diffuus) aan jaargemiddelde PM10 concentraties; met en zonder windmolens (verschil is gering)



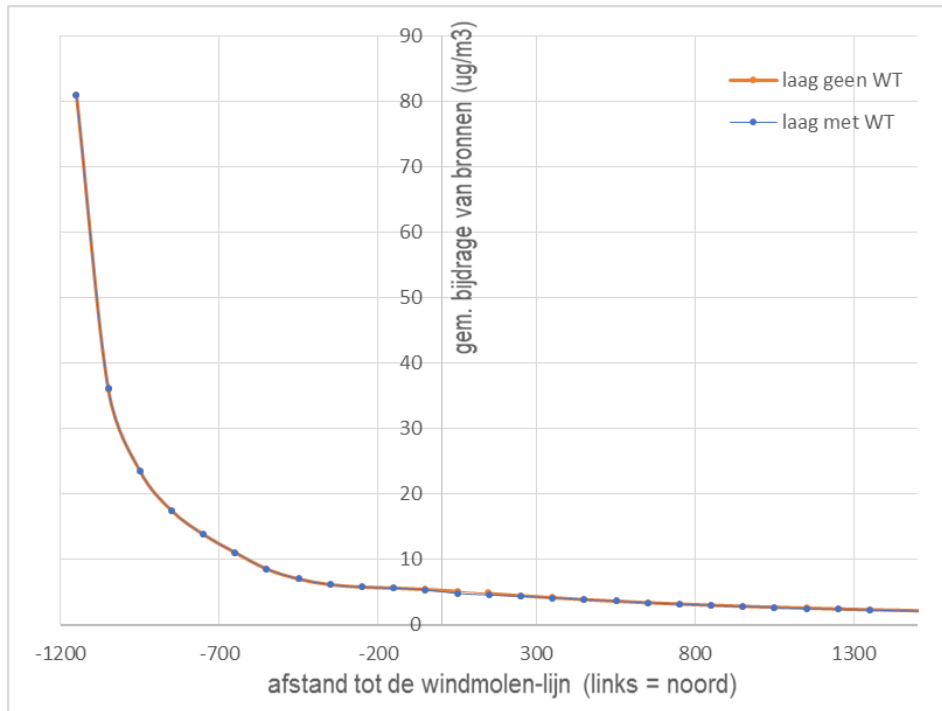
Figuur F5. Bijdrage van lage bronnen (puntbronnen) aan jaargemiddelde PM10 concentraties; met en zonder windmolens (verschil is gering).



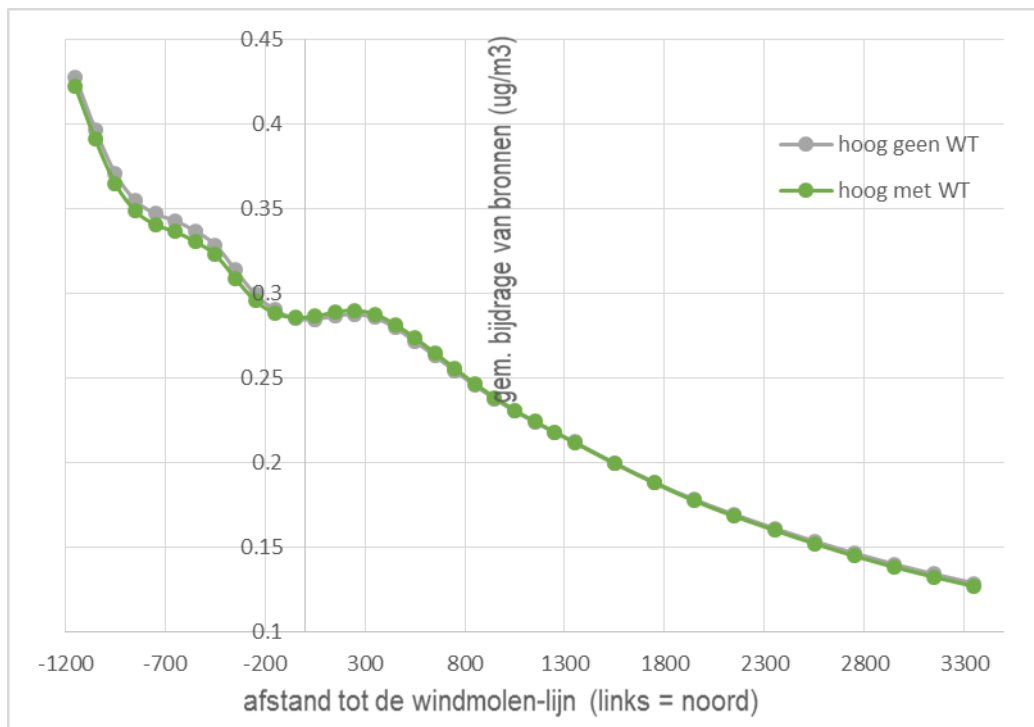
Figuur F6. Bijdrage van hoge bronnen (puntbronnen) aan jaargemiddelde PM10 concentraties; met en zonder windmolens (verschil is max 10%).



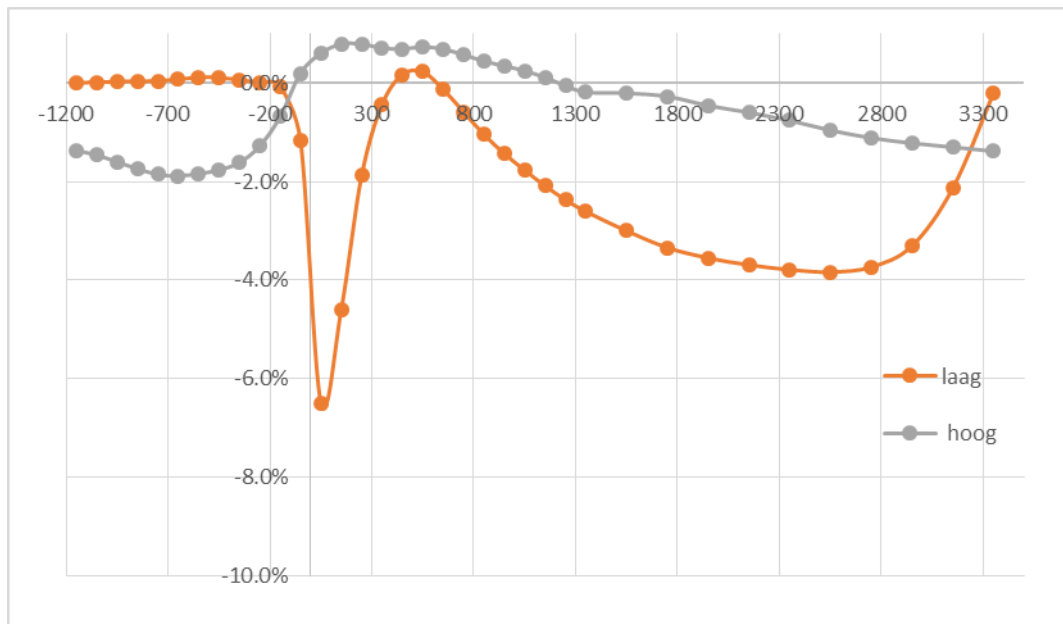
Figuur F7. Relatieve toe- of afname (negatieve getallen) voor jaargemiddelde PM10 concentraties bij plaatsing van windmolens, Afzonderlijk voor de drie brongroepen (diffuus, laag en hoog).



Figuur F8. Bijdrage van lage bronnen (puntbronnen) aan jaargemiddelde SO2 concentraties; met en zonder windmolens (verschil is gering).



Figuur F9. Bijdrage van hoge bronnen (puntbronnen) aan jaargemiddelde SO2 concentraties; met en zonder windmolens (verschil is max 2%).



Figuur F10. Relatieve toe- of afname(negatieve getallen) voor jaargemiddelde SO2 concentraties bij plaatsing van windmolens, Afzonderlijk voor de drie brongroepen (laag en hoog). Bijdrage van diffuse bronnen is nul (er zijn geen diffuse SO2 bronnen).