

De invloed van een verbeterde methode voor het berekenen van de depositiesnelheid op de N-depositie en de NO_x-concentratie

Wilco de Vries, Jan Aben
26-05-2014

Inleiding

Voor het berekenen van de depositiesnelheid wordt in OPS gebruik gemaakt van de routine DEPAC. DEPAC berekent op basis van het landgebruik de (effectieve) gewasweerstand R_c (zie de bijlage voor de in DEPAC onderscheiden landgebruiksklassen). Tot en met versie 4.3.16 wordt de routine DEPAC voor elke gridcel waarvoor de depositie moet worden berekend slechts éénmaal aangeroepen met het *dominante* landgebruik van de beschouwde gridcel als argument. In de praktijk geeft dit soms aanleiding tot niet overeenstemmende waarden voor de aerodynamische weerstand (R_a) en R_c . De aerodynamische weerstand wordt namelijk berekend op basis van een gridcel *gemiddelde* ruwheid (z_0). Hierin zijn alle in de gridcel voorkomende landgebruiken verdisconteerd, gewogen met de frequentie van voorkomen. Een voorbeeld is een gridcel met 50.1% gras en 49.9% naaldbos. Een dergelijke gridcel kan voorkomen aan de rand van een bos dat met weiland is omgeven

Om aan dit bezwaar tegemoet te komen wordt vanaf versie 4.4 DEPAC aangeroepen voor elk van de in de betreffende gridcel voorkomende landgebruiken. Op basis van de n waarden voor R_c (max 9) die door DEPAC worden terug gegeven aan OPS, berekent OPS een gemiddelde waarde voor de droge depositiesnelheid V_d , die vervolgens in de berekening van de depositie op de betreffende gridcel wordt toegepast.

Dit document beschrijft de gekozen middelingmethode en de invloed van de nieuwe methodiek op de concentratie en depositie van relevante stoffen. Ook wordt ingegaan op de toename in rekestijd.

Middelingsmethode

Het verband tussen de droge depositiesnelheid V_d en de (effectieve) gewasweerstand R_c wordt gegeven door:

$$V_d = \frac{1}{R_a + R_b + R_c} \quad [1]$$

waarbij R_a en R_b staan voor resp. de aerodynamische en de laminaire grenslaagweerstand.

In OPS-versie 4.4 wordt DEPAC voor iedere in de gridcel voorkomende landgebruiksklasse aangeroepen. Uit de geretourneerde waarden voor R_c wordt de met het landgebruik gewogen gemiddelde depositiesnelheid $[\overline{V_d}]$ berekend. Dit kan op twee manieren gebeuren. De eerste manier is:

$$\overline{V_d} = \frac{1}{R_a + R_b + \frac{1}{\sum_i f_i \frac{1}{R_{c,i}}}} \quad [2]$$

De tweede manier is:

$$\overline{V_d} = \sum_i f_i \cdot \frac{1}{R_a + R_b + R_{c,i}} \quad [3]$$

Bij de tweede methode worden ook R_a en R_b in de gewogen middeling betrokken, bij de eerste methode worden alleen de R_c waarden gewogen gemiddeld (via de reciproke waarden).

Formule [2] volgt direct uit formule [1]. Formule[3] wordt inzichtelijk als men uitgaat van de fluxdichtheden F_i naar de afzonderlijke bodembedekkingen.

$$F_i = \frac{C_a}{R_{a,i}+R_{b,i}+R_{c,i}} \quad [4]$$

met C_a de atmosferische concentratie.

De gemiddelde fluxdichtheid per gridcel wordt dan gegeven door:

$$\bar{F} = \sum_i f_i \cdot \frac{C_a}{R_{a,i}+R_{b,i}+R_{c,i}} = C_a \cdot \sum_i f_i \cdot \frac{1}{R_{a,i}+R_{b,i}+R_{c,i}} \quad [5]$$

Tevens geldt:

$$\bar{F} = C_a \cdot \bar{V}_d \quad [6]$$

Formule [3] volgt dan uit [5] en [6] onder de aanname dat alle $R_{a,i}$ en $R_{b,i}$ gelijk zijn aan elkaar.

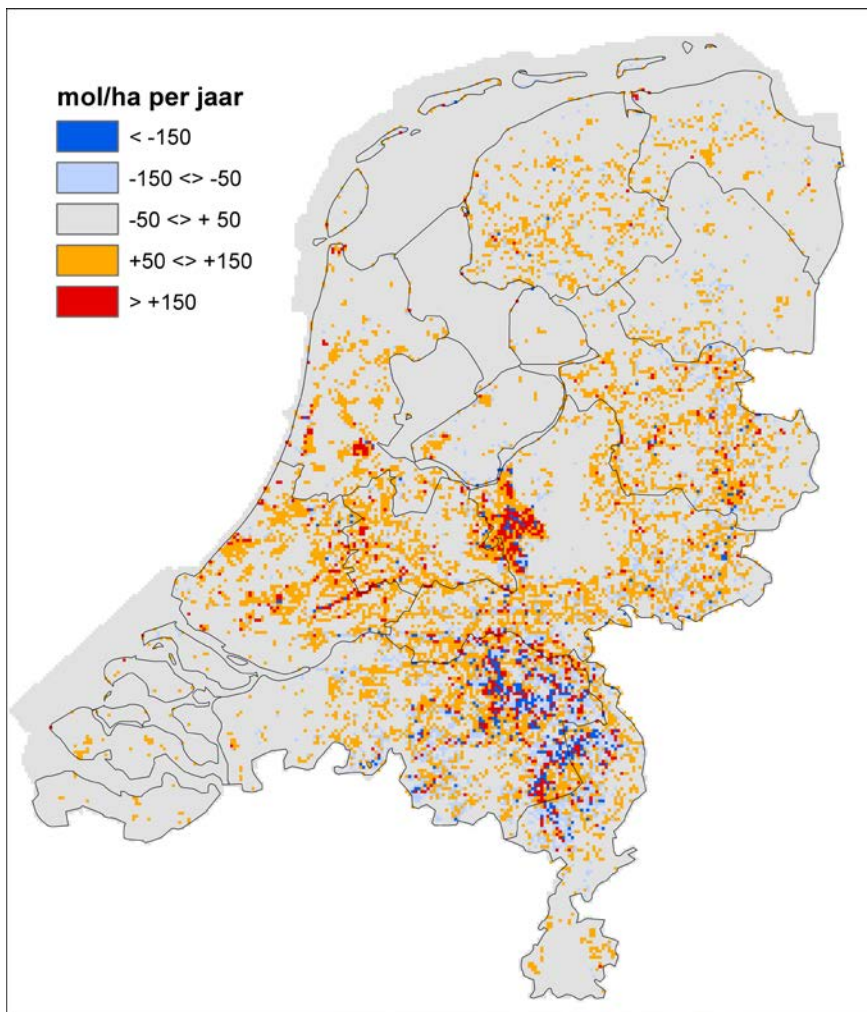
De tweede methode wordt ook toegepast in het EMEP model. De hiermee verkregen resultaten worden hierna beschreven als verschil ten opzichte van de vorige versie (4.3.16).

Effect op depositie

Het effect op de depositie wordt getoond aan de hand van de totale depositie, zijnde de som van droge en natte depositie. Omdat de verbetering primair alleen invloed heeft op de droge depositie is het effect op de totale depositie gelijk aan het effect op de droge depositie.

NH_x-depositie

Figuur 1 laat het verschil zien tussen de nieuwe en de oude berekeningsmethode. De grootste verschillen treden op in de hoog belaste gebieden in Brabant en de Gelderse Vallei. Gemiddeld over alle gridcellen waarvoor de berekening is uitgevoerd bedraagt het verschil +20 mol ha⁻¹ j⁻¹.



Figuur 1: Verandering in de NH_x -depositie (in $\text{mol ha}^{-1} \text{j}^{-1}$)

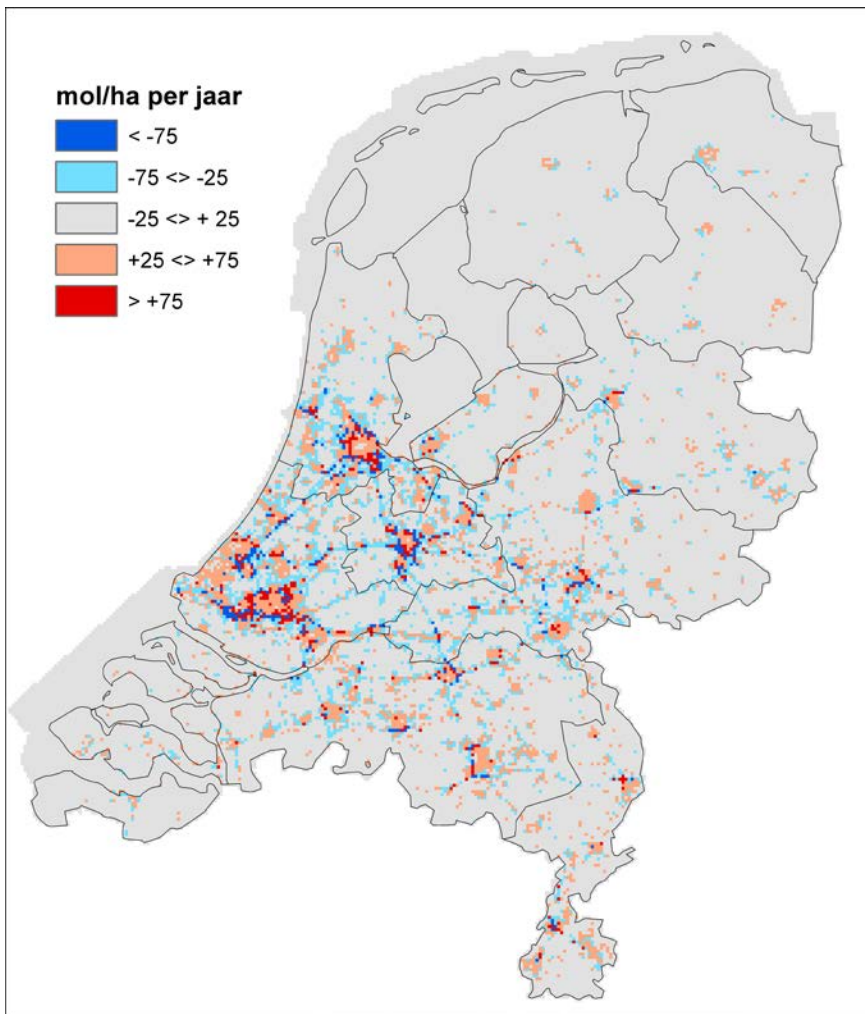
In Tabel 1 wordt de verandering per landgebruiksklasse gegeven. Dit verschil is bepaald door zowel voor de oude methode als de verbeterde methode de gemiddelde depositie te bepalen voor de gridcellen waarvoor het van toepassing zijnde landgebruik dominant is. De mate waarin de depositie verandert hangt af van de belasting, de heterogeniteit van de landbedekking en de verschillen in R_c tussen de voorkomende landgebruiksklassen. De grootste verandering treedt op voor gras, de kleinste voor loofbos.

Tabel 1: Verandering in NH_x -depositie per landgebruiksklasse (in $\text{mol ha}^{-1} \text{j}^{-1}$)

| Landgebruik | 4.3.16 | 4.4 | Δ |
|---------------------|--------|------|----------|
| 1-Gras | 872 | 920 | +50 |
| 2-Akkerland | 791 | 768 | -3 |
| 3-Vaste gewassen | 782 | 814 | +33 |
| 4-Naaldbos | 1080 | 1069 | -10 |
| 5-Loofbos | 944 | 950 | +7 |
| 6-Water | 486 | 460 | -25 |
| 7-Bebouwing | 1356 | 1375 | +20 |
| 8-Overig grasachtig | 500 | 510 | +10 |
| 9-Kale grond | 321 | 310 | -11 |

NO_y-depositie

Figuur 2 toont het verschil tussen de nieuwe en de oude berekeningsmethode. De grootste verschillen treden op bij de stedelijke agglomeraties en bij wegen. Gemiddeld over het beschouwde domein bedraagt de verandering -2 mol ha⁻¹ j⁻¹.



Figuur 2: Verandering in de NO_y-depositie (in mol ha⁻¹ j⁻¹)

Tabel 2 presenteert de gemiddelde verandering per landgebruiksklasse. De grootste verandering treedt op voor de cellen waarvoor bebouwing het dominante type is. Opvallend is dat de veranderingen voor NH_x en NO_y niet *per se* in dezelfde richting zijn.

Tabel 2: Verandering in NO_y-depositie per landgebruiksklasse (in mol ha⁻¹ j⁻¹)

| Landgebruik | 4.3.16 | 4.4 | Δ |
|---------------------|--------|-----|-----|
| 1-Gras | 233 | 221 | -13 |
| 2-Akkerland | 189 | 184 | -5 |
| 3-Vaste gewassen | 259 | 248 | -11 |
| 4-Naaldbos | 202 | 218 | +15 |
| 5-Loofbos | 249 | 242 | -6 |
| 6-Water | 164 | 191 | +27 |
| 7-Bebouwing | 264 | 312 | +47 |
| 8-Overig grasachtig | 192 | 182 | -10 |
| 9-Kale grond | 116 | 125 | +10 |

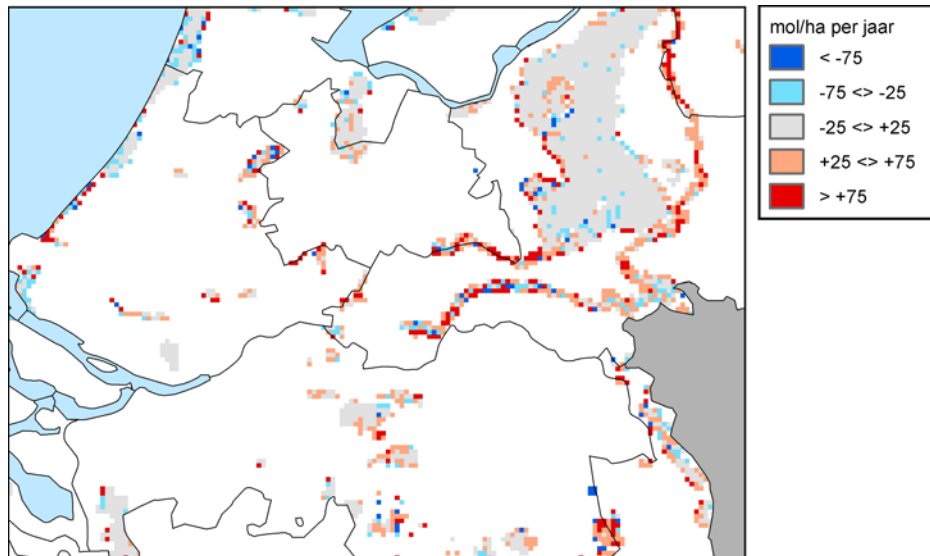
N-depositie op Natura2000 gebieden

De N-depositie op Natura 2000 gebieden is voor de PAS van belang. Gemiddeld over alle 162 Natura 2000 gebieden stijgt de depositie met $3.5 \text{ mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$. De vijf gebieden met de grootste stijging en de vijf gebieden met de grootste daling worden in Tabel 3 getoond.

Tabel 3: De 5 Natura 2000 gebieden met de grootste stijging en daling in N-depositie (in $\text{mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$)

| Natura 2000 gebied | Stijging | Natura 2000 gebied | Daling |
|---------------------|----------|--------------------|--------|
| Uiterwaarden Lek | 127 | Groot Zandbrink | -105 |
| Boddenbroek | 80 | Wooldse Veen | -33 |
| Groote Peel | 67 | Lepelaarplassen | -30 |
| Oeffelter Meent | 58 | Lieftingsbroek | -22 |
| Uiterwaarden IJssel | 55 | Duinen Vlieland | -20 |

Figuur 3 toont de verandering in de N-depositie voor de Natura 2000 gebieden in midden Nederland



Figuur 3: Verandering in N-depositie (in $\text{mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) voor Natura 2000 gebieden in midden Nederland.

Effect op de NO_x -concentratie

In theorie heeft de veranderde depositie ook invloed op de concentratie in de lucht, hoewel het verwachte effect niet groot is. Relevant is de verandering van de NO_x -concentratie. In Tabel 5 wordt de gemiddelde verandering in de NO_x -concentratie gepresenteerd per stedelijke agglomeratie en voor geheel Nederland. In alle gevallen is de gemiddelde verandering nagenoeg gelijk aan $0 \mu\text{g m}^{-3}$. Op het niveau van de individuele gridcel ($1 \times 1 \text{ km}$ groot) blijft de verandering ruim binnen $1 \mu\text{g m}^{-3}$.

Tabel 5: Verandering in NO_x -concentratie (in $\mu\text{g m}^{-3}$) voor NL gemiddeld en de stedelijke agglomeraties.

| | Concentratieverandering ($\mu\text{g m}^{-3}$) | | |
|---------------------|--|------|------|
| | gem | min | max |
| NL | +0.04 | -0.7 | +0.7 |
| Amsterdam/Haarlem | +0.06 | -0.7 | +0.6 |
| Utrecht | +0.11 | -0.6 | +0.6 |
| Den-Haag/Leiden | +0.02 | -0.6 | +0.7 |
| Rotterdam/Dordrecht | -0.01 | -0.7 | +0.7 |
| Eindhoven | +0.02 | -0.4 | +0.4 |
| Heerlen/Kerkrade | +0.02 | -0.3 | +0.2 |

Effect op de rekentijd

De extra rekentijd bedraagt ongeveer 30-35% van de originele rekentijd.

Conclusies

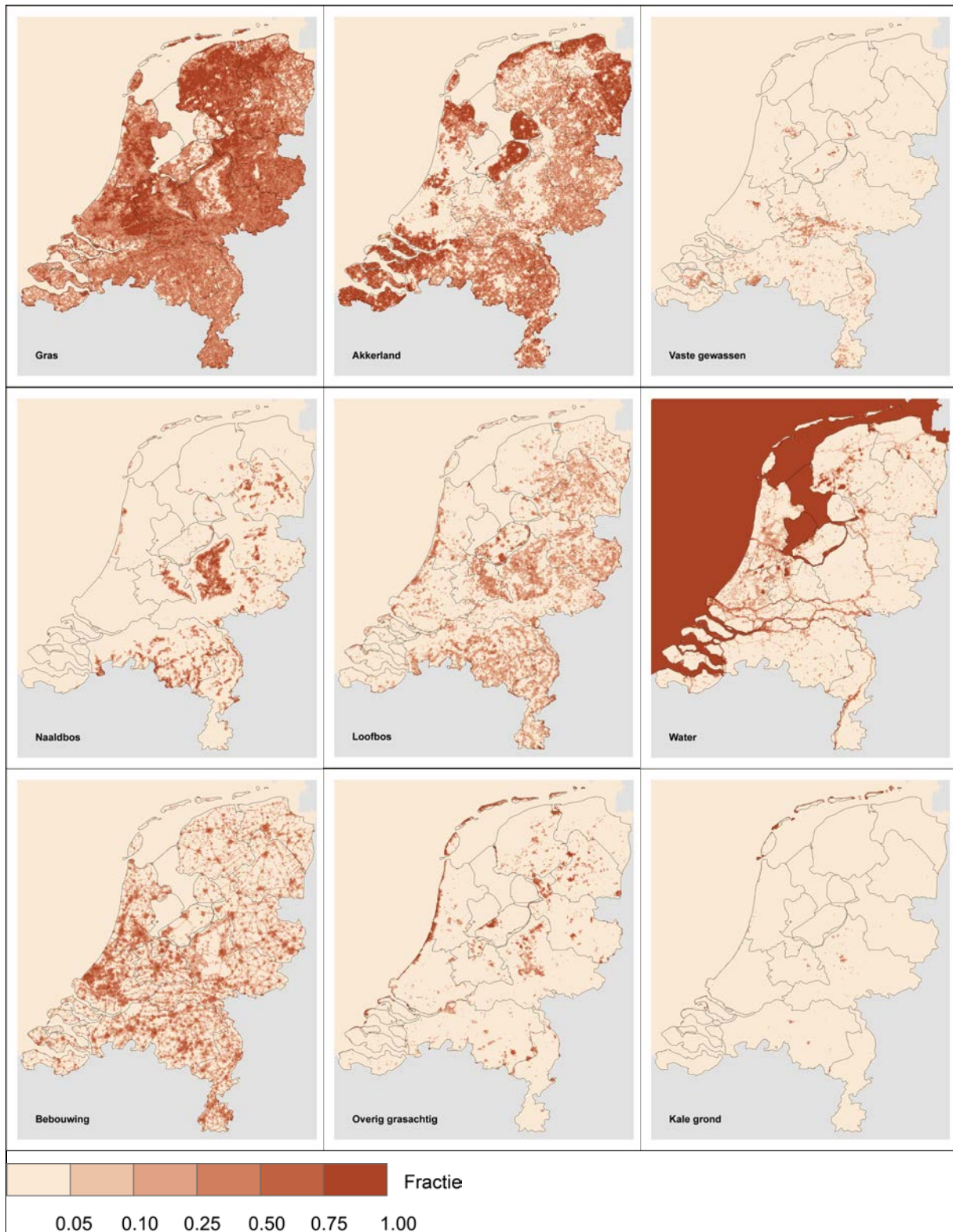
- De grootste verschillen in depositie treden op in de hoog belaste gebieden. Voor NH_x zijn dit de gebieden met intensieve veeteelt in Brabant en de Gelderse Vallei, voor NO_y zijn dit de stedelijke gebieden en drukke verkeerswegen.
- De gemiddelde depositie op Nederland verandert met $15 \text{ mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ slechts weinig. De verschillen op gridcel niveau kunnen echter zeer aanzienlijk zijn, stijgingen en dalingen van enkele honderden molen per ha komen voor.
- De gemiddelde depositie op de Natura2000 gebieden stijgt licht met $3.5 \text{ mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$. Voor individuele gebieden kunnen de verschillen echter zeer aanzienlijk zijn, stijgingen en dalingen tot ruim $100 \text{ mol ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ komen voor.
- Op de gemiddelde NO_x -concentratie is het effect zeer gering, $< 0.04 \mu\text{g m}^{-3}$. Op gridcelniveau worden verschillen van $+0.7$ tot $-0.7 \mu\text{g m}^{-3}$ gevonden.

Bijlage

De module DEPAC onderscheidt 9 typen landgebruik, te weten:

1. grasland
2. akkerland
3. vaste gewassen
4. naaldbos
5. loofbos
6. water
7. bebouwing
8. overige natuur
9. kale grond

In Figuur A1 op de volgende pagina wordt het percentage voorkomen van deze landgebruik typen per 1x1 km cel getoond.



Figuur A1: De fractie van de DEPAC landgebruiktypen per 1x1 km cel