

Analyse NA-factor ammonium en chloride

Deelonderzoek in het kader van Duurzaam Stortbeheer

Stichting Duurzaam Storten

19 oktober 2012

Definitief rapport

9X5677

HASKONING NEDERLAND B.V.
STAD, OMGEVING & STRATEGIE

Entrada 301
Postbus 94241
1090 GE Amsterdam
+31 20 569 77 00 Telefoon
Fax
Info@amsterdam.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 08122561 KvK

Documenttitel Analyse NA-factor ammonium en chloride
Deelonderzoek in het kader van Duurzaam Stortbeheer

Verkorte documenttitel

Status Definitief rapport

Datum 19 oktober 2012

Projectnaam IDS-Analyse gemeten analyses NAVOS- en
NA-projecten

Projectnummer 9X5677.03

Opdrachtgever Stichting Duurzaam Storten

Referentie 9X5677/R002/902281/F

Auteur(s) dr. M.J.M. van Meeteren en drs. M.E. van Vliet

Collegiale toets ir. J.H.D. Timens

Datum/paraaf 19/10/2012 

Vrijgegeven door dr. M.J.M van Meeteren

Datum/paraaf 19/10/2012 

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 AANLEIDING	1
2 DOELSTELLING, UITGANGSPUNTEN EN AANPAK	3
2.1 Doelstelling	3
2.2 Uitgangspunten	3
2.3 Aanpak	3
3 DATA	4
3.1 Database	4
4 SELECTIE D- EN B-PEILBUIZEN	7
4.1 Selectie op basis van redoxpotentiaal	7
4.2 Aquifer	7
4.3 Deklaag	8
4.4 Polder	8
4.5 Samenvatting geselecteerde data	8
5 STATISTIEK DATA	10
5.1 Alle data van de 80 stortplaatsen	10
5.1.1 Bodemtype Aquifer	10
5.1.2 Bodemtype Deklaag	12
5.1.3 Bodemtype Polder	15
5.2 Geselecteerde data	17
5.2.1 Bodemtype Aquifer	17
5.2.2 Bodemtype Deklaag	19
5.2.3 Bodemtype Polder	22
6 BEREKENING NA-FACTOR	24
6.1 Mediaan en gemiddelde	24
6.2 NA-factor per stortplaats	24
6.3 NA-factor per bodemtype	26
6.3.1 Statistische toetsing NA-factoren	27
7 DISCUSSIE EN CONCLUSIE	30

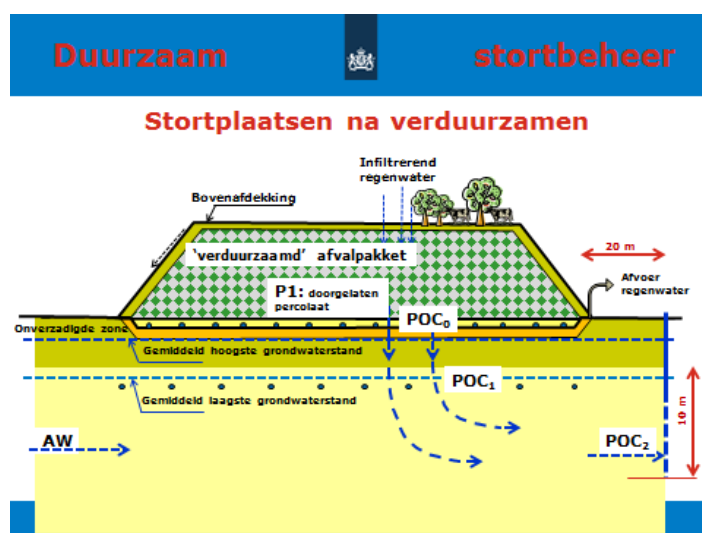
Bijlage

1. Geografische ligging geselecteerde stortplaatsen

1 AANLEIDING

In het kader van het landelijke project Introductie Duurzaam Stortbeheer (IDS) leidt het RIVM/ECN emissietoetswaarden (ETW) af voor het grondwater bij stortplaatsen. Hiervoor heeft het RIVM/ECN in mei van dit jaar een notitie opgesteld¹ met de uitgangspunten voor de modelberekening van de emissietoetswaarden (ETW). In de uitgangspuntennotitie is beschreven dat tijdens het transport van stoffen uit het stort van POC_0 naar POC_1 en POC_2 alleen rekening wordt gehouden met chemische vastlegging en verdunning (Figuur 1.1). Een eerste discussie hierover met betrokken partijen leidde tot de wederzijdse indruk dat dit voor ammonium en chloride tot dusdanig strenge ETW leidt, dat de maatregelen in het kader van duurzaam stortbeheer niet afdoende zijn om de daarbij behorende emissiereductie te realiseren.

De door RIVM/ECN berekende factor tussen concentraties in het percolaat (POC_0) en concentraties stroomafwaarts van het stort in het grondwater (POC_2) (zie Figuur 1.1) zijn zodanig laag, dat dit teruggerekend vanuit de gestelde norm in POC_2 zou leiden tot zeer lage toelaatbare concentraties in het percolaat (POC_0).



Figuur 1.1: Verspreidingsmodel vanuit de stortplaats (POC staat voor Point Of Compliance)

In omgekeerde richting houdt dit in dat de afname van concentraties van stoffen tijdens het transport van POC_0 naar POC_2 in het rekenmodel gering is en leidt tot relatief hoge concentraties in POC_2 . Dit lijkt niet in overeenstemming te zijn met de resultaten van de NA-grondwatermonitoring op 80 voormalige NAVOS-stortplaatsen in Nederland², waar in de praktijk lagere concentraties in POC_2 worden gemeten. In de praktijk spelen tijdens de verspreiding van stoffen uit het stort meer processen een rol dan verdunning en chemische vastlegging, de zogenaamde NA-processen, uitgedrukt in een NA-factor. Ammonium kan bijvoorbeeld door biologische oxidatie worden afgebroken waardoor de concentratie in het grondwater afneemt.

¹ Notitie uitgangspunten voor de modelberekening van emissietoetswaarden, Fase 2 van het project Introductie Duurzaam Stortbeheer, ECN/RIVM, 7 mei 2012.

² Natural Attenuation en voormalige stortplaatsen, DUIV-kerngroep NAVOS, IPO-publicatienummer 141, uitgevoerd door Royal Haskoning i.s.m. TNO, Bioclear en de Vrije Universiteit Amsterdam, integraal hoofdrapport, 25 juni 2002

In opdracht van de Stichting Duurzaam Storten heeft Haskoning Nederland BV, hierna te noemen Royal HaskoningDHV, in september 2012 een analyse uitgevoerd naar de hypothese dat de concentratieverschillen tussen POC₁ en POC₂ bij de NAVOS-stortplaatsen groter zijn dan op grond van berekende RIVM/ECN-verdunningsfactoren wordt verondersteld. Deze analyse is uitgevoerd per bodemtype en stof³. Na bespreking van deze analyse is besloten dat aanvullende analyse van de verdunningsfactor tussen POC₁ en POC₂ voor ammonium en chloride op stortplaatsniveau nodig is. Dit rapport geeft invulling aan deze vraag.

³ Analyse NA-metingen NAVOS-stortplaatsen. Deelonderzoek in het kader van Introductie Duurzaam Stortbeheer, d.d., 3 september 2012. Conceptrapport Royal HaskoningDHV.

2 DOELSTELLING, UITGANGSPUNTEN EN AANPAK

2.1 Doelstelling

Het doel van onderhavige rapportage is het berekenen van de NA-factor voor ammonium en chloride in het grondwater op stortplaatsniveau en per bodemtype.

Chloride gedraagt zich in de bodem als conservatieve tracer en de afname in concentratie van de D(POC₁)- naar de B(POC₂)-peilbuizen zal dan ook vooral veroorzaakt worden door verdunning. De concentratie ammonium in de bodem neemt naast verdunning ook af door "Natural Attenuation" processen als afbraak en chemische vastlegging, en zal daardoor relatief sterker afnemen van de D- naar de B-peilbuizen. Het verschil tussen de afname van chloride en ammonium is dus een maat voor de Natural Attenuation in het grondwater.

De resultaten en bevindingen van onderhavige analyse dragen bij aan de discussie over de mogelijke bijdrage van NA-processen in het grondwater bij stortplaatsen tussen POC₁ en POC₂.

2.2 Uitgangspunten

Voor onderhavige nadere analyse zijn een aantal uitgangspunten van belang:

1. de NA-factor wordt berekend aan de hand van de afname in concentratie ammonium en chloride van POC₁ (D-peilbuizen) naar POC₂ (B-peilbuizen);
2. de NA-factor wordt berekend tussen D- en B-peilbuizen waarvan zeker is dat ze in de pluim staan en beïnvloed worden door het stortpercolaat;
3. de afname van de concentratie tussen de D- en B-peilbuizen is per bodemtype en op stortplaatsniveau beschouwd.

2.3 Aanpak

Voor de bepaling van de NA-factor zijn de volgende stappen doorlopen:

1. per stortplaats: selectie D- en B-peilbuizen in de pluim;
2. per stortplaats: berekening gemiddelde concentratie ammonium en chloride in de B- en D-peilbuizen;
3. per stortplaats: berekening NA-factor voor ammonium en chloride;
4. per bodemtype: berekening NA-factor voor ammonium en chloride.

Om het inzicht in de database voor wat betreft ammonium en chloride te vergroten zijn per bodemtype histogrammen voor de gehele dataset en de uiteindelijk geselecteerde data gemaakt. Deze histogrammen zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

3 DATA

3.1 Database

In Nederland zijn in de afgelopen 10 jaar op veel stortplaatsen grondwateranalyses uitgevoerd op het zogenaamde NA-pakket. De volgende 3 projecten zijn geselecteerd:

- Het landelijke NA-project in opdracht van de 'DUIV-kerngroep NAVOS' uit 2002. Het betrof 80 stortplaatsen over 8 provincies, te weten Flevoland (8), Friesland (8), Noord-Brabant (12), Noord-Holland (17), Overijssel (9), Utrecht (7), Zeeland (10) en Zuid-Holland (9);
- Verwerking NAVOS-data provincie Friesland uit 2004 (131 stortplaatsen);
- Vaststellen NA-nulsituatie op 26 stortplaatsen in de provincie Noord-Holland uit 2007.

Het betreft in totaal 237 NAVOS-stortplaatsen, waarin het afval deels onder de grondwaterspiegel is gestort in bijvoorbeeld voormalige zandwinputten en kleiwinningsputten (zie Figuur 3.1). De stortplaatsen zijn operationeel geweest in de periode van circa 1950 tot circa 1980, een periode waarin nog geen sprake was van gescheiden inzameling van afval. Om die reden is de samenstelling van het gestorte afval organisch gedecteerd door de aanwezigheid van huishoudelijk en GFT-afval.

Milieubeschermdende maatregelen in de vorm van ondoorlatende boven- en onderafdichtingen zijn afwezig, waardoor tijdens de afgelopen decennia regenwater vrij kon infiltreren en emissie van stoffen uit het stort naar het grondwater onbelemmerd kon plaatsvinden.

De NA-metingen zijn destijds onderverdeeld in drie **locatietypen** (Figuur 3.1):

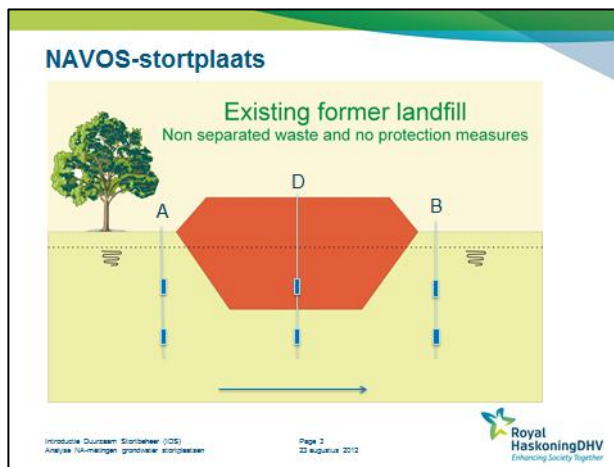
- A-peilbuizen: peilbuizen stroomopwaarts van het stort in natuurlijk niet stort-beïnvloed grondwater;
- B-peilbuizen: peilbuizen, dicht tegen de stroomafwaartse stortrand in de stort-beïnvloede grondwaterpluim;
- D-peilbuizen: peilbuizen in en onder het stortlichaam.

In het kader van de landelijke NAVOS-operatie tussen 1995 en 2002 zijn richtlijnen^{4,5,6} opgesteld voor de aanleg van grondwatermonitoringsystemen en de positionering van peilbuizen op alle 3.800 NAVOS-stortplaatsen in Nederland. Zo is de filterlengte minimaal 1 meter en maximaal 2 meter. Ook kan op basis hiervan ervan worden uitgegaan dat de positie van de B-peilbuizen goed overeenkomt met de ligging van POC₂ (zie Figuur 1.1), d.w.z. binnen een afstand van 20 meter stroomafwaarts van de stortrand en niet dieper dan 10 meter beneden de gemiddelde laagste grondwaterstand.

⁴ Nota hergebruik stortplaatsen, provincie Noord-Brabant, 22 juni 2004, Appendix C: Handleiding Monitoringsonderzoek, bladzijden 76 -86.

⁵ Monitoringsvisie inrichting monitoringsinfrastructuur van voormalige stortplaats in Noord-Brabant, IWACO-rapport, d.d. 11 september 1998.

⁶ Bemonsteringsprotocol Natural Attenuation onderzoek bij voormalige stortplaatsen, 2 juni 1999, IWACO-rapport 3368480



Figuur 3.1: Situatie NAVOS-stortplaats

Daarnaast zijn de 237 stortplaatsen destijds onderverdeeld naar het type ondergrond waarop ze zijn gelegen.

De volgende drie **bodemtypen** zijn hierin onderscheiden:

- Type '**polder**': poldergebied of beekdalgebied gekarakteriseerd door een natuurlijke kwelsituatie, een geringe grondwaterstromingsnelheid en een relatief hoog organisch stofgehalte (> 5%);
- Type '**deklaag**': zandgebied met klei- en/of leemhoudende zandige deklaag met een natuurlijke infiltratiesituatie, een gemiddelde grondwaterstromingsnelheid van 5 – 15 m/jaar en een organisch stofgehalte van circa 3%;
- Type '**aquifer**': zandgebied met geen of zeer dunne deklaag met een natuurlijke infiltratiesituatie, een relatief snelle grondwaterstroming van 15 – 50 m/jaar en een gering organisch stofgehalte van circa 1%.

In totaal betreft het 2.894 peilbuizen verdeeld over 237 stortplaatsen, gemiddeld dus circa 12 peilbuizen per stortplaats. In Tabel 3.1 is de verdeling van de peilbuizen weergegeven over de 3 bodemtypen en de 3 locatietypen.

Tabel 3.1 Verdeling peilbuizen over bodem- en locatietypen

Bodemtype	Peilbuizen			Totalen
	Bovenstrooms	In/onder stort	Benedenstrooms	
	A	D ⁷	B	
Aquifer	91	79	335	505
Deklaag	100	122	602	824
Polder	202	86	1277	1565
Totalen	393	287	2214	2894

Voor de opslag van de data is gekozen voor een "ESRI personal geodatabase" als databank type. De analysegegevens zijn per peilbuis ingevoerd, waarbij de peilbuizen zijn gekoppeld aan locatietypen (A-, B- en D-peilbuizen) en bodemtypen (aquifer, deklaag, polder).

⁷ D-peilbuizen zijn alleen geplaatst bij de 80 stortplaatsen van het landelijke NA-project uit 2002.

In de database zijn alle beschikbare gegevens die digitaal (in de database of excelvorm) beschikbaar waren vanuit de drie projecten opgenomen. De volgende kenmerken zijn per peilbuis opgenomen:

1. Naam stortplaats
2. Provincie
3. Peilbuis id
4. Locatieklasse (A, B of D)
5. Grondsoort (deklaag, aquifer of polder)
6. Datum opname monster
7. Gehalte
8. Eenheid
9. Wel of niet onder detectiegrens
10. Parameter
11. Uit welk onderzoek afkomstig

Belangrijk om hier op te merken is dat in de originele digitale bestanden geen informatie beschikbaar is over de: x,y-coördinaten van de peilbuizen, filterdiepten of bodemlaag waarin het filter aanwezig is. In de ESRI personal geodatabase is deze informatie ook niet aanwezig.

4 SELECTIE D- EN B-PEILBUIZEN

4.1 Selectie op basis van redoxpotentiaal

Alleen bij het landelijke NA-project zijn D-peilbuizen gemeten. De bepaling van de NA-factor richt zich dan ook op deze 80 stortplaatsen. In de database zijn gegevens opgenomen van één meetronde van de stortplaatsen (de landelijke NA-ronde). Voor de bepaling van de NA-factor tussen de D- en B-peilbuizen is het van belang dat de peilbuizen beïnvloed worden door het stortpercolaat.

Uit de mate van aan- of afwezigheid van de verschillende micro's en macro's, die gemeten zijn in de B-peilbuizen, kan niet worden afgeleid of het grondwater beïnvloed is door het stortpercolaat. Indien in een B-peilbuis bijvoorbeeld nauwelijks ammonium wordt gemeten, kan dit betekenen dat de B-peilbuis niet in de pluim staat of dat de concentratie door NA-processen is gedaald ten opzichte van de concentratie in de D-peilbuis.

Daarom hebben we gekeken naar de redoxpotentiaal. Onder invloed van afbraakprocessen in het stortmateriaal wordt het stortpercolaat anaeroob en verandert de redoxpotentiaal in de D-peilbuizen in vergelijking met het stroomopwaartse grondwater in de A-peilbuizen. Als de B-peilbuizen in de pluim staan vertonen deze een vergelijkbare redoxpotentiaal als de beïnvloede D-peilbuizen. Als gevolg van de aanwezigheid en afbraak van organische stof in de stortplaatsen, kan de DOC-concentratie in de door het stort beïnvloede grondwater bovendien hoger zijn.

Op basis van de redoxpotentiaal zijn peilbuizen wel of niet toegewezen aan de pluim. B-peilbuizen met een redoxverschil van minimaal ca. 100 mV met A-peilbuizen en vergelijkbaar met D-peilbuizen staan in de pluim. We hebben gekozen voor een verschil van ongeveer 100 mV, omdat de verschillende reductiestadia (bv methanogeen, sulfaatreducerend of ijzerreducerend) globaal een Eh-verschil van 100 mV vertonen.

Per stortplaats is per individuele B- en D-peilbuis is nagegaan of ze in de pluim staan. Dit betekent dat soms niet alle B- of alle D-peilbuizen van een stortplaats in de selectie zijn opgenomen.

De selectie van de B- en D-peilbuizen is hieronder per bodemtype weergegeven.

4.2 Aquifer

In het bodemtype aquifer zitten 24 stortplaatsen met 212 peilbuizen (20 A-, 110 B- en 82 D-peilbuizen). Op basis van de redoxcondities zijn 17 B-peilbuizen (9 stortplaatsen) aan te wijzen die zeker in de pluim staan. De overige verdeling is als volgt:

- 61 B-peilbuizen: geen redoxmeting;
- 7 B-peilbuizen: staan bij 'niets aan de hand' stortplaatsen (redox A- en D-peilbuizen vergelijkbaar en geen/nauwelijks macro's en micro's);
- 11 B-peilbuizen twijfel over in de pluim of niet;
- 17 B-peilbuizen staan in de pluim;
- 14 B-peilbuizen staan zeer waarschijnlijk niet in de pluim.

4.3 Deklaag

In het bodemtype deklaag zitten 34 stortplaatsen, 282 peilbuizen (39 A-, 106 B- en 137 D-peilbuizen). Op basis van redoxcondities zijn er 13 B-peilbuizen (6 stortplaatsen) aan te wijzen die zeker in de pluim staan. De overige verdeling is als volgt:

- 32 B-peilbuizen: geen redoxmeting;
- 2 B-peilbuizen: staan bij 'niets aan de hand' stortplaatsen (redox A- en D-peilbuizen vergelijkbaar en geen/nauwelijks macro's en micro's);
- 6 B-peilbuizen twijfel over in de pluim of niet;
- 13 B-peilbuizen staan in de pluim;
- 35 B-peilbuizen staan zeer waarschijnlijk niet in de pluim;
- 18 B-peilbuizen zonder een D-peilbuis.

4.4 Polder

In het bodemtype deklaag zitten 30 stortplaatsen, 277 peilbuizen (34 A-, 157 B- en 86 D-peilbuizen). Op basis van de redoxcondities zijn 7 B-peilbuizen (6 stortplaatsen) aan te wijzen die zeker in de pluim staan. De overige verdeling is als volgt:

- 35 B-peilbuizen: geen redoxmeting;
- 12 B-peilbuizen: staan bij 'niets aan de hand' stortplaatsen (redox A- en D-peilbuizen vergelijkbaar en geen/nauwelijks macro's en micro's);
- 12 B-peilbuizen twijfel over in de pluim of niet;
- 7 B-peilbuizen staan in de pluim;
- 82 B-peilbuizen staan zeer waarschijnlijk niet in de pluim;
- 9 B-peilbuizen zonder een D-peilbuis.

4.5 Samenvatting geselecteerde data

In onderstaande tabel zijn de geselecteerde stortplaatsen met aantallen B- en D-peilbuizen weergegeven. In bijlage 1 is de geografische ligging van de stortplaatsen weergegeven.

Tabel 4.1 Overzicht van de geselecteerde stortplaatsen met aantallen B- en D-peilbuizen.

Stortplaats	provincie	Bodem	Aantal B	Aantal D
Brandlichterweg	Overijssel	Aquifer	2	6
Diepengoor	Overijssel	Aquifer	2	3
Fazantlaan-Oost	Noord-Brabant	Aquifer	2	4
Galgeveld	Overijssel	Aquifer	1	2
Hulsbeek	Overijssel	Aquifer	2	2
Kamperdwarsweg	Utrecht	Aquifer	2	5
Narbusboerweg	Overijssel	Aquifer	2	4
Peddedijk 22	Overijssel	Aquifer	2	4
Puttendijk	Noord-Brabant	Aquifer	2	3
Ansjovisweg	Flevoland	Deklaag	4	5
Brakeweg	Noord-Holland	Deklaag	5	3
Heidepad/Sminkeweg- Oudemirdum	Friesland	Deklaag	1	2
Tolweg	Noord-Brabant	Deklaag	1	3
Lombok(Ilperveld)	Noord-Holland	Deklaag	1	1
Hooiland	Flevoland	Polder	1	2
Kromslootpark	Flevoland	Polder	1	2
Voorsterbos (2)	Flevoland	Polder	1	2
Rode Zee	Noord-Holland	Polder	1	2
Oude Veerseweg (2)	Zeeland	Polder	2	4
Pauluspolder Zuidweg	Zeeland	Polder	1	2

5 STATISTIEK DATA

Om het inzicht in de database voor wat betreft ammonium en chloride te vergroten zijn per bodemtype histogrammen voor de gehele dataset en de uiteindelijk geselecteerde data gemaakt. Dit is beschreven in paragraaf 5.1, vervolgens is een selectie gemaakt en worden in paragraaf 5.2 de geselecteerde monsters beschreven.

5.1 Alle data van de 80 stortplaatsen

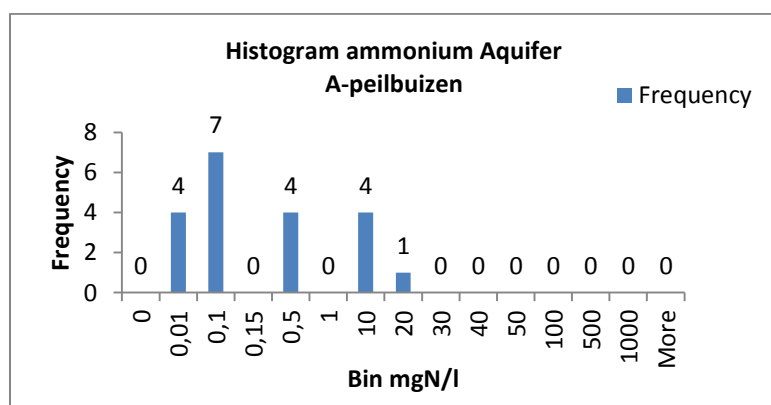
5.1.1 Bodemtype Aquifer

Ammonium

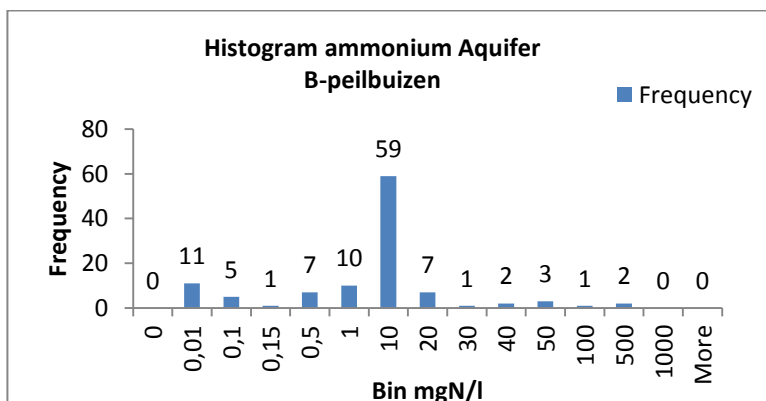
Binnen het bodemtype aquifer is ammonium 208 keer gemeten.

In de database komen de volgende detectiegrenzen voor ammonium voor: 0,01, 0,15 en 0,5 mgN/l. Binnen bodemtype aquifer komt alleen de detectiegrens 0,01 mgN/l voor.

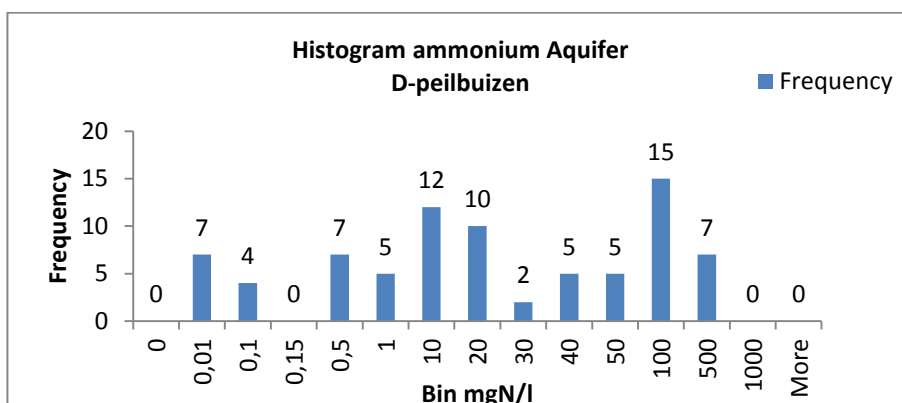
Figuur 5.1 t/m Figuur 5.3 geven de histogrammen van respectievelijk de A-, B- en D-peilbuizen weer. Bij de A-peilbuizen is de detectielimiet van 0,01 twee keer gemeten. Bij de B-peilbuizen is negen keer de detectielimiet van 0,01 gemeten. En bij de D-peilbuizen komt 0,01 zeven keer voor. Uit de histogrammen blijkt dat in de A-peilbuizen (stroomopwaarts) vooral concentraties tot 1 mgN/l worden gemeten. In de B-peilbuizen (stroomafwaarts van het stort) worden vooral concentraties tussen de 10 en 20 mgN/l gemeten. In de D-peilbuizen (onder het stort) worden zowel hoge als lage concentraties gemeten, maar de bulk ligt tussen de 10 en 1000 mgN/l.



Figuur 5.1: Histogram van ammonium voor A-peilbuizen binnen bodemtype aquifer. Interval loopt van bv 0,01 tot 0,1 en van 0,1 tot 0,15.



Figuur 5.2: Histogram van ammonium voor B-peilbuizen binnen bodemtype aquifer.



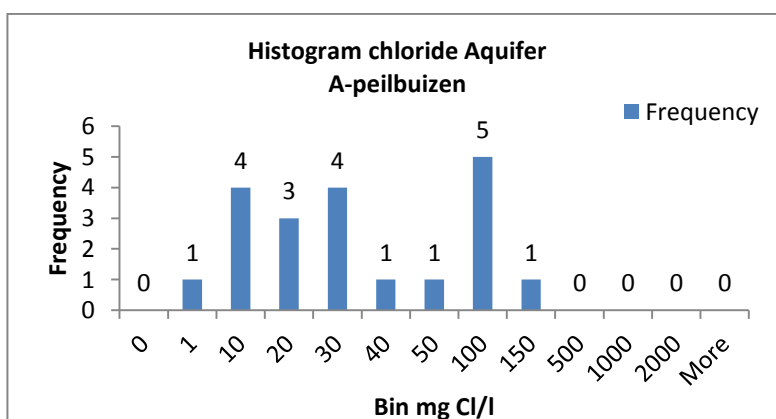
Figuur 5.3: Histogram van ammonium voor D-peilbuizen binnen bodemtype aquifer.

Chloride

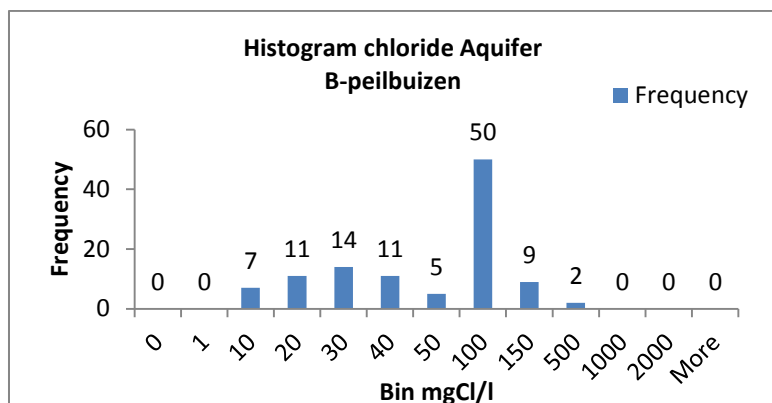
Voor chloride zijn er 207 metingen binnen bodemtype aquifer.

Voor chloride komt er in de database geen detectiegrens voor. Figuur 5.4 t/m Figuur 5.6 tonen de histogrammen van chloride voor respectievelijk de A-, B- en D-peilbuizen.

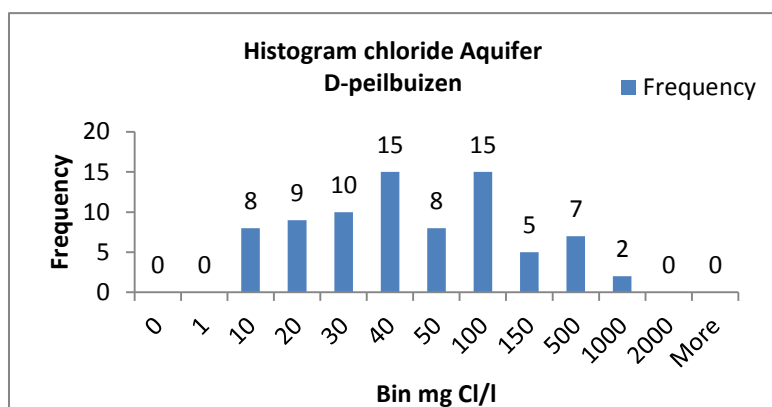
Hogere concentraties chloride in de A-peilbuizen duiden op de natuurlijke aanwezigheid van brak en zout grondwater. Chloride is tevens een parameter die uit het stortlichaam komt. Dit is te zien aan de hogere concentraties chloride die in de D- en B-peilbuizen worden gemeten.



Figuur 5.4: Histogram van chloride voor A-peilbuizen binnen bodemtype aquifer



Figuur 5.5: Histogram van chloride voor B-peilbuizen binnen bodemtype aquifer

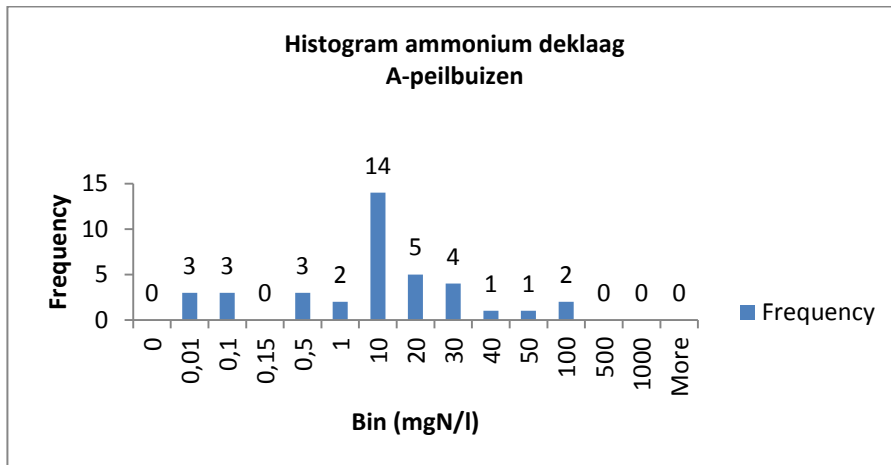


Figuur 5.6: Histogram van chloride voor D-peilbuizen binnen bodemtype aquifer

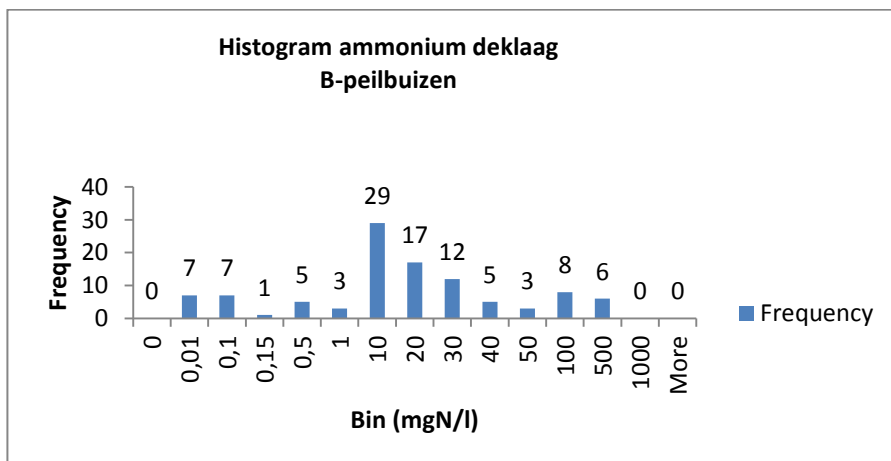
5.1.2 Bodemtype Deklaag

Ammonium

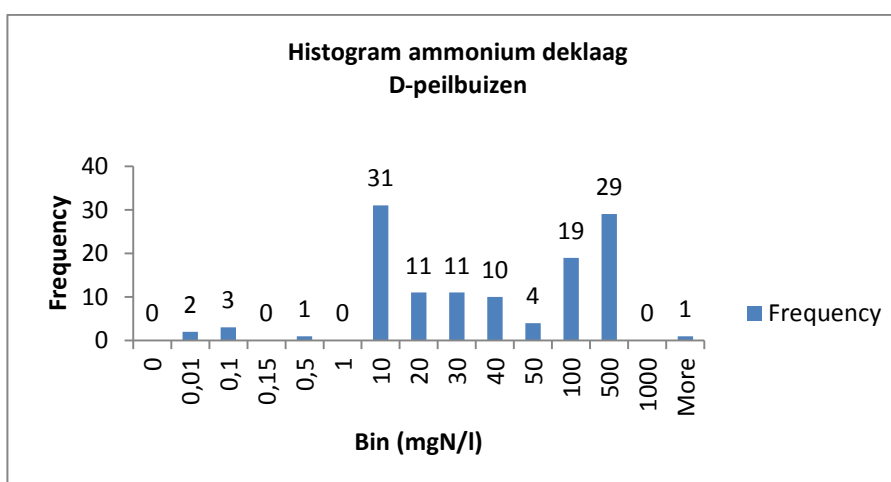
Ammonium is 263 keer gemeten binnen bodemtype deklaag. Binnen bodemtype deklaag komt de detectiegrens 0,01 en 0,5 mgN/l voor. Bij de A-peilbuizen komt detectiegrens 0,01 mgN/l twee keer voor en bij de B-peilbuizen vijf keer. Bij de D-peilbuizen wordt detectiegrens 0,01 (mgN/l) twee keer vastgesteld en detectiegrens 0,5 (mgN/l) één keer. De ammoniumconcentraties in de A-peilbuizen (stroomopwaarts) liggen bij het bodemtype deklaag gemiddeld hoger dan de ammoniumconcentraties van de A-peilbuizen bij het bodemtype aquifer. Bij de deklaag worden vooral concentraties tussen de 10 en 20 mgN/l worden gemeten. In de B-peilbuizen (stroomafwaarts van het stort) worden vooral concentraties tussen de 10 en 40 mgN/l gemeten. In de D-peilbuizen worden vooral hogere concentraties gemeten, de bulk ligt tussen de 10 en 20 mgN/l en de 100 en 1000 mgN/l.



Figuur 5.7: Histogram van ammonium voor A-peilbuizen binnen bodemtype deklaag.



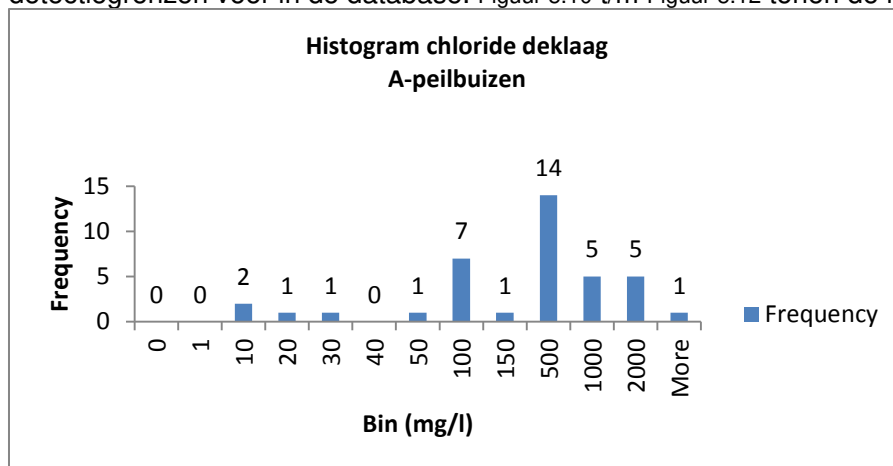
Figuur 5.8: Histogram van ammonium voor B-peilbuizen binnen bodemtype deklaag.



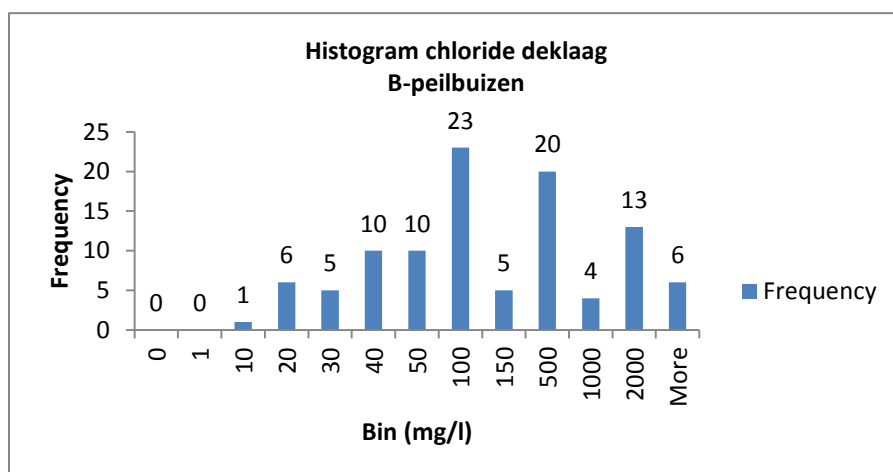
Figuur 5.9: Histogram van ammonium voor D-peilbuizen binnen bodemtype deklaag.

Chloride

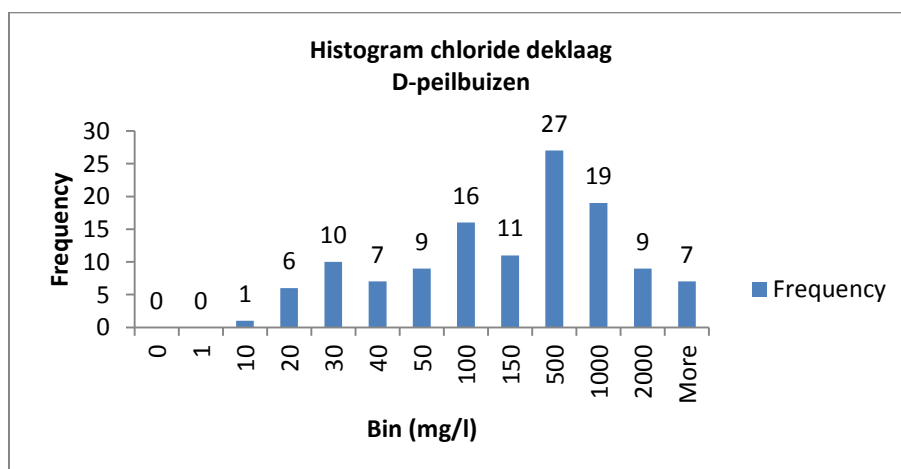
Chloride is 263 keer gemeten binnen bodemtype deklaag. Voor chloride komen er geen detectiegrenzen voor in de database. Figuur 5.10 t/m Figuur 5.12 tonen de histogrammen.



Figuur 5.10: Histogram van chloride voor A-peilbuizen binnen bodemtype deklaag



Figuur 5.11: Histogram van chloride voor B-peilbuizen binnen bodemtype deklaag



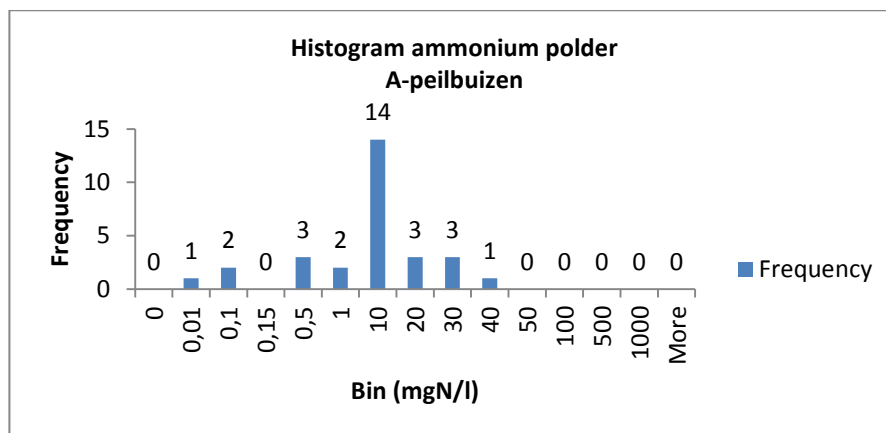
Figuur 5.12: Histogram van chloride voor D-peilbuizen binnen bodemtype deklaag

5.1.3 Bodemtype Polder

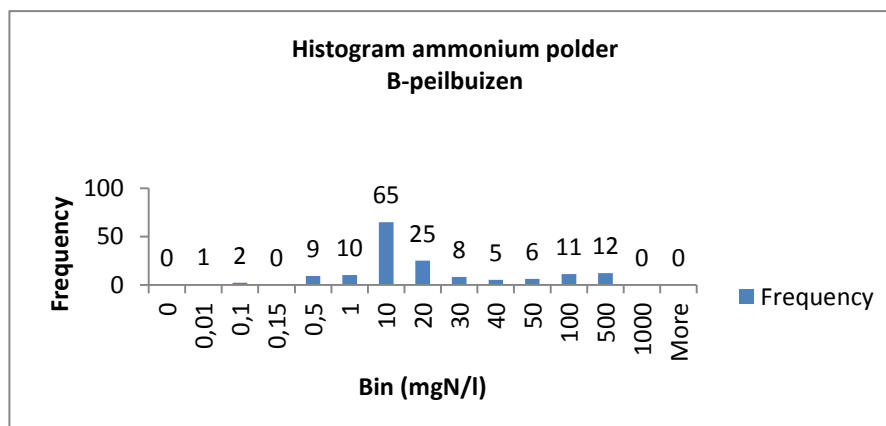
Ammonium

Ammonium is 265 keer gemeten binnen bodemtype polder. Detectiegrenzen van ammonium die voorkomen in de database zijn 0,01, 0,15 en 0,5 mgN/l. Binnen bodemtype polder komt de detectiegrens 0,01 en 0,5 mgN/l voor. Figuur 5.13 t/m Figuur 5.15 tonen de histogrammen.

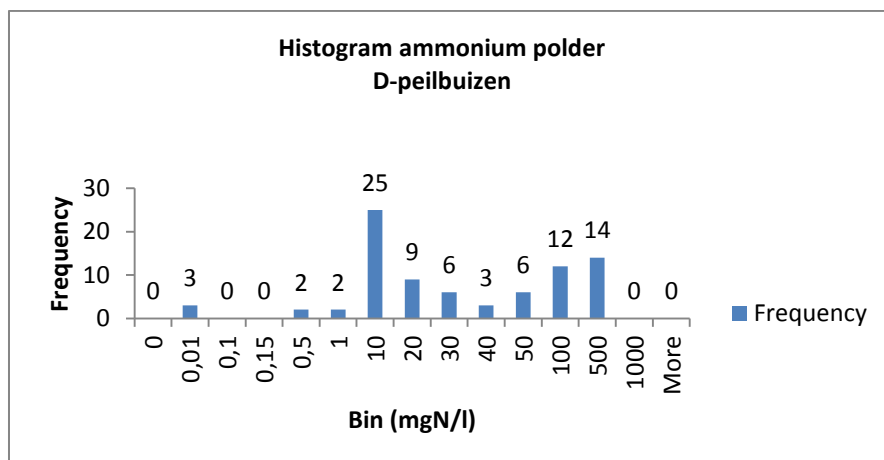
Bij de A-peilbuizen komen de detectiegrenzen 0,01 en 0,5 mgN/l beide éénmaal voor. Bij de B-peilbuizen komt een keer de detectiegrens 0,01 mgN/l voor en negen keer de detectiegrens van 0,5 mgN/l. Bij de D-peilbuizen wordt een detectielimiet van 0,01 mgN/l drie keer aangetroffen.



Figuur 5.13: Histogram van ammonium voor A-peilbuizen binnen bodemtype polder



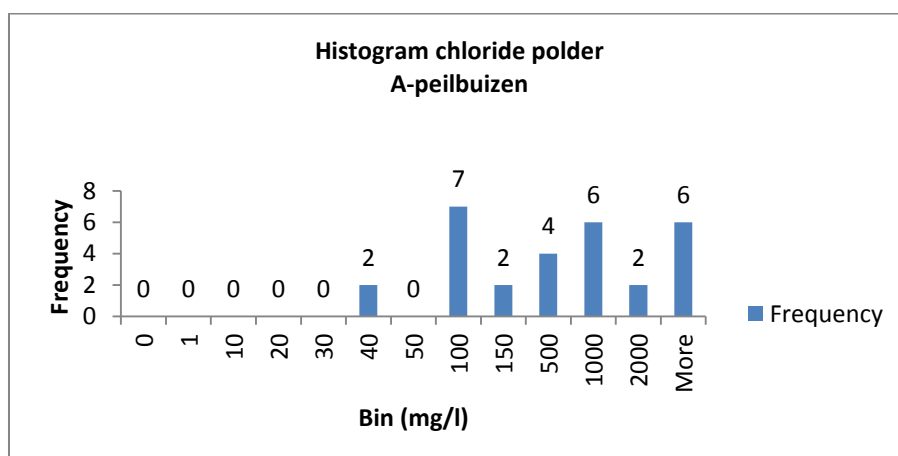
Figuur 5.14: Histogram van ammonium voor B-peilbuizen binnen bodemtype polder



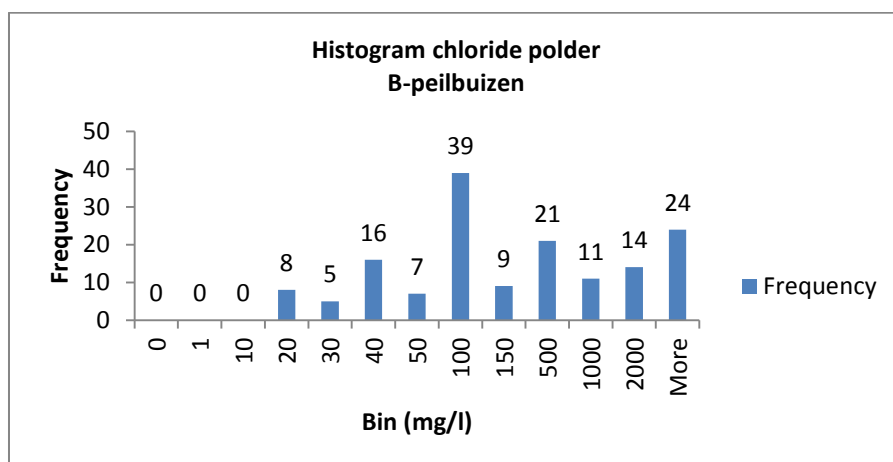
Figuur 5.15: Histogram van ammonium voor D-peilbuizen binnen bodemtype polder

Chloride

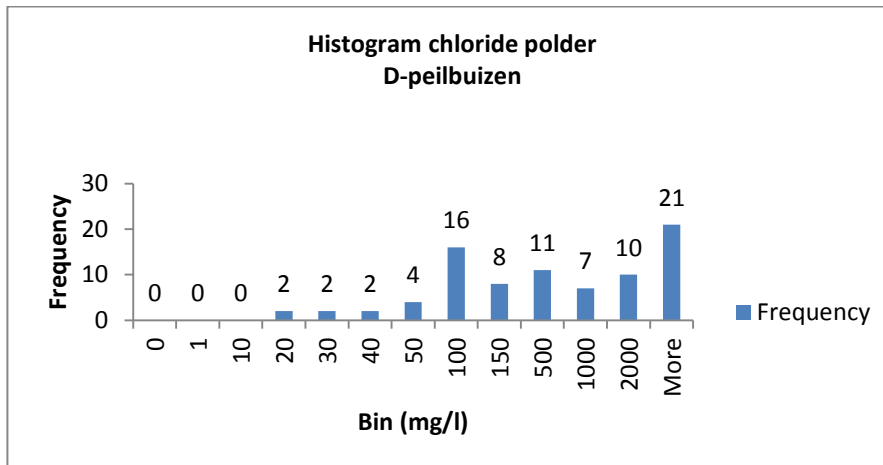
Chloride is 266 keer gemeten bij bodemtype polder. In de database komen voor chloride geen detectiegrenzen voor. Figuur 5.16 t/m Figuur 5.18 tonen de histogrammen voor chloride.



Figuur 5.16: Histogram van chloride voor A-peilbuizen binnen bodemtype polder



Figuur 5.17: Histogram van chloride voor B-peilbuizen binnen bodemtype polder



Figuur 5.18: Histogram van chloride voor D-peilbuizen binnen bodemtype polder

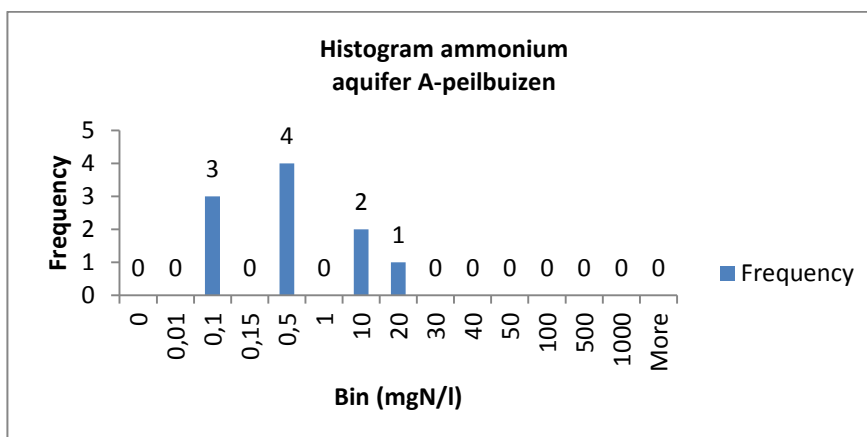
5.2 Geselecteerde data

Op basis van de redoxpotentiaal zijn in hoofdstuk 4 alleen de B- en D-peilbuizen geselecteerd waarvan we zeker zijn dat ze in de pluim staan. In deze paragraaf zijn de kenmerken van deze geselecteerde data weergegeven.

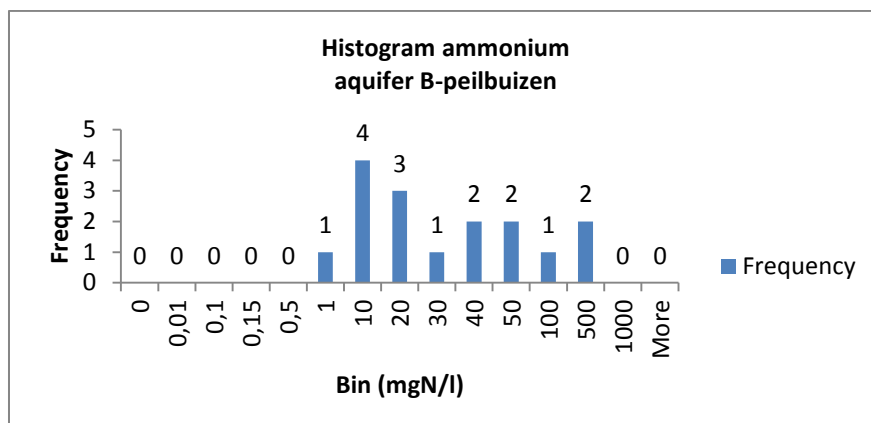
5.2.1 Bodemtype Aquifer

Ammonium

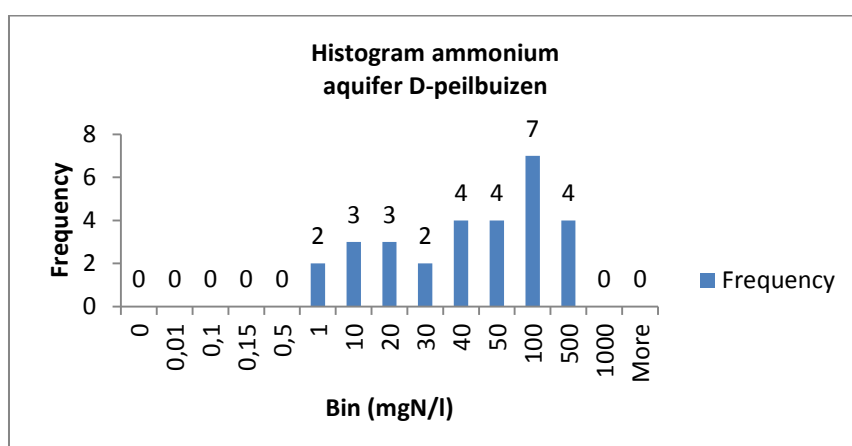
Door de selectie komen de lage concentraties ammonium (<1 mgN/l) bij de B- en D-peilbuizen niet meer voor (Figuur 5.19 t/m Figuur 5.21). Dit komt doordat er nu alleen nog maar peilbuizen in de dataset zitten die op basis van de redoxpotentiaal in de pluim staan. Blijkbaar komen de lage ammoniumconcentraties niet in de pluim voor.



Figuur 5.19: Histogram van ammonium voor A-peilbuizen binnen bodemtype aquifer van de geselecteerde stortplaatsen



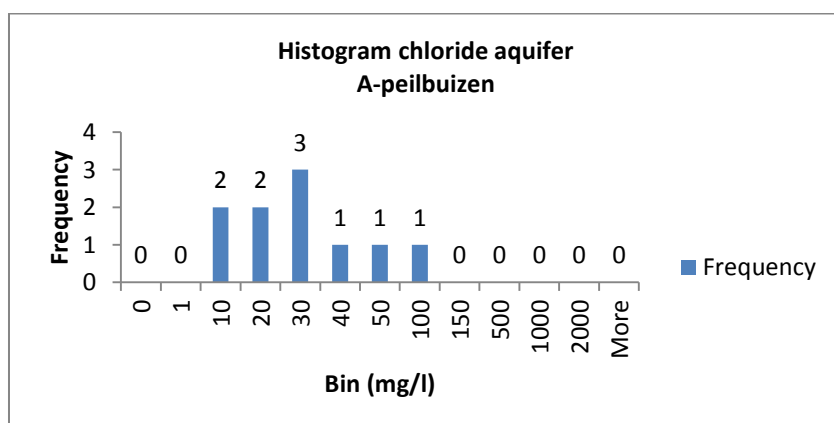
Figuur 5.20: Histogram van ammonium voor B-peilbuizen binnen bodemtype aquifer van de geselecteerde stortplaatsen



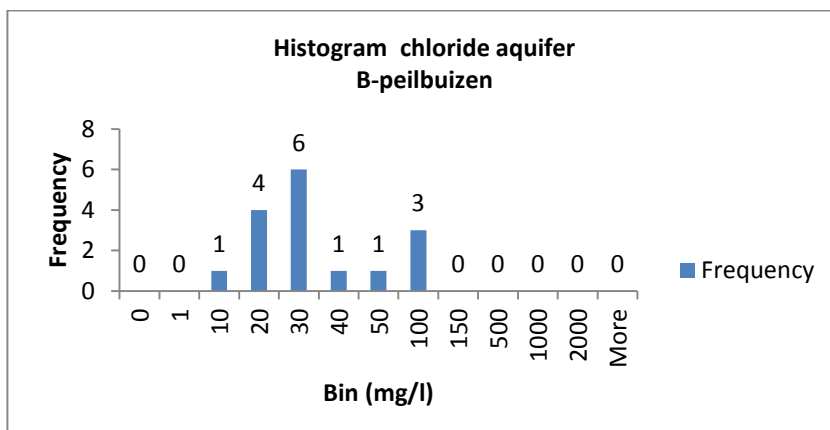
Figuur 5.21: Histogram van ammonium voor D-peilbuizen binnen bodemtype aquifer van de geselecteerde stortplaatsen

Chloride

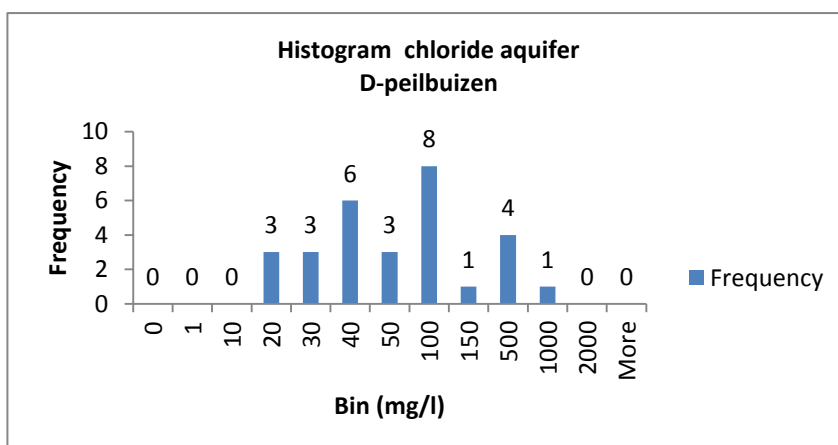
Door selectie komen hoge concentraties (>150 mg/l) bij de A- en B-peilbuizen niet meer voor. Bij de D-peilbuizen vallen door de selectie de lage concentraties (<10 mg/l) er uit (Figuur 5.22 t/m Figuur 5.24).



Figuur 5.22: Histogram van chloride voor A-peilbuizen binnen bodemtype aquifer van de geselecteerde stortplaatsen



Figuur 5.23: Histogram van chloride voor B-peilbuizen binnen bodemtype aquifer van de geselecteerde stortplaatsen

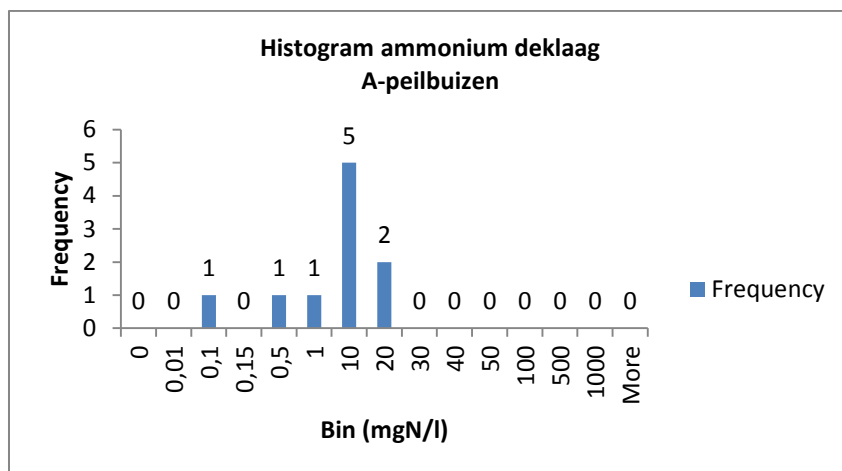


Figuur 5.24: Histogram van chloride voor D-peilbuizen binnen bodemtype aquifer van de geselecteerde stortplaatsen

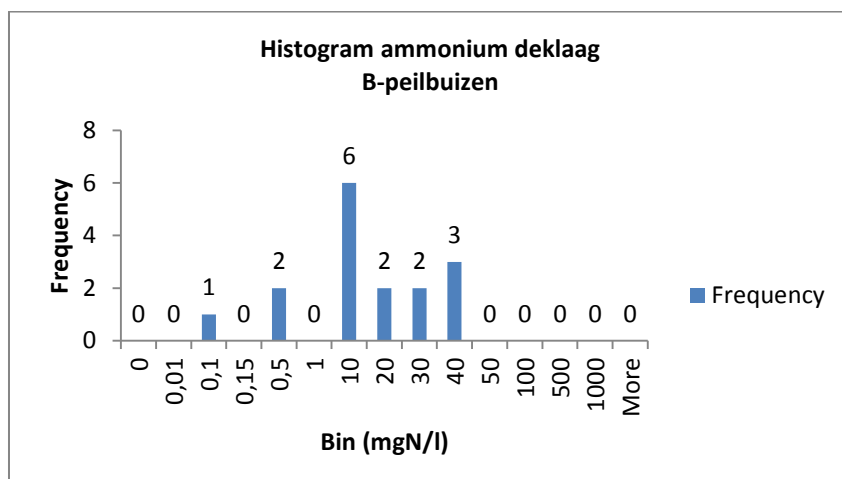
5.2.2 Bodemtype Deklaag

Ammonium

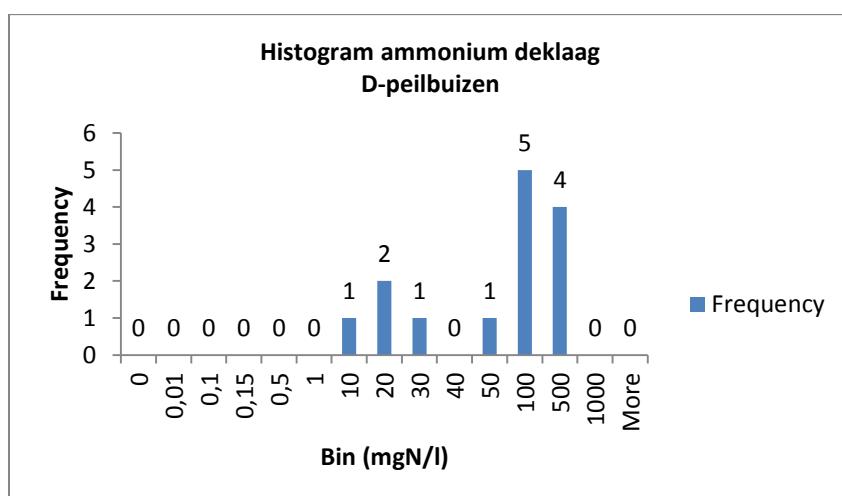
Door de selectie komen de lage concentraties ammonium (<10 mgN/l) bij de D-peilbuizen niet meer voor. Bij de A- en de B-peilbuizen komen concentraties < 0,1 mgN/l niet meer voor (Figuur 5.25 t/m Figuur 5.27). Ook vallen bij deze peilbuizen de hoge ammoniumconcentraties eruit. Bij de A-peilbuizen >20mgN/l en bij de B-peilbuizen zijn de concentraties groter dan 40 mgN/l.



Figuur 5.25: Histogram van ammonium voor A-peilbuizen binnen bodemtype deklaag van de geselecteerde stortplaatsen



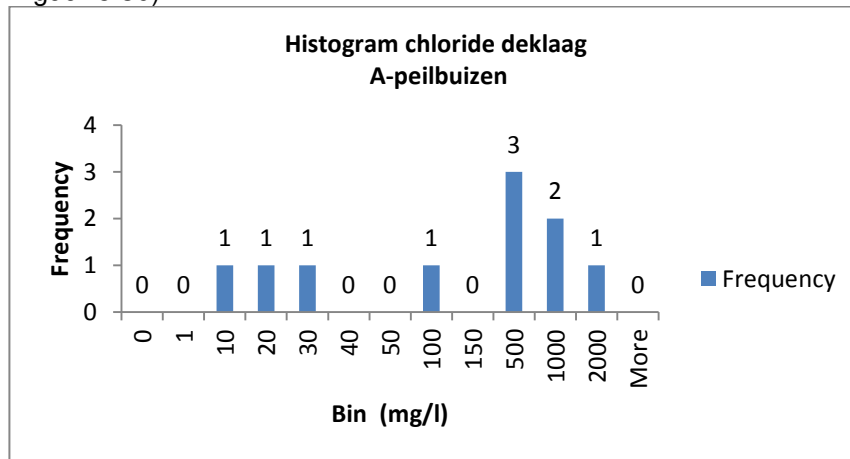
Figuur 5.26: Histogram van ammonium voor B-peilbuizen binnen bodemtype deklaag van de geselecteerde stortplaatsen



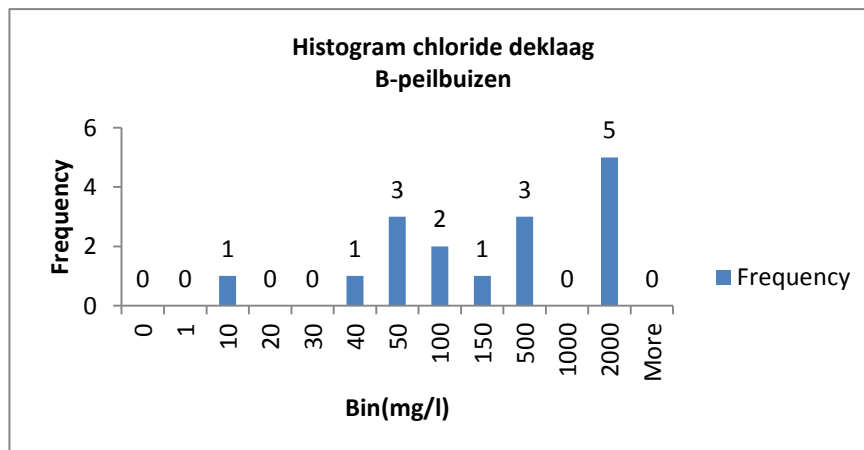
Figuur 5.27: Histogram van ammonium voor D-peilbuizen binnen bodemtype deklaag van de geselecteerde stortplaatsen

Chloride

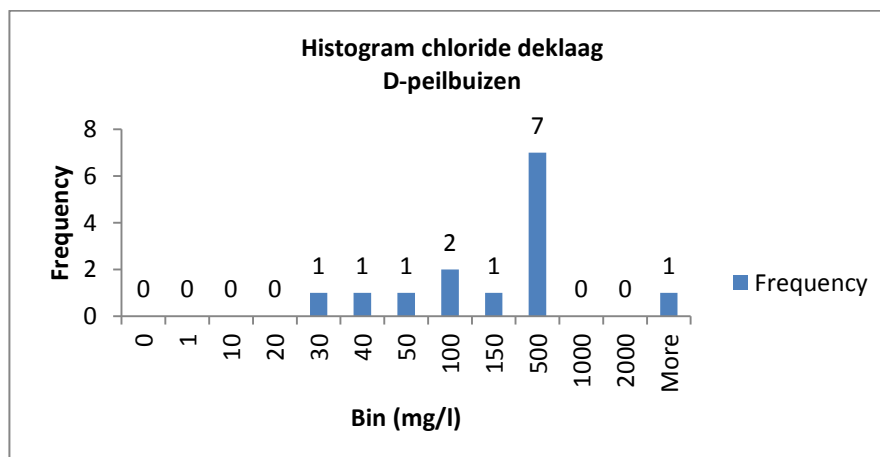
Door selectie vallen over de gehele range meetpunten weg (zie Figuur 5.28 t/m Figuur 5.30).



Figuur 5.28: Histogram van chloride voor A-peilbuizen binnen bodemtype deklaag van de geselecteerde stortplaatsen



Figuur 5.29: Histogram van chloride voor B-peilbuizen binnen bodemtype deklaag van de geselecteerde stortplaatsen

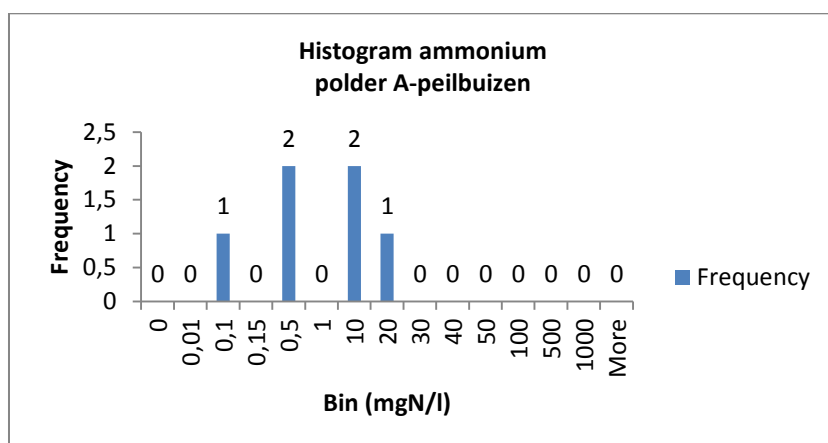


Figuur 5.30: Histogram van chloride voor D-peilbuizen binnen bodemtype deklaag van de geselecteerde stortplaatsen

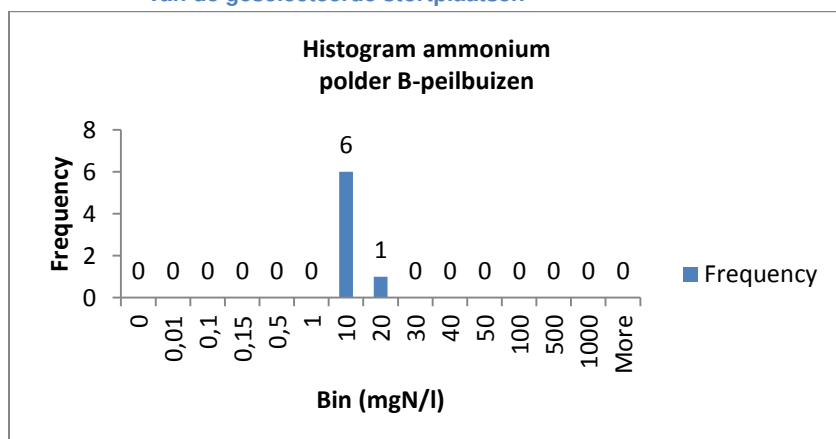
5.2.3 Bodemtype Polder

Ammonium

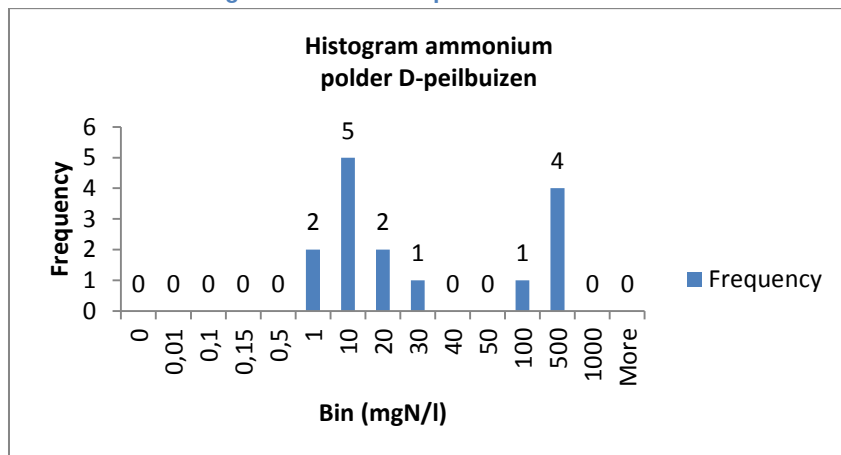
Door selectie vallen de lage concentraties weg bij de B- en D-peilbuizen. Bij de B-peilbuizen vervallen ook de hoge concentraties (zie Figuur 5.31 t/m Figuur 5.33).



Figuur 5.31: Histogram van ammonium voor A-peilbuizen binnen bodemtype polder van de geselecteerde stortplaatsen



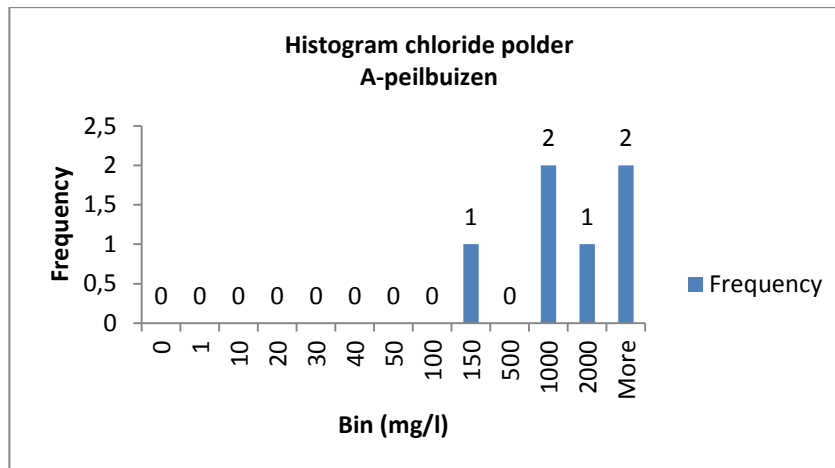
Figuur 5.32: Histogram van ammonium voor B-peilbuizen binnen bodemtype polder van de geselecteerde stortplaatsen



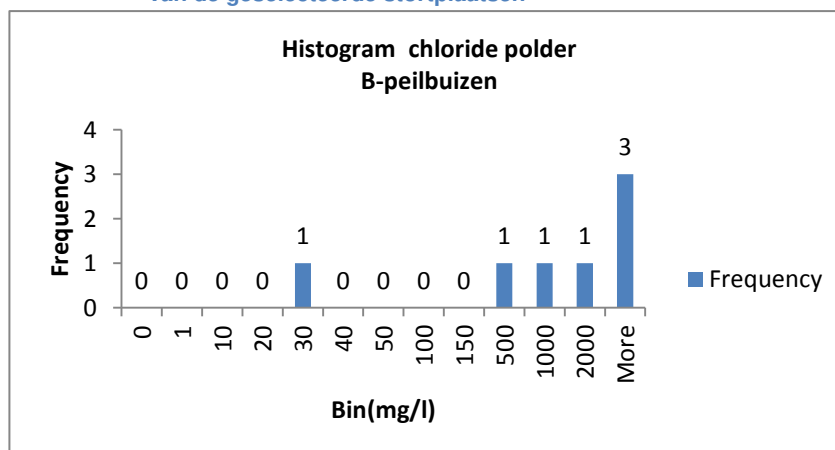
Figuur 5.33: Histogram van ammonium voor D-peilbuizen binnen bodemtype polder van de geselecteerde stortplaatsen

Chloride

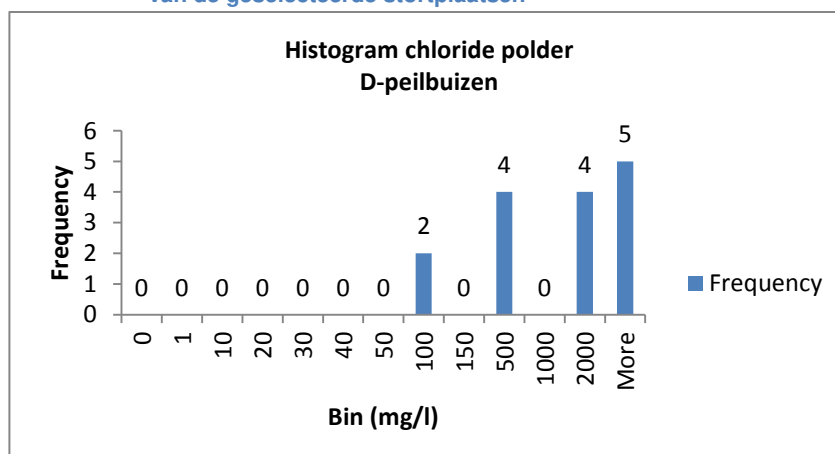
Door de selectie komen de lage concentraties chloride bij de alle typen peilbuizen niet meer voor (Figuur 5.34 t/m Figuur 5.36).



Figuur 5.34: Histogram van chloride voor A-peilbuizen binnen bodemtype polder van de geselecteerde stortplaatsen



Figuur 5.35: Histogram van chloride voor B-peilbuizen binnen bodemtype polder van de geselecteerde stortplaatsen



Figuur 5.36: Histogram van chloride voor D-peilbuizen binnen bodemtype polder van de geselecteerde stortplaatsen

6 BEREKENING NA-FACTOR

6.1 Mediaan en gemiddelde

De NA-factor is uitgerekend per stortplaats en vervolgens per bodemtype (de 'overall' NA-factor). Om de inzichtelijkheid in de berekening van de 'overall' NA-factor te vergroten, hebben we ervoor gekozen om in eerste instantie zowel de mediane als de gemiddelde concentratie ammonium en chloride in de B- en D-peilbuizen te berekenen. In onderstaande tabel (Tabel 6.1) is een voorbeeld gegeven van het verschil tussen de mediaan en het gemiddelde voor een kleine dataset waarin uitschieters zitten. Hieruit blijkt dat het gemiddelde sterk bepaald wordt door de uitschieter in het geval dat er twee lage en één hoge waarde zijn (dataset 4) of andersom (dataset 5). In onze dataset zitten ook uitschieters. Het is dan ook meest gebruikelijk om voor dit type data (uitschieters en niet normaal verdeeld) de mediaan te kiezen. Echter om het effect van mediaan of gemiddelde te laten zien, zijn beide berekend.

Tabel 6.1 Overzicht effect uitschieters voor gemiddelde en mediaan

dataset	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x_1	2	2	2	2	2	2	2	2	60
x_2	3	3	10	3	60	30	2	60	60
x_3	10	60	30	60	61	60			
x_4	60	61	60						
gemiddelde	19	32	26	22	41	31	2	31	60
mediaan	7	32	20	3	60	30	2	31	60

6.2 NA-factor per stortplaats

Voor de berekening van de NA-factor is per stortplaats de mediane en de gemiddelde concentratie van ammonium en chloride van de B- en D-peilbuizen bepaald (vergelijking 1 t/m 4) (Tabel 6.2). De NA factor is als volgt berekend:

$$NA_{factor\ ammonium}_{stortplaats\ x} = \frac{mediaan\ conc.ammonium\ Dpeilbuizen_{stortplaats\ x}}{mediaan\ conc.ammonium\ Bpeilbuizen_{stortplaats\ x}} \quad (1)$$

$$NA_{factor\ chloride}_{stortplaats\ x} = \frac{mediaan\ conc.chloride\ Dpeilbuizen_{stortplaats\ x}}{mediaan\ conc.chloride\ Bpeilbuizen_{stortplaats\ x}} \quad (2)$$

En

$$NA_{factor\ ammonium}_{stortplaats\ x} = \frac{gemiddelde\ conc.ammonium\ Dpeilbuizen_{stortplaats\ x}}{gemiddelde\ conc.ammonium\ Bpeilbuizen_{stortplaats\ x}} \quad (3)$$

$$NA_{factor\ chloride}_{stortplaats\ x} = \frac{gemiddelde\ conc.chloride\ Dpeilbuizen_{stortplaats\ x}}{gemiddelde\ conc.chloride\ Bpeilbuizen_{stortplaats\ x}} \quad (4)$$

Bij de berekening van de NA-factoren per stortplaats valt op dat:

1. In een aantal gevallen de NA-factor kleiner is dan 1:
 - 10 keer bij gebruik van de mediaan (5 keer bij ammonium en 5 keer bij chloride);
 - 9 keer bij gebruik van het gemiddelde (5 keer bij ammonium en 4 keer bij chloride).

Dit betekent dat de mediane of gemiddelde concentratie stroomafwaarts toeneemt. Per stortplaats zou bekeken moeten worden waardoor dit wordt veroorzaakt. Een mogelijkheid is dat (een aantal) B-peilbuizen niet in dezelfde stroombanen staan als de D-peilbuizen. Hierdoor kunnen zij mogelijk sterker verontreinigd grondwater ontvangen vanaf een andere (deel)locatie uit het stort. Voor de berekening van de NA-factor per bodemtype zijn deze NA-factoren (vooralnog) niet meegenomen.

2. Bij zowel de mediaan als het gemiddelde is in één geval de NA-factor voor ammonium zeer hoog: bij stortplaats Tolweg. Dit wordt veroorzaakt doordat de concentratie in de B-peilbuis 0,03 mgN/l is, en de concentratie in de D-peilbuizen 55 mgN/l is. Op basis van de redox, DOC en chlorideconcentraties is het wel aannemelijk dat deze peilbuis in de pluim staat. Voor de berekening van de NA-factor per bodemtype is deze factor echter niet meegenomen.

Tabel 6.2 NA-factor ammonium en chloride mediaan en gemiddelde per stortplaats.

		NA-FACTOR			
		ammonium		chloride	
bodemtype	Stortplaats	mediaan	gemiddelde	mediaan	gemiddelde
polder	Hooiland	29,40	29,40	4,09	4,09
polder	Kromslootpark	0,80*	0,80*	1,15	1,15
polder	Voorsterbos2	0,07*	0,07*	2,50	2,50
polder	Rode zee	4,21	4,7	0,02*	0,12*
polder	Oude veerseweg 2	95,91	105,68	0,65*	0,58*
polder	Pauluspolder Zuidweg	12,05	12,05	1,73	1,73
deklaag	Ansjoisweg	72,66	54,57	4,62	4,31
deklaag	Heidepad/Sminkeweg	3,27	3,27	1,49	1,49
deklaag	Tolweg	1836,67*	1681,11*	1,43	1,57
deklaag	Brakeweg	1,42	2,70	0,13*	11,31
deklaag	Lombok Ilperweg	48,08	48,08	85,71	85,71
aquifer	Brandlichterweg	2,50	2,77	3,41	3,39
aquifer	Diepengoor	3,67	3,67	8,36	8,36
aquifer	Fazantlaan	2,43	2,43	1,55	1,55
aquifer	Galgeveld	0,02*	0,02*	0,62*	0,62*
aquifer	Hulsbeek	24,58	24,58	8,26	8,26
aquifer	Kamperdwarsweg	2,39	2,18	1,22	1,99
aquifer	Narbusboerweg	1,27	1,54	4,37	7,39
aquifer	Peddendijk	0,39*	0,36*	0,82*	0,87*
aquifer	Puttendijk	0,46*	0,46*	1,30	1,26

* niet meegenomen in berekening per bodemtype (Tabel 6.3 en Tabel 6.4)

6.3 NA-factor per bodemtype

De 'overall' NA-factor per bodemtype is als mediaan en gemiddelde berekend (Tabel 6.3 en Tabel 6.4). Uit de vergelijking tussen de mediane en gemiddelde 'overall' NA-factor blijkt dat de gemiddelde NA-factor steeds hoger is dan de mediane NA-factor, met name bij ammonium in bodemtype polder en chloride in bodemtype deklaag. Eén uitschieter bij 'stortplaats Oude Veerseweg' en voor chloride bij 'stortplaats Lombok Ilperweg', zorgt ervoor dat het gemiddelde omhoog wordt getrokken. Dit toont aan dat het gebruik van het gemiddelde een overschatting geeft van de meest voorkomende waarden. Daarom is de uiteindelijk berekende NA-factor zoals die in de komende paragrafen en hoofdstuk 7 is gepresenteerd op basis van de mediaan.

De (mediane) NA-factor voor ammonium is het hoogst voor deklaag en polder. Een hogere NA-factor duidt op grotere vastlegging en/of afbraak van ammonium. Deklaag en polder zijn beide bodemtypen waar meer organische stof en/of klei in aanwezig is. Een hogere NA-factor voor deze twee bodemtypen dan voor aquifer is dan ook in lijn met de verwachting.

Voor chloride liggen de NA-factoren dicht bij elkaar. Dit is in lijn met de verwachting dat chloride conservatief is en de concentratie alleen door verdunning afneemt.

De (mediane) NA-factor voor chloride is het hoogst voor aquifer en het laagst voor polder. In het grondwater van polder (de stroomopwaartse A-peilbuizen) worden de hoogste natuurlijke chlorideconcentraties aangetroffen. Door de hogere achtergrondconcentraties van chloride speelt verdunning van de D- naar de B-peilbuizen bij het bodemtype polder een kleinere rol. Dit resulteert in een lagere NA-factor. In Tabel 6.5 is de beschrijvende statistiek van de NA-factoren weergegeven.

Tabel 6.3 Mediane NA-factor van ammonium en chloride per bodemtype van de geselecteerde data (20 stortplaatsen)

NA-factor Selectie	aquifer	deklaag	polder
ammonium	2,5	25,7	20,7
chloride	3,4	3,1	2,1

Tabel 6.4 Gemiddelde NA-factor van ammonium en chloride per bodemtype van de geselecteerde data (20 stortplaatsen)

NA-factor Selectie	aquifer	deklaag	polder
ammonium	6,1	31,4	35,4
chloride	4,1	23,3	2,4

Tabel 6.5 Beschrijvende statistiek van de mediane NA-factor van ammonium en chloride per bodemtype voor de geselecteerde data (data uit tabel 6.2 * niet meegenomen)

	ammonium			chloride		
	aquifer	deklaag	polder	aquifer	deklaag	polder
Mean	6,14	31,36	35,39	4,07	23,31	2,37
Standard Error	3,70	17,49	20,85	1,18	20,81	0,64
Median	2,47	25,68	20,73	3,41	3,06	2,12
Standard Deviation	9,07	34,98	41,70	3,13	41,63	1,27
Sample Variance	82,19	1223,57	1738,50	9,77	1732,64	1,62
Kurtosis	5,85	-3,67	2,66	-1,43	3,97	0,60
Skewness	2,41	0,41	1,64	0,71	1,99	0,98
Range	23,31	71,24	91,7	7,14	84,28	2,94
Minimum	1,27	1,42	4,21	1,22	1,43	1,15
Maximum	24,58	72,66	95,91	8,36	85,71	4,09
Sum	36,84	125,43	141,57	28,47	93,25	9,47
Count	6	4	4	7	4	4

Ter vergelijking van de NA-factor voor ammonium en chloride per bodemtype is deze ook voor de gehele dataset van 80 stortplaatsen berekend. De NA-factoren zijn opgenomen in Tabel 6.6. In deze dataset zijn alle peilbuizen opgenomen, dus ook degene die niet in de pluim staan of bij stortplaatsen waar niets aan de hand is. Hieruit blijkt dat de NA-factor dan veel lager is en niet of nauwelijks verschilt tussen de verschillende bodemtypen en tussen de parameters.

Tabel 6.6 Mediane NA-factor van ammonium en chloride per bodemtype voor gehele dataset (80 stortplaatsen)

NA-factor	aquifer	deklaag	polder
Alle 80 stortplaatsen			
ammonium	1,5	1,9	3,2
chloride	1,1	1,0	1,2

Met een statistische toets kan worden vastgesteld of de NA-factoren werkelijk afwijkend zijn van elkaar of dat zij 'hetzelfde' zijn, gezien de grootte en spreiding van de getallen.

6.3.1 Statistische toetsing NA-factoren

De volgende bodemlagen zijn met elkaar vergeleken middels een statistische toets:

- Aquifer met deklaag
- Aquifer met polder
- Polder met deklaag

De bodemdata per bodemtype zijn niet normaal verdeeld. Voor de statistische toetsing is daarom gebruik gemaakt van "non-parametrische toetsing". De reden om deze "non-parametrische toetsing" te gebruiken is dat deze test uitgaat van een niet-normale verdeling van de data en niet gevoelig is voor uitschieters.

De nulhypothese (H_0) stelt dat de steekproeven uit identieke populaties zijn genomen met een vergelijkbaar gemiddelde. Als de nulhypothese wordt verworpen, betekent dit dat de

De nulhypothese (H_0) stelt dat de steekproeven uit identieke populaties zijn genomen met een vergelijkbaar gemiddelde. Als de nulhypothese wordt verworpen, betekent dit dat de bodemtypen niet vergelijkbaar zijn, doordat de populaties (de bodemtypen) verschillende gemiddelden hebben. De toetsing is uitgevoerd met een betrouwbaarheid van 95% ($\alpha = 0,05$).

Tabel 6.7 Statistische vergelijking NA-factor van de 20 geselecteerde stortplaatsen tussen bodemtypen

	Vergelijk		
	Aquifer met deklaag	Aquifer met polder	Polder met deklaag
NA-factor ammonium selectie	H0	H1	H0
NA-factor chloride selectie	H0	H0	H0

H0 = data uit identieke populaties (geen verschil tussen bodemtypen)

H1 = data niet uit identieke populaties

Uit de statistische toets blijkt dat van de geselecteerde stortplaatsen alleen de NA-factoren van ammonium van het bodemtype aquifer en het bodemtype polder met 95% betrouwbaarheid significant van elkaar afwijken. Omdat we in natuurlijke systemen werken is een 95% betrouwbaarheid erg hoog. Aanvullend is gekeken met welke betrouwbaarheid de NA-factoren wel van elkaar verschillen (tabel 6.8). Hieruit blijkt dat de NA-factor voor ammonium tussen aquifer en deklaag met nog enige redelijke betrouwbaarheid van elkaar verschillen (64%), maar voor de overige NA-factoren is de betrouwbaarheid erg laag (<50%).

Tabel 6.8 Betrouwbaarheid NA-factoren van de 20 geselecteerde stortplaatsen tussen bodemtypen.

	Vergelijk		
	Aquifer met deklaag	Aquifer met polder	Polder met deklaag
NA-factor ammonium selectie	H1 bij $\alpha = 0,36$ (64%)	H1 bij $\alpha = 0,04$ (96%)	H1 bij $\alpha = 0,69$ (31%)
NA-factor chloride selectie	H1 bij $\alpha = 0,79$ (21%)	H1 bij $\alpha = 0,53$ (47%)	H1 bij $\alpha = 0,69$ (31%)

H1 = data niet uit identieke populaties

Tevens is per bodemtype getoetst of de NA-factoren voor chloride en ammonium van elkaar verschillen (Tabel 6.9). De toetsing is uitgevoerd met een betrouwbaarheid van 95% ($\alpha = 0,05$). Hieruit blijkt dat alleen voor het bodemtype polder de NA-factor van ammonium en de NA-factor van chloride van elkaar verschillen. Aanvullend is gekeken met welke betrouwbaarheid de NA-factoren wel van elkaar verschillen (Tabel 6.10). Hieruit blijkt dat NA-factor voor chloride en de NA-factor ammonium van zowel het bodem type aquifer en als van het bodemtype deklaag identiek zijn.

Tabel 6.9 Statistische vergelijking NA-factor van de 20 geselecteerde stortplaatsen tussen ammonium en chloride

	Vergelijk NA-factor ammonium met chloride
aquifer	H0
polder	H1
deklaag	H0

H0 = data uit identieke populaties (geen verschil tussen bodemtypen)

H1 = data niet uit identieke populaties

Tabel 6.10 Betrouwbaarheid NA-factoren van de 20 geselecteerde stortplaatsen tussen ammonium en chloride

	Vergelijk NA-factor ammonium met chloride
aquifer	H0*
polder	H1 (bij $\alpha = 0,03$ (97%))
deklaag	H0*

H0 = data uit identieke populaties (geen verschil tussen bodemtypen)

H1 = data niet uit identieke populaties

H0* = H0 kan niet worden verworpen, blijkbaar is populatie echt identiek

7 DISCUSSIE EN CONCLUSIE

De NA-factor voor ammonium en chloride is per stortplaats en bodemtype berekend voor peilbuizen waarvan we op basis van de redoxpotentiaal zeker zijn dat ze in de pluim staan.

De selectie van B- en D-peilbuizen, die in de pluim staan, is uitgevoerd op basis van de redoxpotentiaal. De redoxpotentiaal is een veldmeting. Deze veldmeting moet in principe gecorrigeerd worden voor de temperatuur van het grondwater. We hebben geen inzicht of deze correctie is uitgevoerd en hoe de veldmeting is uitgevoerd. Voor deze analyse hebben we de aanname gedaan dat per stortplaats de redoxmeting op dezelfde wijze is uitgevoerd (de metingen betreffen één meetronde) en dat daarmee de redoxpotentialen alleen per stortplaats onderling te vergelijken zijn (A-, B- en D-peilbuizen). Dit betekent dat de absolute redoxmetingen niet tussen stortplaatsen kunnen worden vergeleken of gebruikt kunnen worden om iets te zeggen over de reductiefase van het grondwater.

De berekening van de NA-factor in dit rapport is op basis van de beschikbare gegevens in een database uitgevoerd. Aanvullende informatie omtrent de bodemopbouw, filterstelling, afstand tussen de peilbuizen en afstand tot de stortplaats, zou de analyse verbeteren. Hiervoor zouden de afzonderlijke onderzoeksrapporten moeten worden geraadpleegd. Wij zien onderhavige analyse dan ook als een eerste stap in de verkenning of een dergelijke verdiepingslag wenselijk is.

Door de selectie van de B- en D-peilbuizen, waarvan we zeker zijn dat ze in de pluim staan, zijn er 20 stortplaatsen overgebleven voor de analyse.

De NA-factor ammonium voor het bodemtype aquifer is aanzienlijk lager dan de NA-factor ammonium voor de bodemtypes deklaag en polder. Dit is in overeenstemming met het feit dat de bodemtypen deklaag en polder meer organische stof en lutumdeeltjes bevatten.

De NA-factor chloride is niet verschillend tussen de drie bodemtypen.

Op basis van statistische toets is er alleen onderscheid tussen (Tabel 7.1):

- de NA-factor voor ammonium tussen aquifer en polder;
- tussen NA-factoren van ammonium en chloride voor polder.

Dit wordt veroorzaakt door de spreiding in de NA-factoren. Spreiding is een normaal verschijnsel in natuurlijke systemen. Bovendien kan de indeling naar de drie bodemtypen hier ook aan ten grondslag liggen.

De bodemtypenindeling per stortplaats is dezelfde zoals deze destijds in de NAVOS-onderzoeken is vastgesteld. Hierdoor bestaat een bodemtype uit een mix van hydrologische kenmerken ter plaatse van het stort en organische stofgehalten. Dit is een generalisatie van hoe de bodemopbouw er op stortplaatsniveau uitziet.

Tabel 7.1 Mediane NA-factor van ammonium en chloride per bodemtype van de geselecteerde data (20 stortplaatsen)

NA-factor Selectie	aquifer	deklaag	polder
ammonium	2,5*	25,7	20,7*#
chloride	3,4	3,1	2,1#

* significant verschillend ten opzichte van elkaar

significant afwijkend ten opzichte van elkaar

De berekende NA-factor is de som van chemische vastlegging, verdunning en biologische afbraak. Het verschil tussen de NA-factor van chloride en de NA-factor van ammonium, is een maat voor de chemische vastlegging en biologische afbraak. Dit betekent dat er voor ammonium alleen bij deklaag en polder sprake kan zijn van biologische afbraak. De verdeling in kwantitatieve zin tussen chemische vastlegging en biologische afbraak is niet bekend.

Voor de modelberekeningen van emissietoetswaarden is het van belang hoe de bodem en geohydrologische kenmerken in het RIVM/ECN model zijn of worden opgenomen. Een één op één vertaling van de NA-factor naar een 'getal' voor in het model van RIVM/ECN is niet mogelijk. Daarvoor is aanvullende analyse nodig naar de NA-processen die optreden, bij voorkeur met gegevens van een stortplaats waar A-, B- en D-peilbuizen aanwezig zijn en meerdere metingen in de tijd zijn gedaan.

Een tiental NA-factoren, die op stortplaatsniveau zijn berekend, zijn kleiner dan 1. Dit betekent dat de concentratie stroomafwaarts hoger is dan stroomopwaarts. Er is geen relatie met bodemtype of natuurlijke chlorideconcentraties. Deze NA-factoren zijn voor de berekening van de 'overall' NA-factor niet meegenomen. Nadere analyse van de oorzaak is wenselijk.

=0=0=0=

Bijlage 1
Ligging 20 geselecteerde stortplaatsen

Stortplaatsnummer	stortplaats
1	Ansjovisweg
2	Hooiland
3	Kromslootpark
4	Voorsterbos (2)
5	Heidepad/Sminkeweg-Oudemirdum
6	Fazantlaan-Oost
7	Puttendijk
8	Tolweg
9	Brakeweg
10	Lombok (Ilperveld)
11	Rode Zee
12	Brandlichterweg
13	Diepengoor
14	Galgeveld
15	Hulsbeek
16	Narbusboerweg
17	Peddedijk 22
18	Kamperdwarsweg
19	Oude Veerseweg (2)
20	Pauluspolder Zuidweg

