INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding en doelstelling	1
	1.2 Uitganspunten	1
2	MATERIAAL en METHODEN	3
	2.1 Basismateriaal	3
	2.2 Selectie van factoren en maatstaven	3
3	RESULTATEN	5
	3.1 stroomsnelheid	6
	3.2 biochemisch zuurstofverbruik	11
	3.3 ammoniumstikstof	17
	3.4 Kjeldahlstikstof	26
	3.5 orthofosfaat	34
	3.6 totaalfosfaat	39
	3.7 geleidbaarheid	43
	3.8 chloride	47
	3.9 calcium	49
	3.10 bicarbonaat	50
	3.11 peilfluctuatie	51
	3.12 permanentie	52
4	BRUIKBAARHEID VAN DE RESPONSIES	53
	LITERATUUR	54
	BIJLAGE	55

INLEIDING

Aanleiding en doelstelling

Ten behoeve van peilhandhaving en verdrogingsbestrijding is het in bepaalde gebieden noodzakelijk oppervlaktewater van elders aan te voeren. Dit aanvoerwater kan een afwijkende samenstelling hebben ten opzichte van het gebiedseigen water, hetgeen negatieve gevolgen kan hebben voor aquatische ecosystemen. Het is daarom gewenst om bij inlaatsituaties de positieve en negatieve gevolgen af te kunnen wegen. De positieve effecten van peilhandhaving in oppervlaktewateren (en daarmee in het grondwater) en het tegengaan van verdroging van terrestrische systemen zijn in voldoende mate te kwantificeren. De negatieve gevolgen voor de aan oppervlaktewater gebonden ecosystemen worden weliswaar onderkend, echter het is nog niet mogelijk deze te kwantificeren.

Het al of niet 'systeemvreemd' zijn van inlaatwater hangt in eerste instantie af van de gebiedseigen kenmerken van het watersysteem. Het is daarom noodzakelijk te werken vanuit een typologische benadering, die is toegesneden op de problematiek van inlaat van water. Door het (meer of minder) inlaten van gebiedsvreemd water (of het stoppen ervan) zullen er veranderingen optreden in de abiotische factoren van het watersysteem. Dit betreft zowel de chemische samenstelling van het oppervlaktewater alsmede de fysische kenmerken. Als gevolg van voornoemde veranderingen zullen ook veranderingen optreden in de biotische componenten van het watersysteem.

Door het Nationaal Onderzoek Verdroging (NOV) en de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) is aan TAUW Civiel en Bouw de opdracht gegeven om in samenwerking met derden te komen tot een Raamwerk voor de beoordeling van het effect van gebiedsvreemd water op het ecologisch niveau van een water. De doelstelling van het project "Gebiedsvreemd Water" is als volgt geformuleerd: "De ontwikkeling van een praktisch (beheers)instrument voor het operationeel waterbeheer met voorspellende waarde voor het effect van aanvoer van gebiedsvreemd water. Het effect dient zo mogelijk uitgedrukt te kunnen worden in een verschuiving van het ecologisch niveau van het watersysteem, waarmee de realiseerbaarheid van aan het water toegekende ecologische normdoelstellingen getoetst kan worden. Het te ontwikkelen systeem (Raamwerk) dient nauw aan te sluiten op bestaande kennis en ontwikkelingen en nationaal dekkend te zijn (impliciete regionalisering)." (TAUW, 1995).

Aan de vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Oecologie van de Landbouwuniversiteit Wageningen is gevraagd om responsies voor de biotische componenten van het watersysteem te ontwikkelen, die toegespitst zijn op factoren samenhangend met gebiedsvreemd water. Met deze responsies moet het mogelijk zijn de risico's op veranderingen in te schatten als gevolg van het al dan niet inlaten van water. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd voor het CUWVO watertype stromende wateren. De resultaten voor de watertypen sloten en meren en plassen zijn elders beschreven (Peeters & Gardeniers, 1995a; Peeters & Gardeniers, 1995b).

1.2 Uitgangspunten

Voor het vaststellen van het ecologisch niveau van een oppervlaktewater zijn in opdracht van de STOWA beoordelingssystemen ontwikkeld voor een vijftal CUWVO watertypen (STOWA 1992a, 1992b, 1993a, 1993b, 1994a, 1994b). Deze beoordelingssystemen zijn ontwikkeld voor het regionaal waterbeheer en zullen naar verwachting breed toegepast gaan worden. Het ligt voor de hand om het Raamwerk Gebiedsvreemd water nauw aan te laten sluiten bij deze beoordelingssystemen en de daarin gehanteerde typologische indeling van oppervlaktewateren.

Het effect van het inlaten van water op een watersysteem is afhankelijk van de aard en samenstelling van het ingelaten water alsmede van het ontvangende water. Zo zal aanvoer van chloriderijk water een ander effect op levensgemeenschappen hebben dan water dat rijk is aan nutriënten.

Water dat rijk is aan bicarbonaat zal een ander effect geven in zure, zwak gebufferde systemen dan in harde wateren. Het is daarom noodzakelijk de effecten van gebiedsvreemd water te analyseren naar de factoren die beïnvloed worden en naar watertypen. Als belangrijkste factoren kunnen genoemd worden: nutriënten, chloriniteit, zuurgraad, geleidbaarheid, ionensamenstelling, stroming, peilvariatie en permanentie (o.a. De Lyon & Roelofs, 1986; Roelofs, 1991; Verdonschot, 1990).

Al dan niet inlaten van water kan leiden tot veranderingen in het abiotische milieu en daardoor tot veranderingen in de biotische componenten van het watersysteem. De veranderingen in de biotische componenten dienen gerelateerd te worden aan verschuivingen in het ecologisch niveau van het watersysteem. Er is voor gekozen deze verschuivingen te relateren aan verschuivingen in de STOWA beoordelingssystemen (TAUW, 1995). In de STOWA systemen worden biotische en abiotische maatstaven gebruikt om de effecten van een aantal (beïnvloedings)factoren te beschrijven. Voor een belangrijk deel gaat het om dezelfde factoren die een rol spelen bij inlaat van gebiedsvreemd water. De biotische maatstaven zijn gerelateerd aan karakteristieken van de levensgemeenschap(pen). Individuele soorten hebben indicaties gekregen ten aanzien van verschillende factoren en beschrijven tezamen en in onderlinge samenhang het effect van een beïnvloedingsfactor. Zo'n beschrijving wordt opgevat als maatstaf. Aan de maatstaven zijn kwaliteitsklassen en -niveaus verbonden. Om verschuivingen in het ecologisch niveau van een water te kunnen traceren als gevolg van inlaat van water zullen responsies van maatstaven en niet van individuele soorten gebruikt worden. De responsies van individuele soorten zijn namelijk niet rechtstreeks gekoppeld aan kwaliteitsniveaus terwijl dat voor de maatstaven wel het geval is.

Het Raamwerk Gebiedsvreemd water moet gezien worden als een signaleringssysteem, waarin gewaarschuwd wordt voor mogelijke veranderingen. Of deze veranderingen daadwerkelijk in die vorm en mate plaats zullen vinden, wordt met het Raamwerk niet voorspeld.

2 MATERIAAL en METHODEN

2.1 basismateriaal

Voor het opstellen van de responsies voor de maatstaven van het watertype stromende wateren wordt gebruik gemaakt van de basisgegevens die ten grondslag hebben gelegen aan de ontwikkeling van STOWA beoordelingssysteem voor stromende wateren alsmede van het STOWA-systeem zelf (STOWA, 1992a, 1992b).
In het beoordelingssysteem worden zes typologische varianten onderscheiden, te weten: laaglandserie boven-, midden- en benedenlopen en heuvellandserie boven-, midden- en benedenlopen.
In tabel 1 worden de aantallen monsters per typologische variant weergegeven zoals die in het STOWA basisbestand aanwezig zijn.

Tabel 1: Aantallen monsters per biotische component per typologische variant voor sloten.

biotische component	typologische variant					
	heuvellandserie			laaglandserie		
	boven-lopen	midden-lopen	beneden-lopen	boven-lopen	midden-lopen	beneden-lopen
macrofauna	527	366	45	841	1236	411

Uit de tabel blijkt dat voor de heuvellandserie benedenlopen het aantal monsters klein is. Voor de overige varianten zijn de aantallen macrofaunamonsters groot. Doordat in de bestanden met abiotische gegevens nogal wat waarnemingen ontbreken (STOWA, 1992b), zijn de aantallen monsters die gebruikt kunnen worden voor het opstellen van responsies beduidend kleiner. Fysische en chemische gegevens tot drie maanden voorafgaand aan de biologische bemonstering worden gebruikt.

2.2 selectie van factoren en maatstaven

In het projectplan (TAUW, 1995) worden als belangrijkste abiotische variabelen bij waterinlaat genoemd: chloriniteit, sulfaat, hardheid, geleidbaarheid, ionensamenstelling, zuurgraad, nutriënten (N en P), peilvariaties, dimensies, stromings(-richting en -grootte) en permanentie (droogvallen). Voor de variabelen dimensies en stromings(richting en -grootte) kunnen als zodanig geen responsies opgesteld worden. Veranderingen in dimensies kunnen leiden tot verandering van typologische variant, wat binnen de Vuistregels van het Raamwerk als zodanig opgenomen dient te worden.
In dit onderzoek worden de voornoemde abiotische variabelen gekoppeld aan biotische maatstaven. Het gaat steeds om maatstaven die volgens het STOWA systeem gerelateerd zijn aan de desbetreffende factor(en). Voor het watertype sloten blijkt de maatstaf variant-eigen karakter goede responsies te geven (van Dijk, 1995; Peeters & Gardeniers, 1995a). In het STOWA-systeem voor stromende wateren ontbreekt een maatstaf als variant-eigen karakter. In het kader van dit onderzoek is voor de zes onderscheiden typologische varianten een dergelijke maatstaf ontworpen. In het STOWA rapport (1992a) wordt per typologische variant een opsomming gegeven van specifiek en algemeen in de variant voorkomende soorten. Deze soorten tezamen met de overige soorten worden gebruikt om het variant-eigen karakter te beschrijven. Voor het berekenen van de score voor de maatstaf variant-eigen karakter wordt de volgende formule gehanteerd:

$$score = \left(\frac{5*A_{specifiek} + 3*A_{algemeen} + 1*A_{overige}}{A_{specifiek} + A_{algemeen} + A_{overige}} - 100\right) / 4$$

waarin: A = abundantie

Hoe hoger de score op de maatstaf des te meer de levensgemeenschap voldoet aan het varian-eigen karakter. Het bereik van de maatstaf is niet ingedeeld in kwaliteitsniveaus.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de variabelen en de maatstaven waarvoor responsies worden opgesteld. Een variabele is in het overzicht opgenomen als voor minimaal één typologische variant een relatie is gevonden.

Tabel 2: Overzicht van de maatstaven en de eraan gerelateerde abiotische variabelen waarvan responsies voor stromende wateren zijn opgesteld.

maatstaf	variabelen
stroming	stroomsnelheid peilfluctuatie permanentie
saprobie	biologisch zuurstofverbruik geleidbaarheid ammoniumstikstof Kjeldahlstikstof
trofie	orthofosfaat totaalfosfaat
zand	stroomsnelheid
plant	orthofosfaat totaalfosfaat
slib	biologisch zuurstofverbruik ammoniumstikstof Kjeldahlstikstof
knipper	ammoniumstikstof Kjeldahlstikstof
vergaarder	biologisch zuurstofverbruik ammoniumstikstof Kjeldahlstikstof
variant-eigen karakter	bicarbonaat calcium chloride geleidbaarheid ammoniumstikstof Kjeldahlstikstof orthofosfaat totaalfosfaat stroomsnelheid peilfluctuaties permanentie

Voor de gevolgde werkwijze ten aanzien van het genereren van de responsies wordt verwezen naar het rapport van het deelproject Sloten (Peeters & Gardeniers, 1995a).

3 RESULTATEN

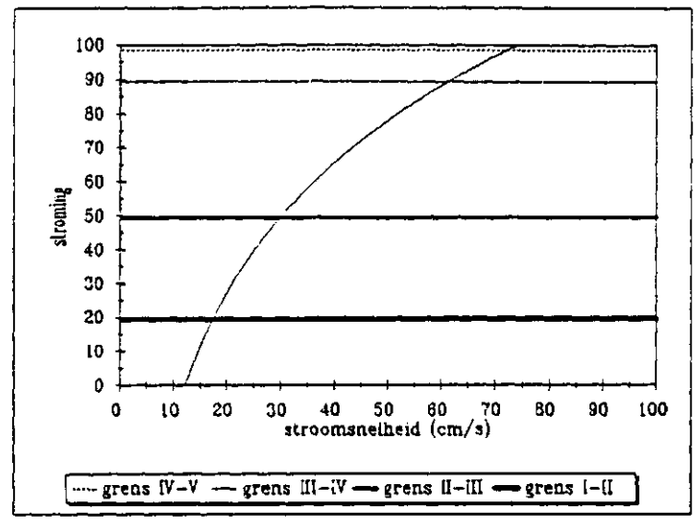
De resultaten van de analyses worden per variabele grafisch weergegeven. De responsies van alleen maatstaven en variabelen die onderling een verband vertonen, worden gegeven. In bijlage I worden de functies met bijbehorende parameters en de R-waarde in tabelvorm per maatstaf weergegeven.

3.1 stroomsnelheid

heuvelland bovenlopen
stroming
stroomsnelheid

$y = -140.30 + 55.84 * Ln(strmsn)$

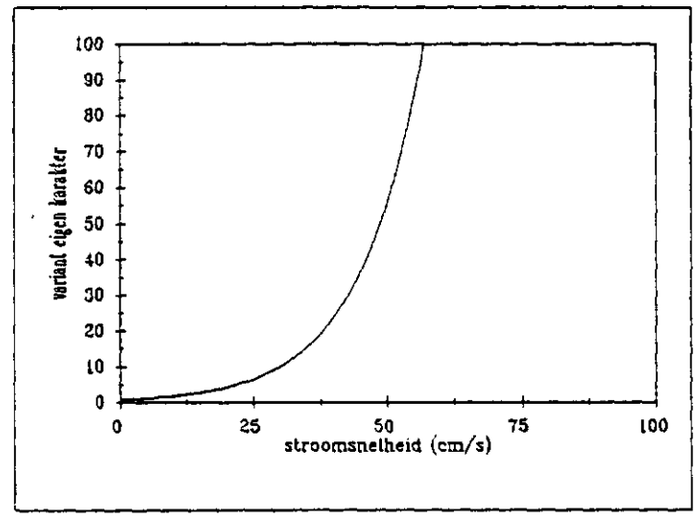
R = 0.85



heuvelland bovenlopen
stroming
variant eigen karakter

$y = 0.792 * e^{0.085 * strmsn}$

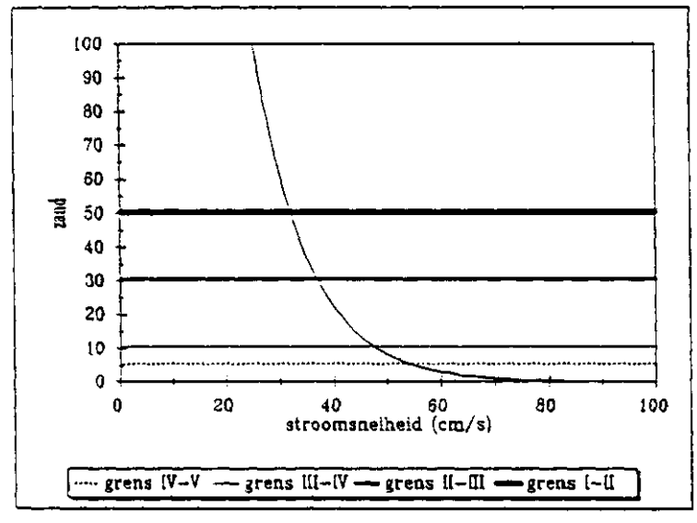
R = 0.87



heuvelland bovenlopen
zand
stroomsnelheid

$y = 1266.00 * e^{-0.101 * strmsn}$

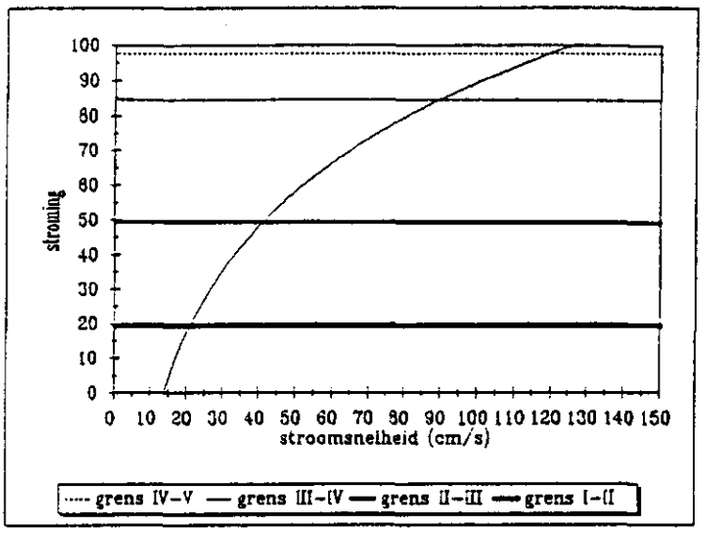
R = 0.83



heuvelland middenlopen
stroming
stroomsnelheid

$y = -118.28 + 45.16 * Ln(strmsn)$

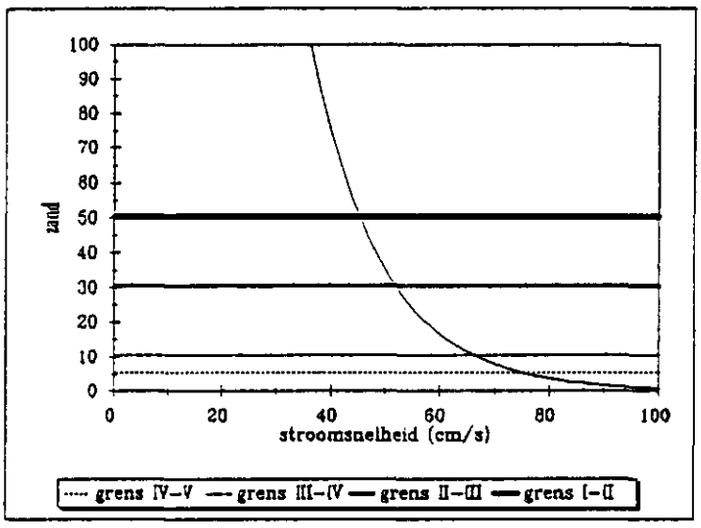
R=0.87



heuvelland middenlopen
zand
stroomsnelheid

$y = 1502.23 * e^{-0.075 * strmsn}$

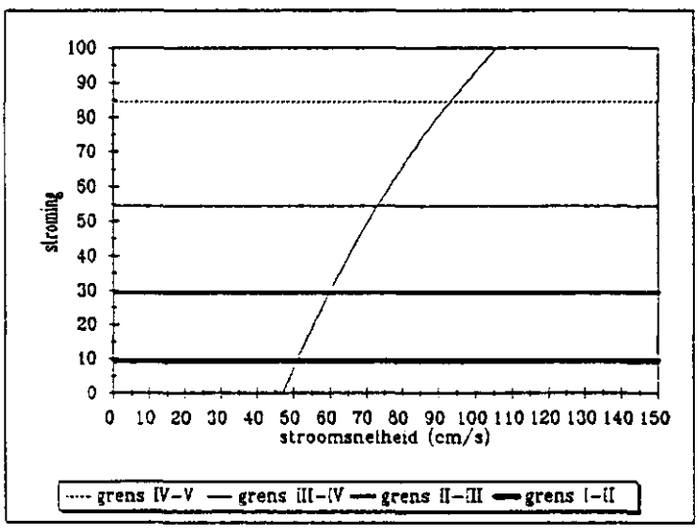
R=0.85



heuvelland benedenlopen
stroming
stroomsnelheid

$y = -478.13 + 124.04 * Ln(strmsn)$

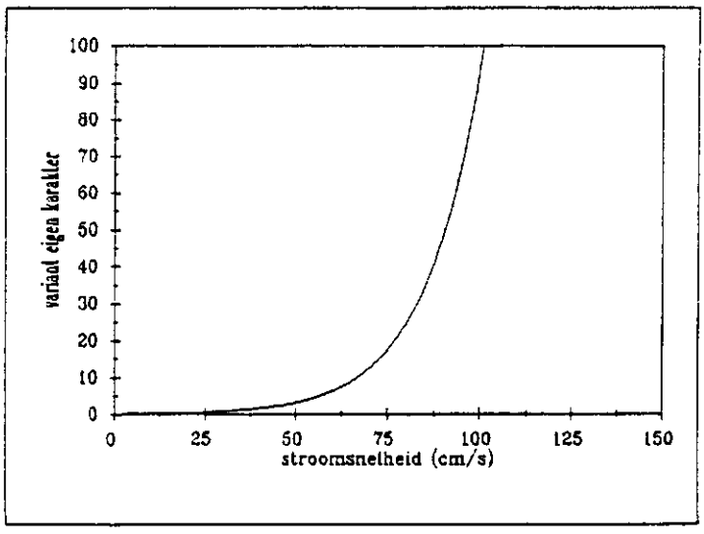
R=0.89



heuvelland benedenlopen
variant-eigen karakter
stroomsnelheid

$$y=0.115*e^{0.067*strmsn}$$

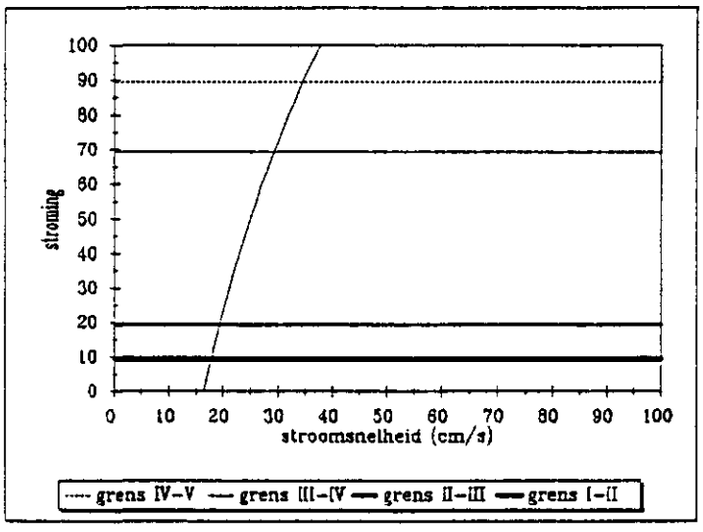
R=0.97



laagland bovenlopen
stroming
stroomsnelheid

$$y=-338.17+120.60*Ln(strmsn)$$

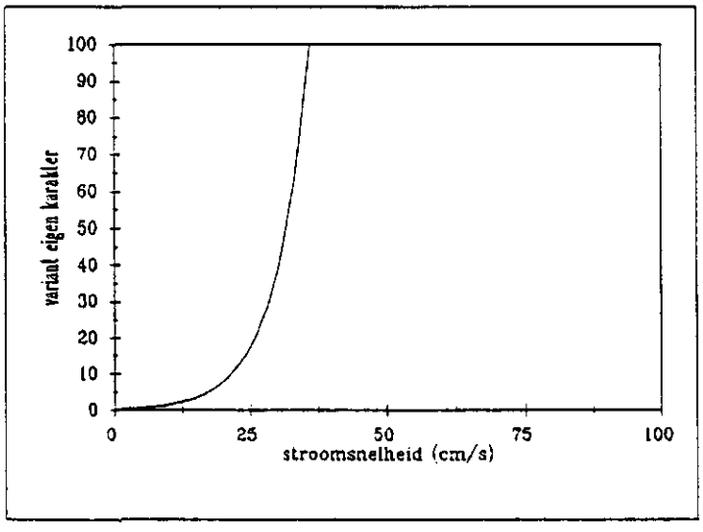
R=0.89



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
stroomsnelheid

$$y=0.320*e^{0.161*strmsn}$$

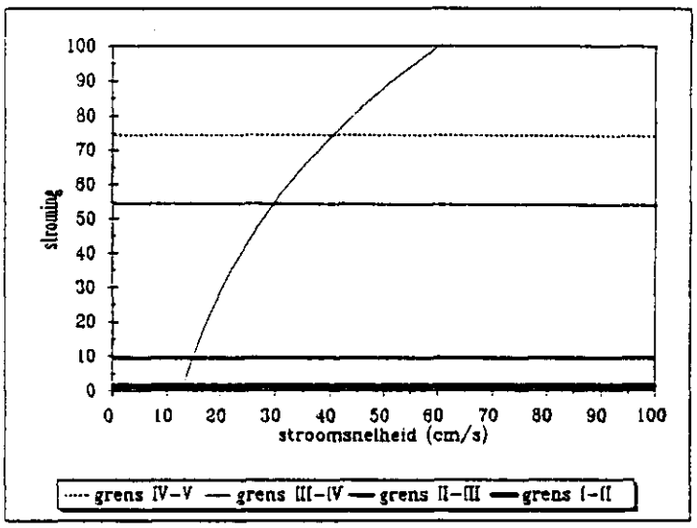
R=0.92



laagland middenlopen
stroming
stroomsnelheid

$y = -165.66 + 64.82 * Ln(strmsn)$

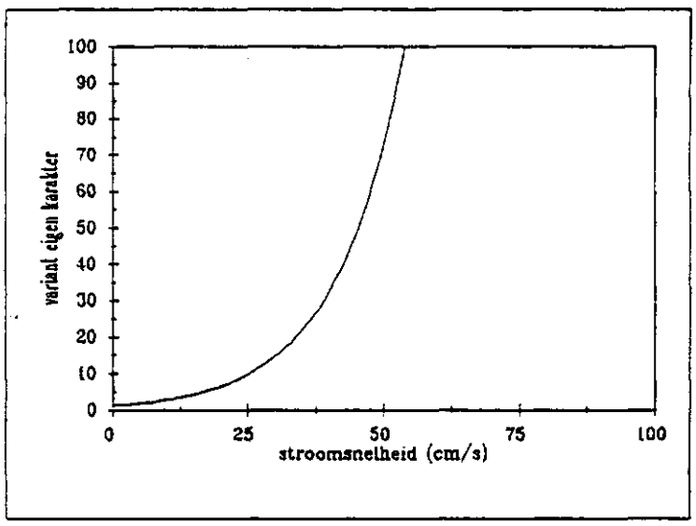
R=0.89



laagland middenlopen
variant-eigen karakter
stroomsnelheid

$y = 1.330 * e^{0.081 * strmsn}$

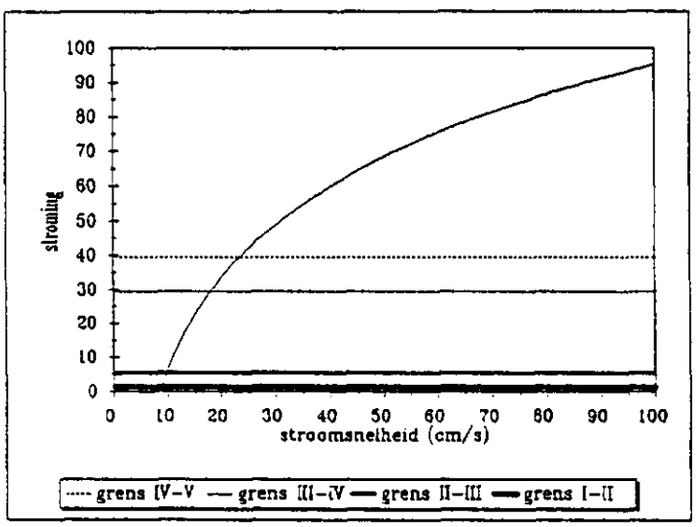
R=0.98



laagland benedenlopen
stroming
stroomsnelheid

$y = -81.96 + 38.47 * Ln(strmsn)$

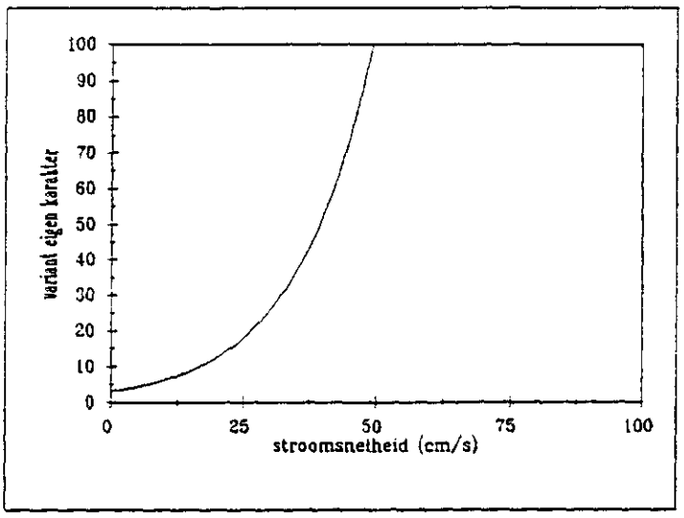
R=0.89



laagland benedenlopen
variant-eigen karakter
stroomsnelheid

$$y=3.15*e^{0.069*strmsn}$$

R=0.92

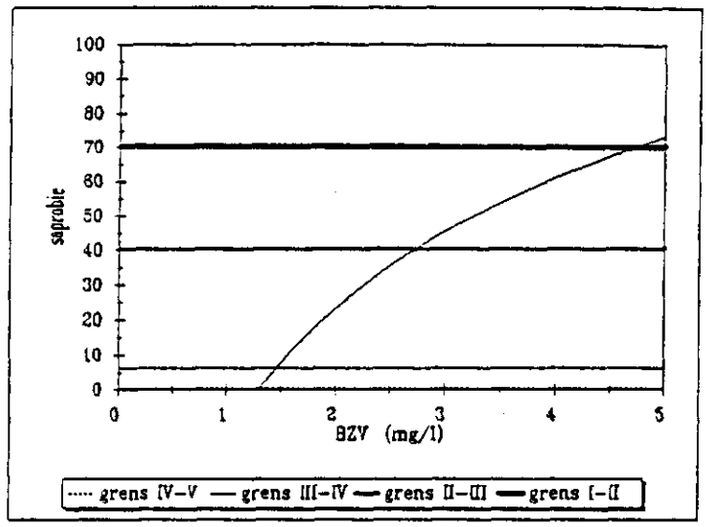


3.2 biochemisch zuurstofverbruik

heuvelland bovenlopen
saprobie
BZV

$y = -14.37 + 54.66 * Ln(BZV)$

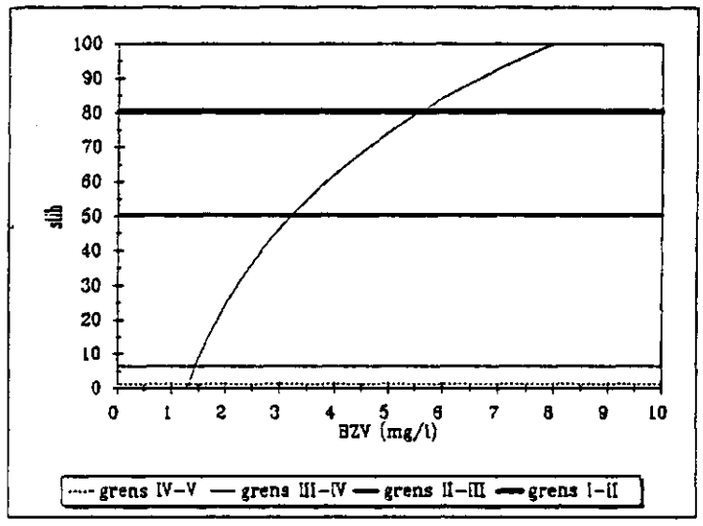
R = 0.81



heuvelland bovenlopen
slib
BZV

$y = -13.55 + 54.68 * Ln(BZV)$

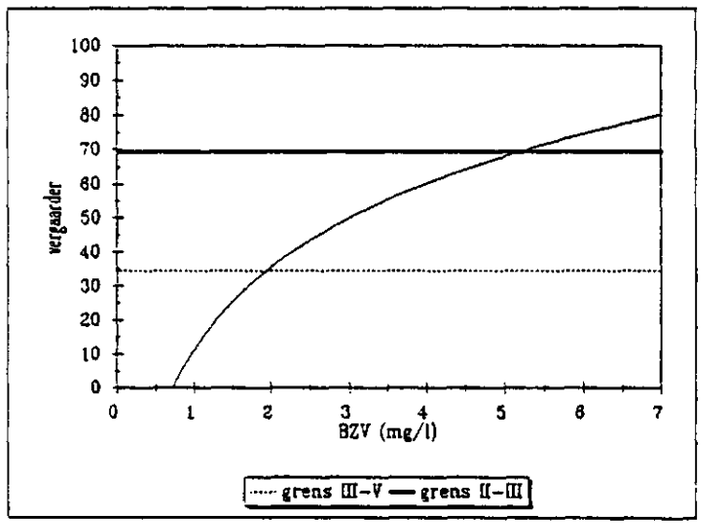
R = 0.78



heuvelland bovenlopen
vergaarder
BZV

$y = 11.07 + 35.47 * Ln(BZV)$

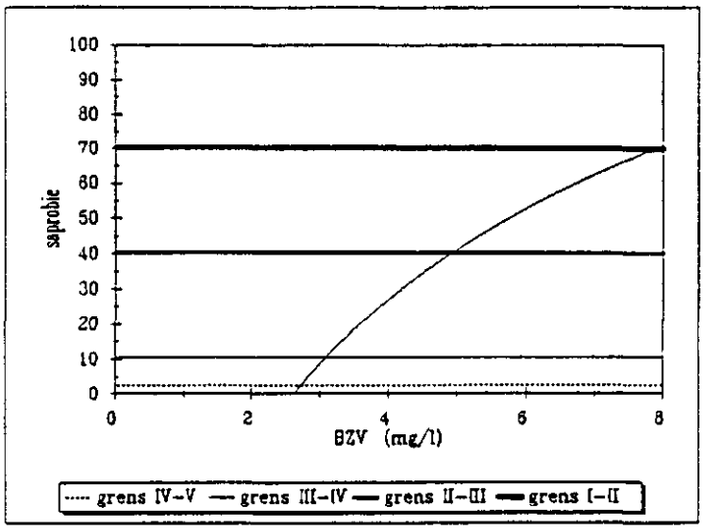
R = 0.82



heuvelland middenlopen
saprobie
BZV

$y=-61.44+63.91*Ln(BZV)$

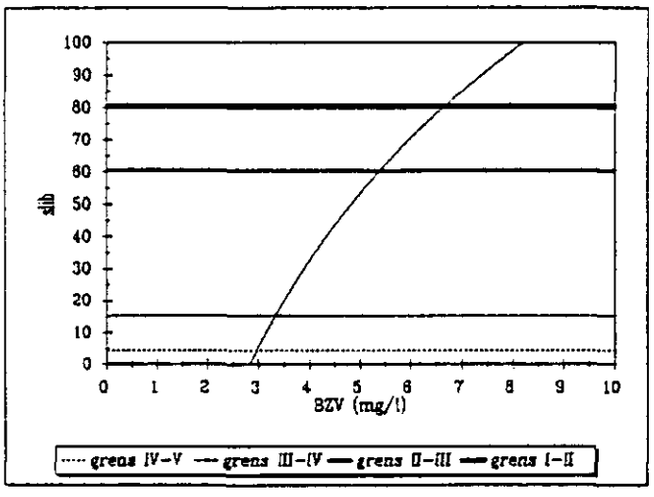
R=0.94



heuvelland middenlopen
slib
BZV

$y=-97.93+94.10*Ln(BZV)$

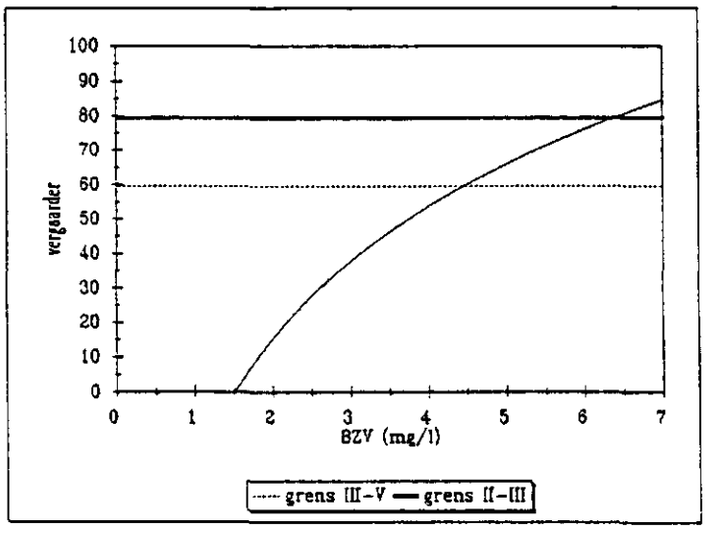
R=0.94



heuvelland middenlopen
vergaarder
BZV

$y=-23.38+55.56*Ln(BZV)$

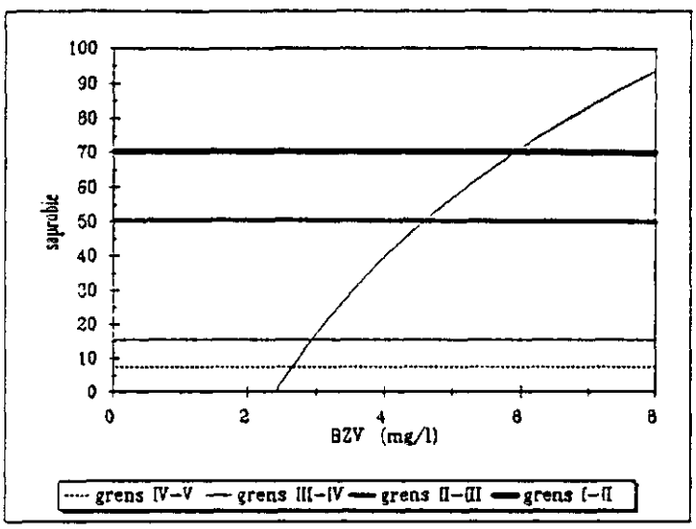
R=0.86



heuvelland benedenlopen
saprobie
BZV

$y = -68.45 + 78.09 * Ln(BZV)$

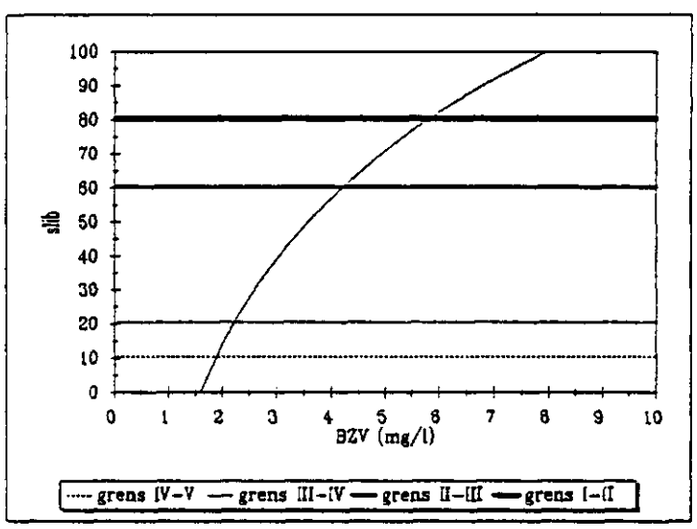
R=0.92



heuvelland benedenlopen
slib
BZV

$y = -29.56 + 62.53 * Ln(BZV)$

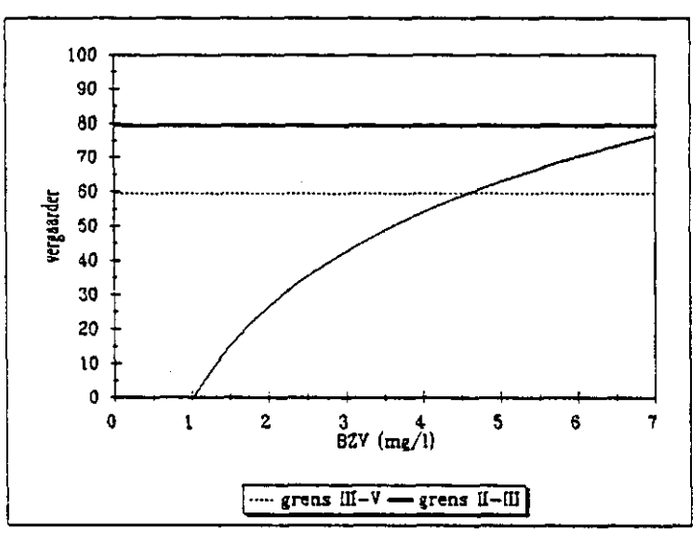
R=0.79



heuvelland benedenlopen
vergaarder
BZV

$y = -1.21 + 39.94 * Ln(BZV)$

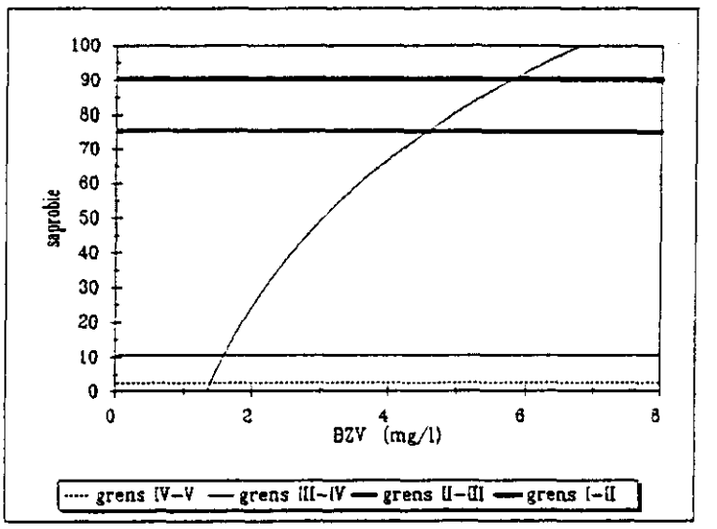
R=0.75



laagland bovenlopen
saprobie
BZV

$y=-18.53+62.01*Ln(BZV)$

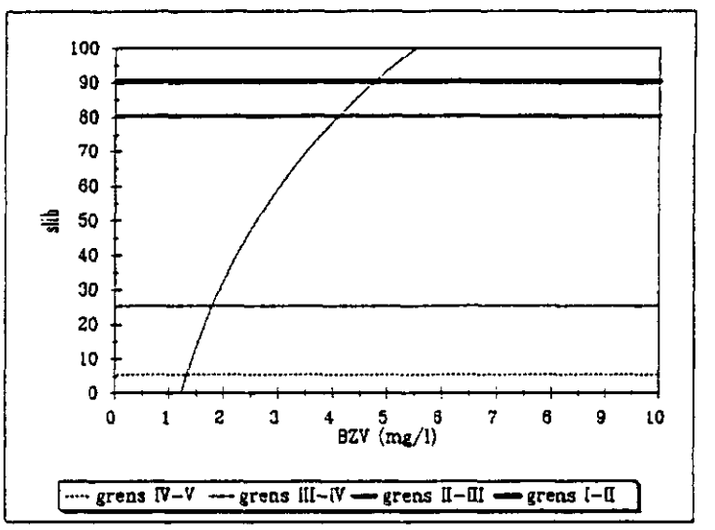
R=0.99



laagland bovenlopen
slib
BZV

$y=-13.43+66.57*Ln(BZV)$

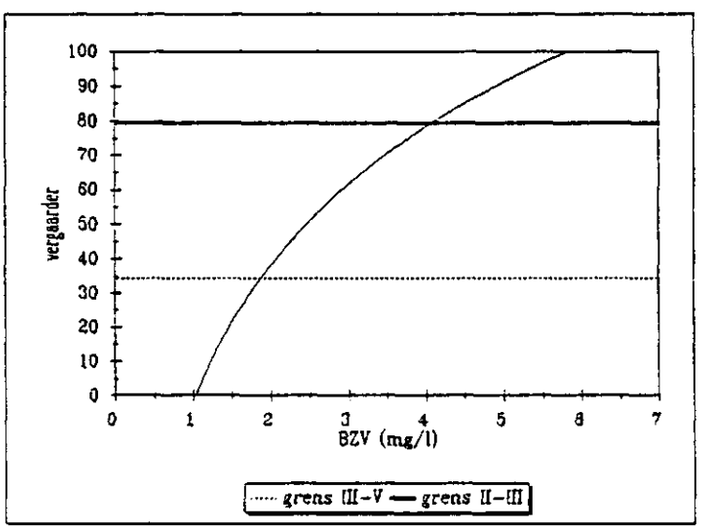
R=0.92



laagland bovenlopen
vergaarder
BZV

$y=-2.21+58.14*Ln(BZV)$

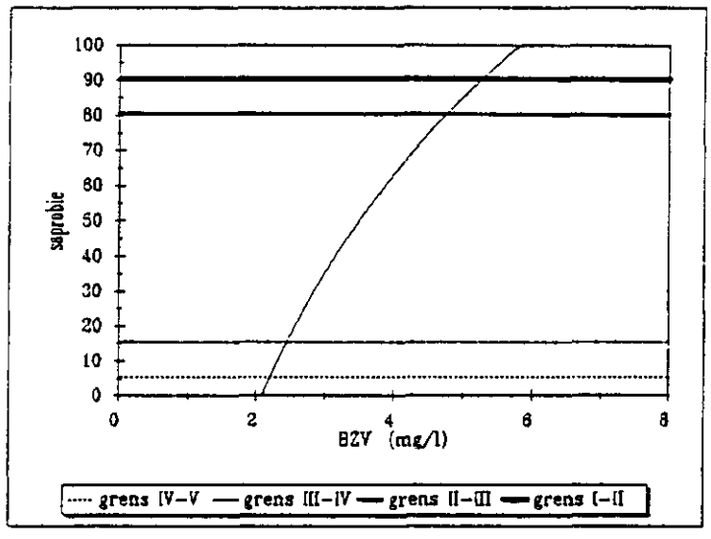
R=0.93



laagland middenlopen
saprobie
BZV

$y = -71.83 + 97.72 * Ln(BZV)$

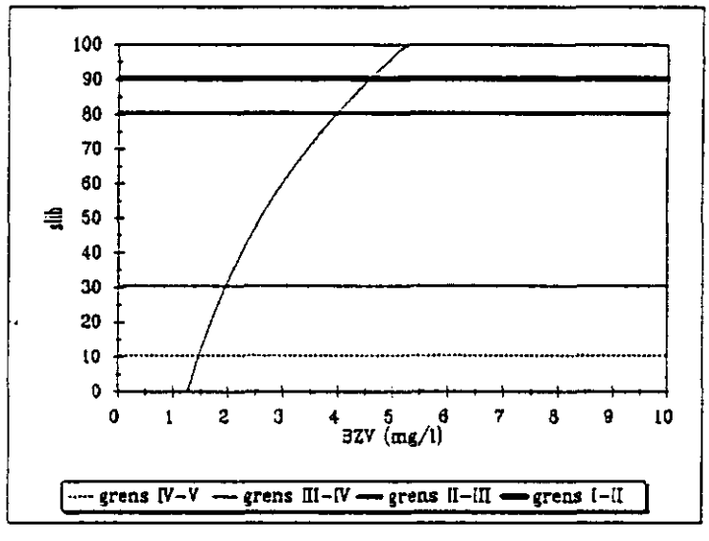
R=0.96



laagland middenlopen
slib
BZV

$y = -17.22 + 70.76 * Ln(BZV)$

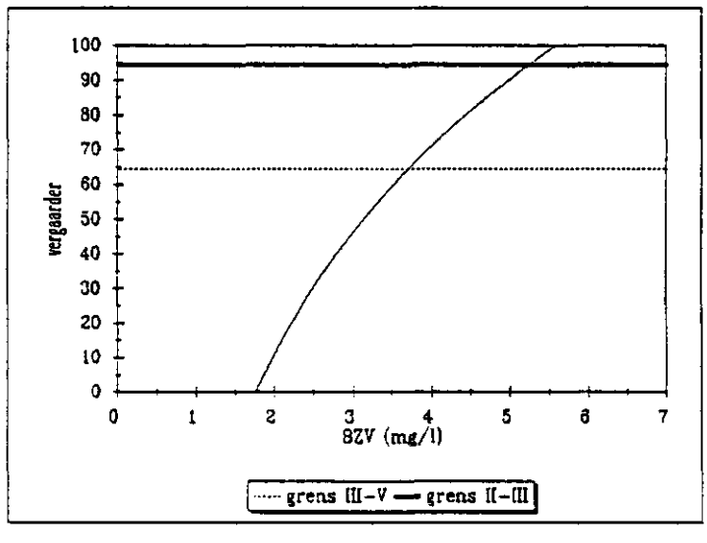
R=0.90



laagland middenlopen
vergaarder
BZV

$y = -49.15 + 86.74 * Ln(BZV)$

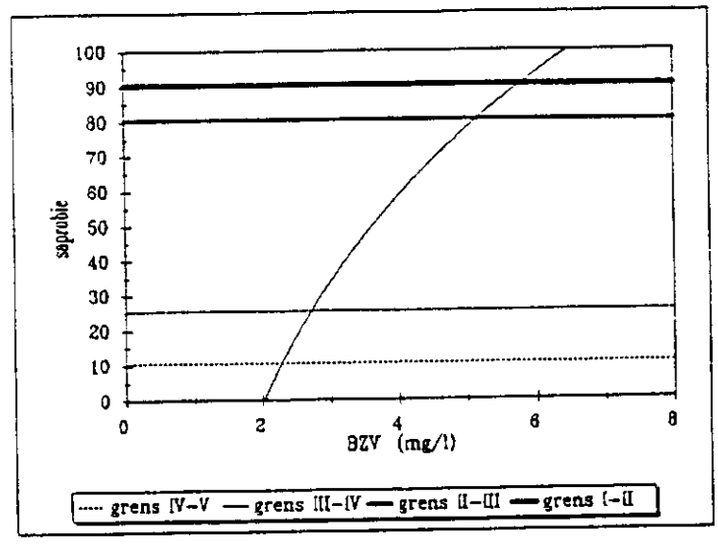
R=0.75



laagland benedenlopen
saprobie
BZV

$y = -60.33 + 85.89 * Ln(BZV)$

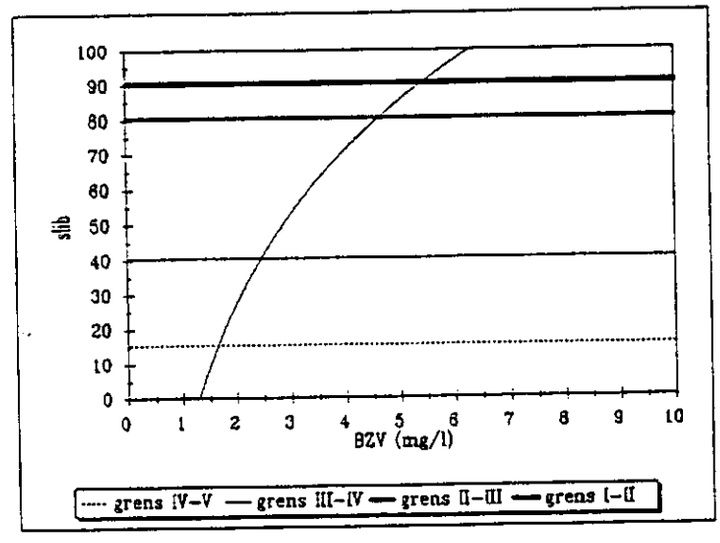
R=0.90



laagland benedenlopen
slib
BZV

$y = -16.36 + 63.18 * Ln(BZV)$

R=0.78

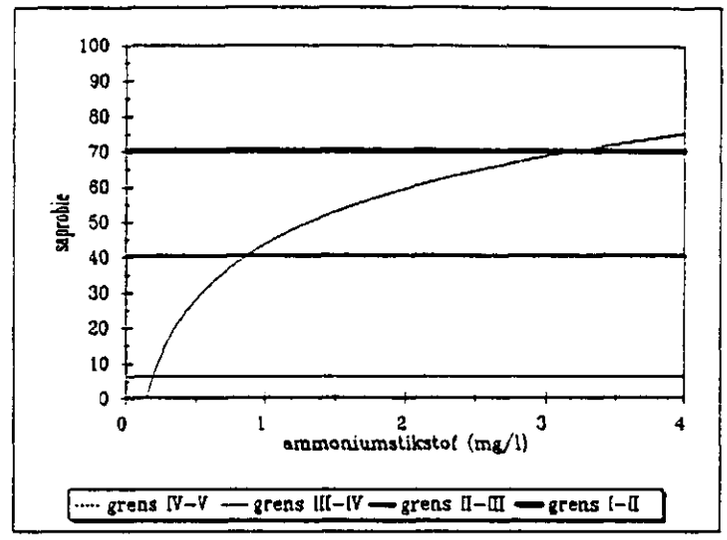


3.3 ammoniumstikstof

heuvelland bovenlopen
saprobie
NH4

$y=43.89+22.81*Ln(NH4)$

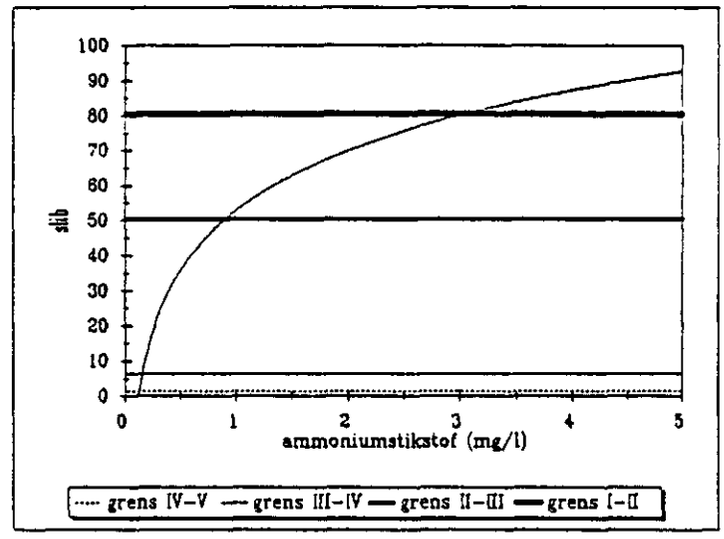
R=0.95



heuvelland bovenlopen
slib
NH4

$y=53.02+24.77*Ln(NH4)$

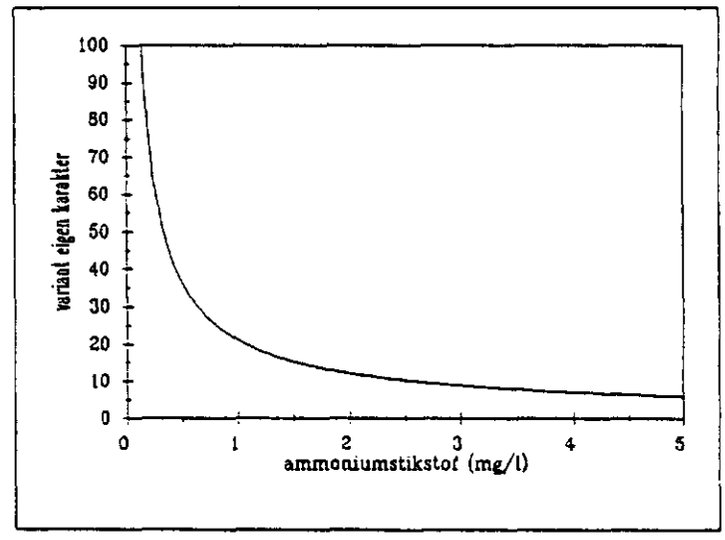
R=0.87



heuvelland bovenlopen
variant-eigen karakter
NH4

$y=21.04*NH4^{-0.79}$

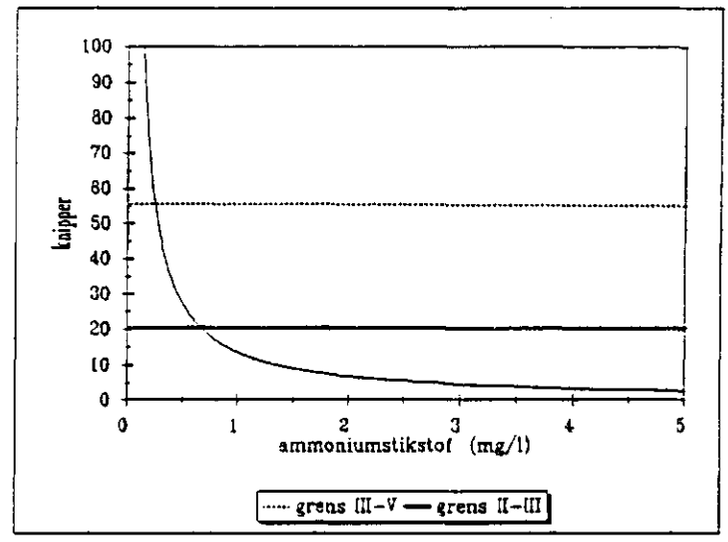
R=0.94



heuvelland bovenlopen
knipper
NH4

$y=13.54*NH4^{-1.01}$

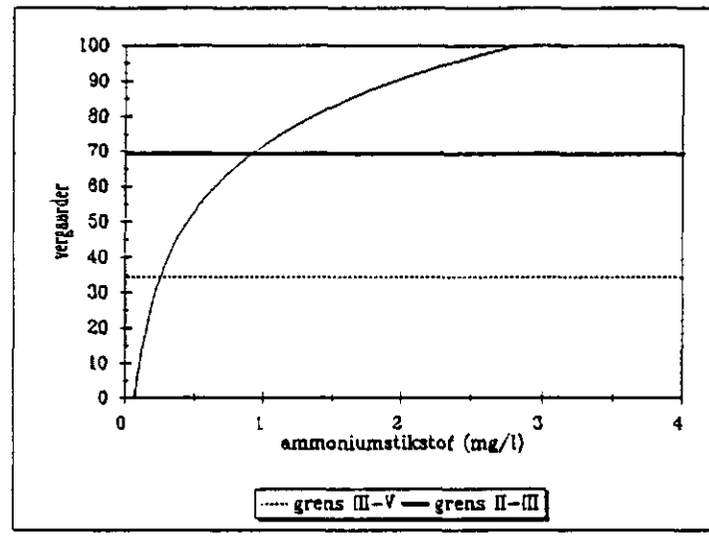
R=0.87



heuvelland bovenlopen
vergaarder
NH4

$y=71.88+27.32*Ln(NH4)$

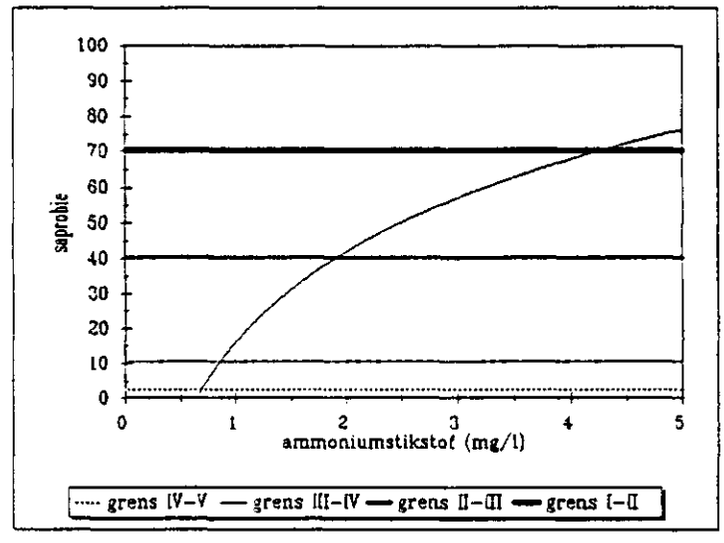
R=0.81



heuvelland middenlopen
saprobie
NH4

$y=16.17+37.43*Ln(NH4)$

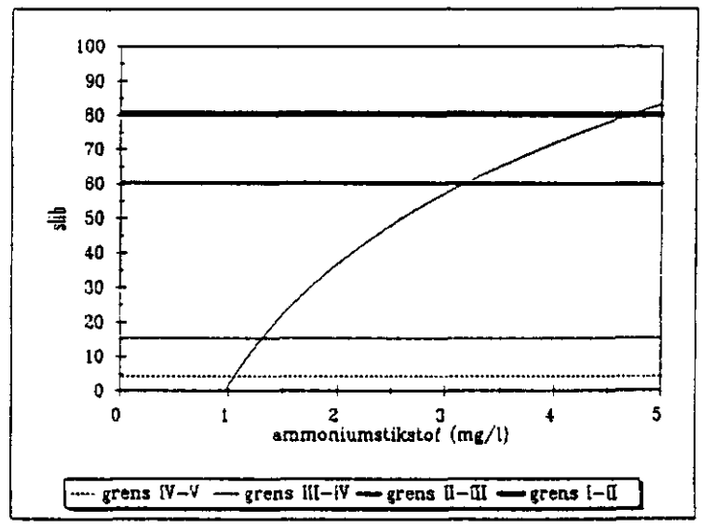
R=0.97



heuvelland middenlopen
slib
NH4

$y=1.77+50.89*Ln(NH4)$

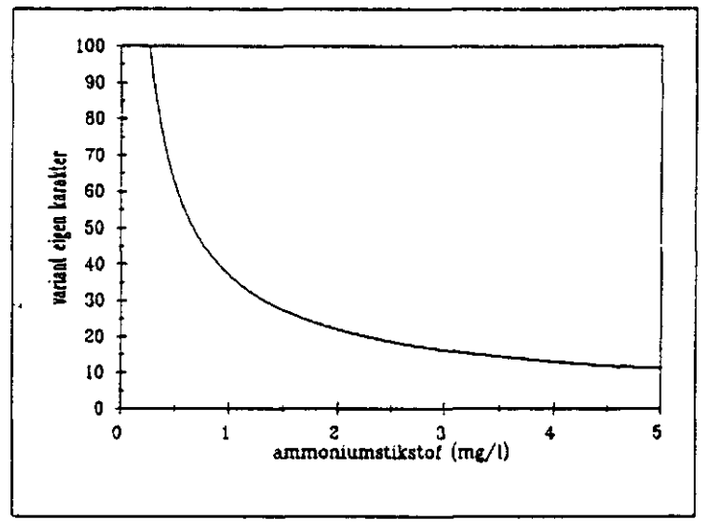
R=0.95



heuvelland middenlopen
variant-eigen karakter
NH4

$y=36.97*NH4^{-0.75}$

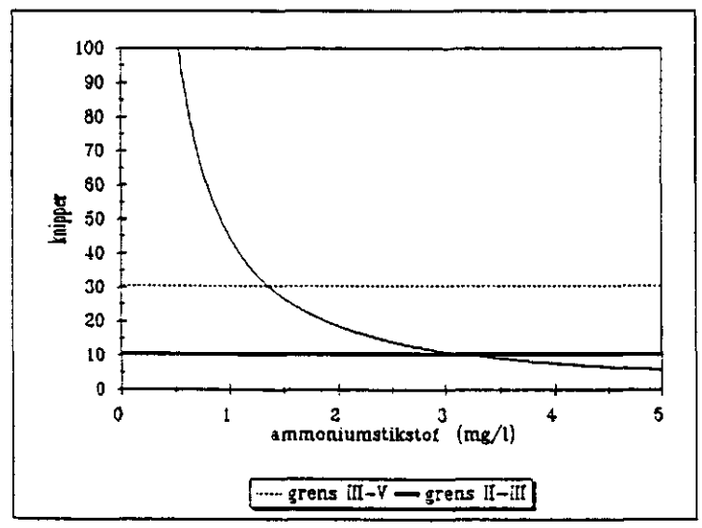
R=0.87



heuvelland middenlopen
knipper
NH4

$y=44.99*NH4^{-1.27}$

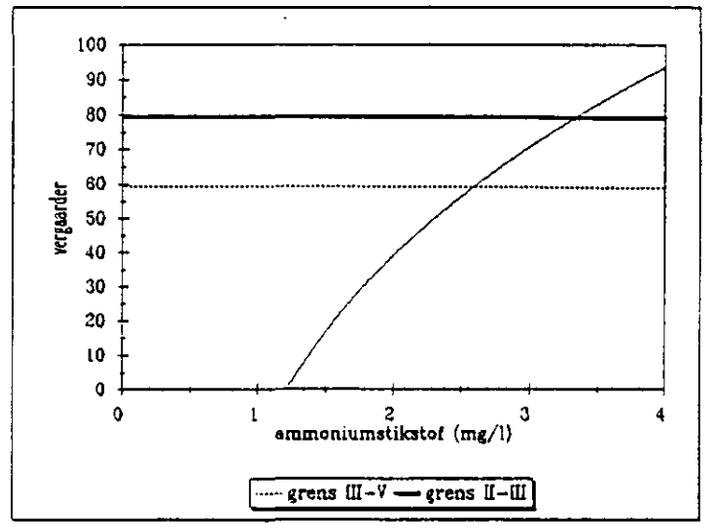
R=0.89



heuvelland middenlopen
vergaarder
NH4

$y=-15.11+78.54*Ln(NH4)$

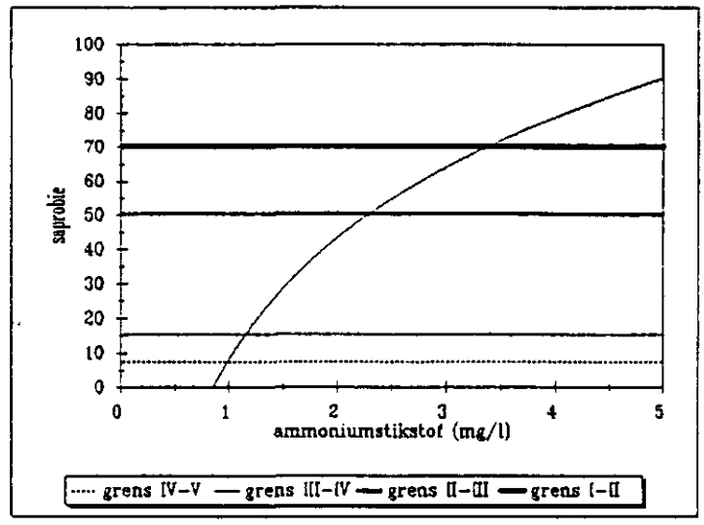
R=0.89



heuvelland benedenlopen
saprobie
NH4

$y=8.15+51.14*Ln(NH4)$

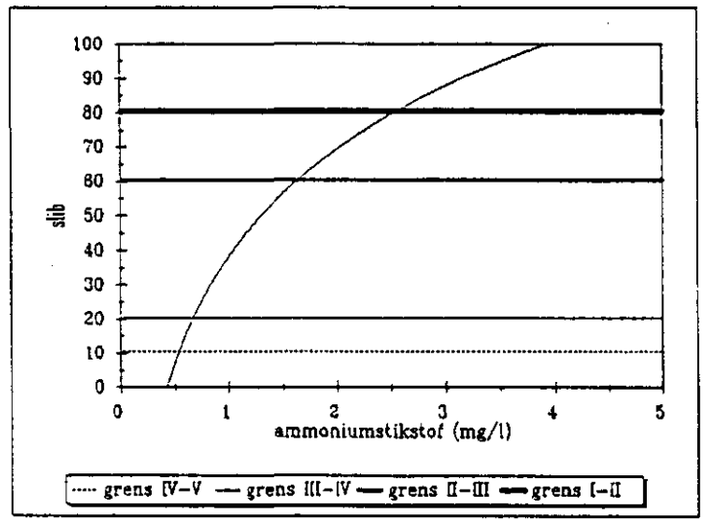
R=0.74



heuvelland benedenlopen
slib
NH4

$y=38.35+45.10*Ln(NH4)$

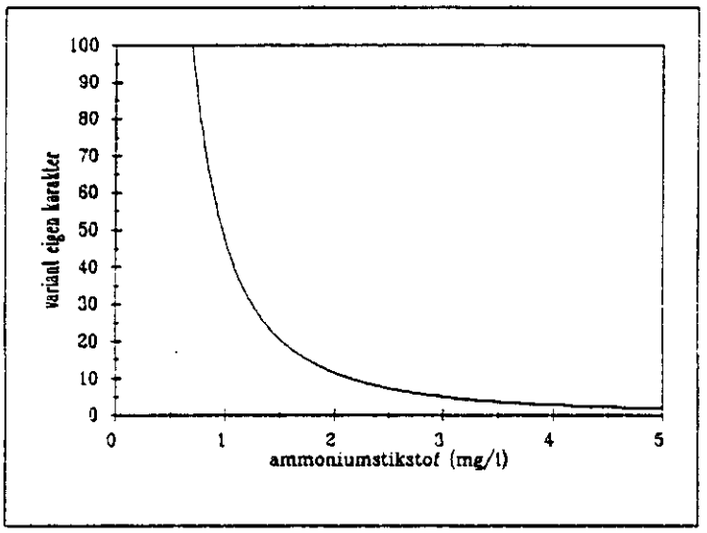
R=0.77



heuvelland benedenlopen
variant-eigen karakter
NH4

$y=47.33*NH4^{-2.05}$

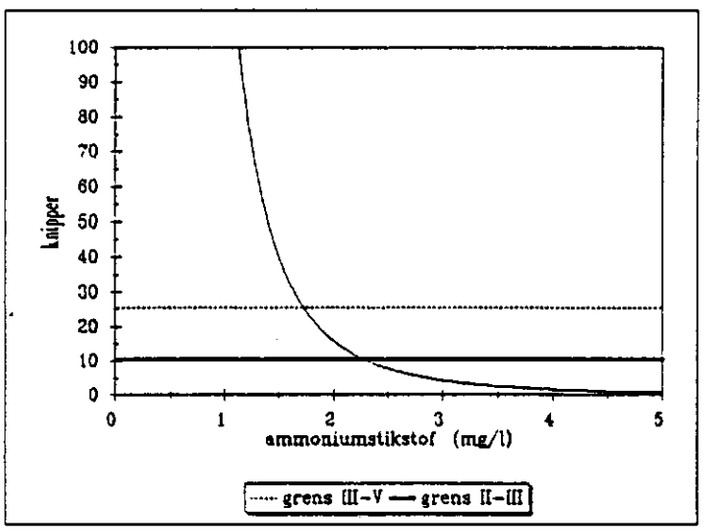
R=0.94



heuvelland benedenlopen
knipper
NH4

$y=147.08*NH4^{-3.22}$

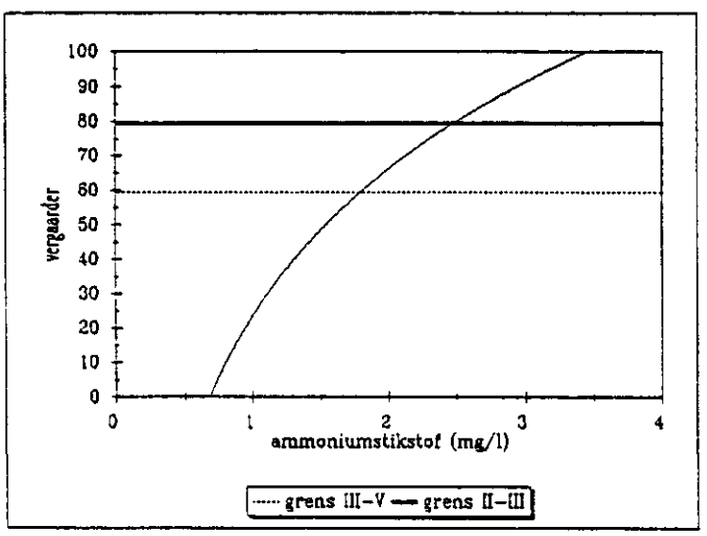
R=0.94



heuvelland benedenlopen
vergaarder
NH4

$y=23.51+61.77*Ln(NH4)$

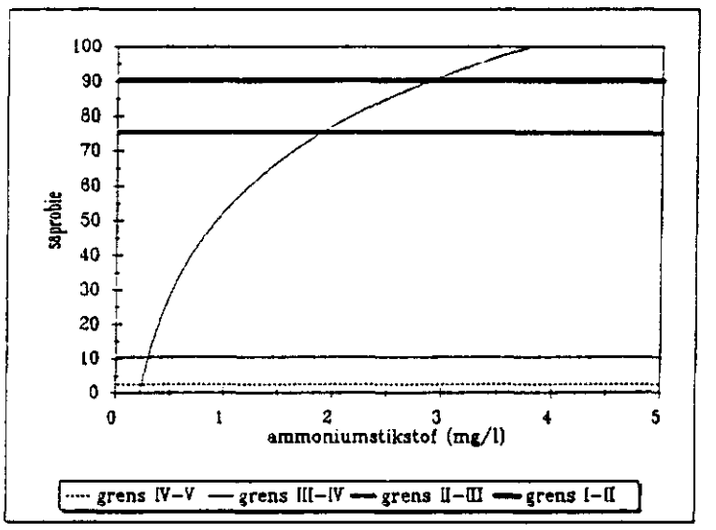
R=0.79



laagland bovenlopen
saprobie
NH4

$y=52.88+35.40*Ln(NH4)$

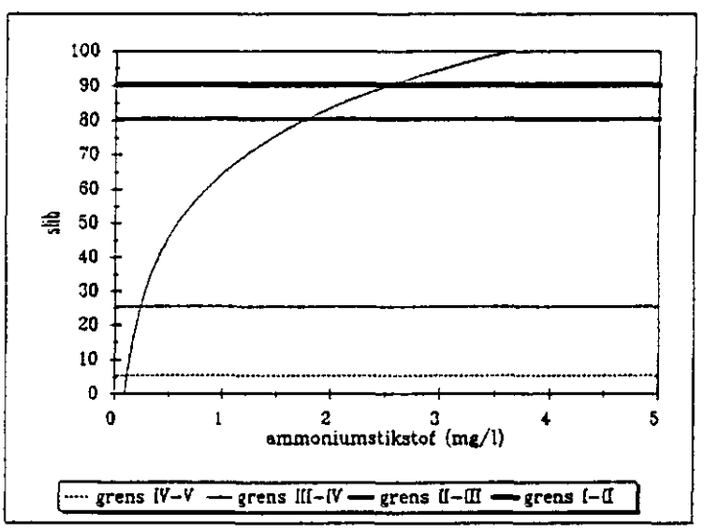
R=0.97



laagland bovenlopen
slib
NH4

$y=64.82+27.41*Ln(NH4)$

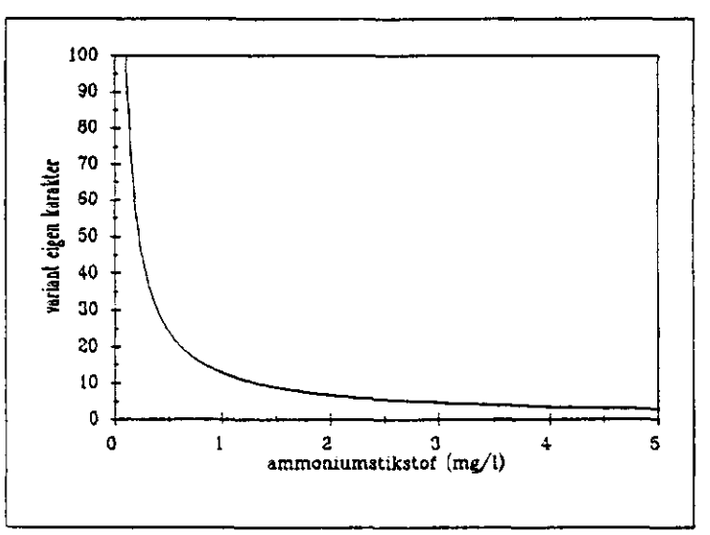
R=0.95



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
NH4

$y=12.74*NH4^{-0.92}$

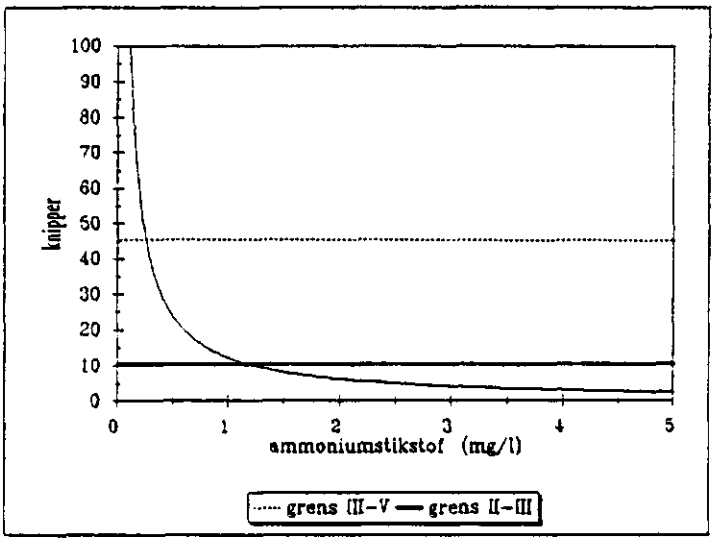
R=0.97



laagland bovenlopen
knipper
NH4

$y = 12.21 * NH4^{-0.97}$

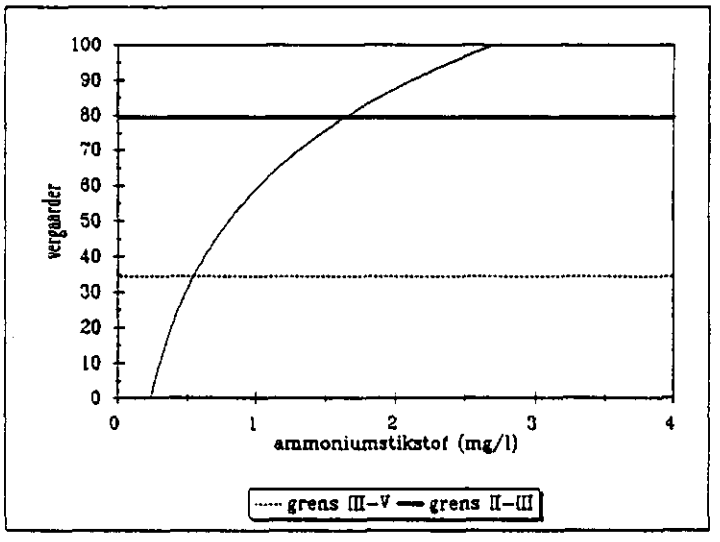
R=0.96



laagland bovenlopen
vergaarder
NH4

$y = 59.28 + 41.14 * Ln(NH4)$

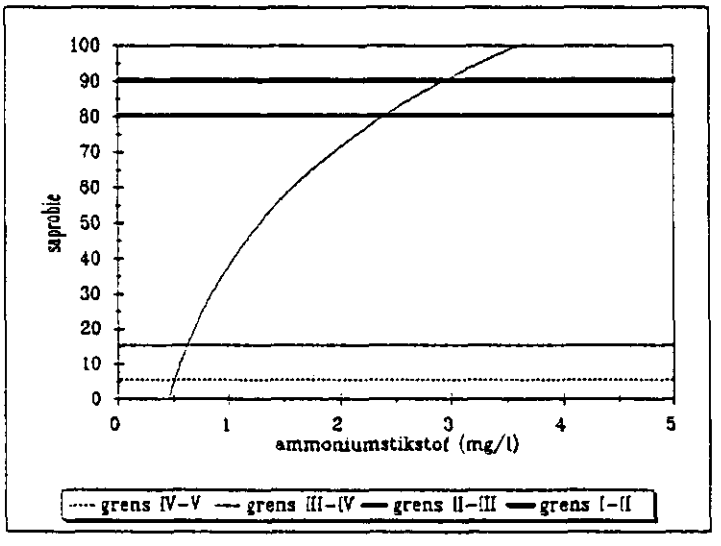
R=0.91



laagland middenlopen
saprobie
NH4

$y = 38.08 + 48.49 * Ln(NH4)$

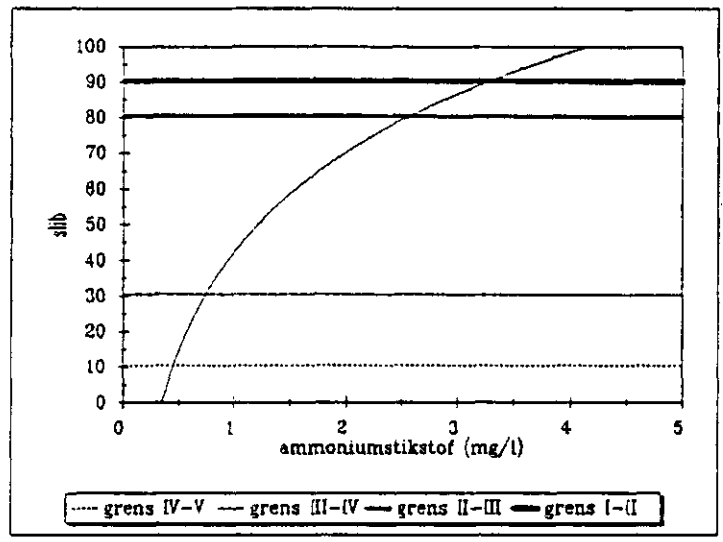
R=0.93



laagland middenlopen
slib
NH4

$y=47.38+45.53*Ln(NH4)$

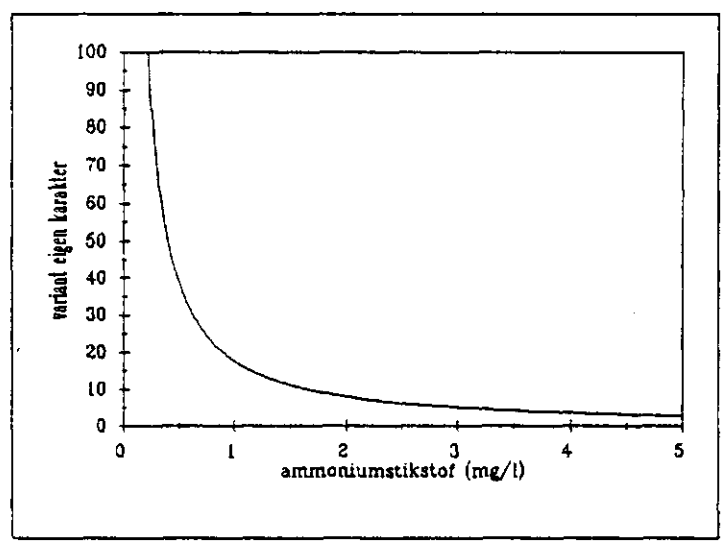
R=0.88



laagland middenlopen
variant-eigen karakter
NH4

$y=17.56*NH4^{-1.14}$

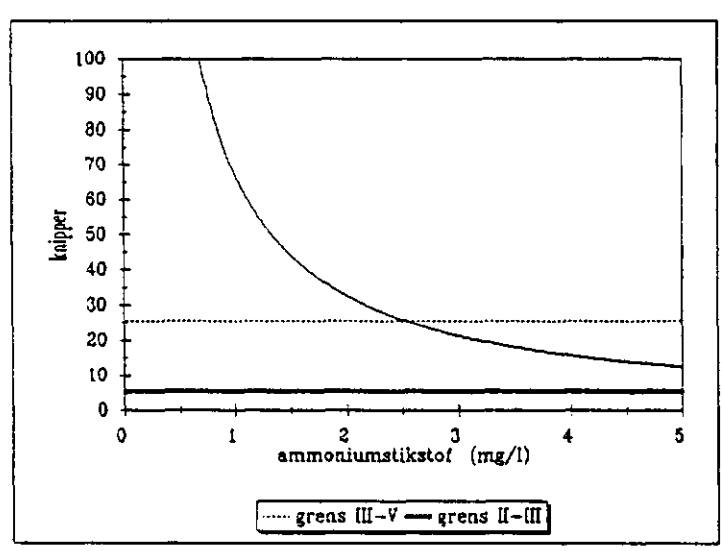
R=0.88



laagland middenlopen
knipper
NH4

$y=67.55*NH4^{-1.05}$

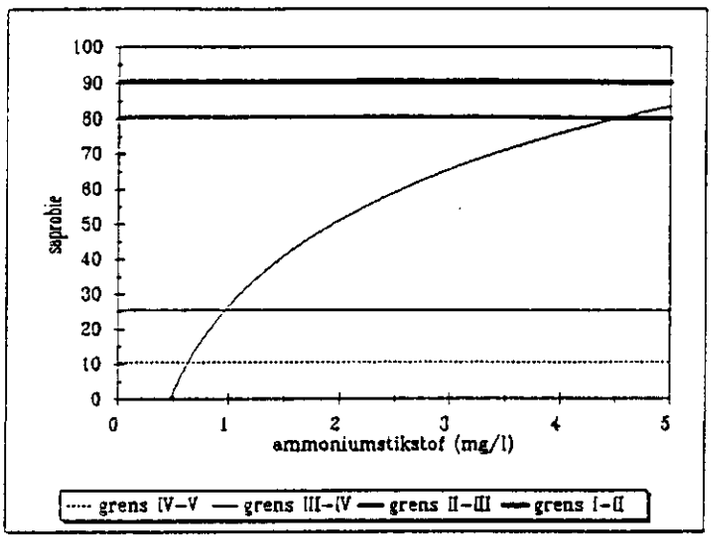
R=0.86



laagland benedenlopen
saprobie
NH4

$y=26.65+35.70*Ln(NH4)$

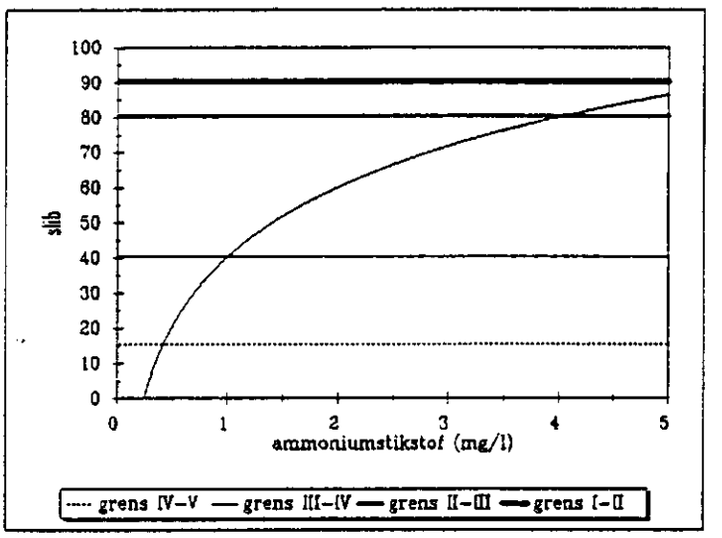
R=0.92



laagland benedenlopen
slib
NH4

$y=40.44+28.75*Ln(NH4)$

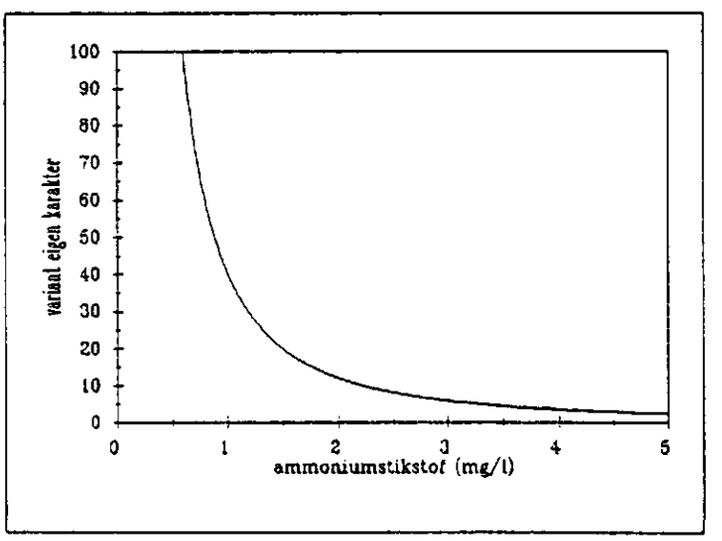
R=0.88



laagland benedenlopen
variant-eigen karakter
NH4

$y=40.39*NH4^{-1.75}$

R=0.91

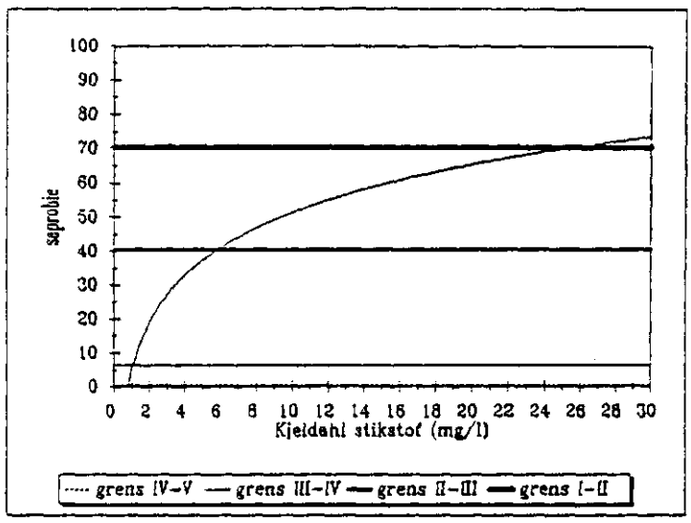


3.4 Kjeldahlstikstof

heuvelland bovenlopen
saprobie
Nkjeld

$y=4.70+20.29*Ln(NKjeld)$

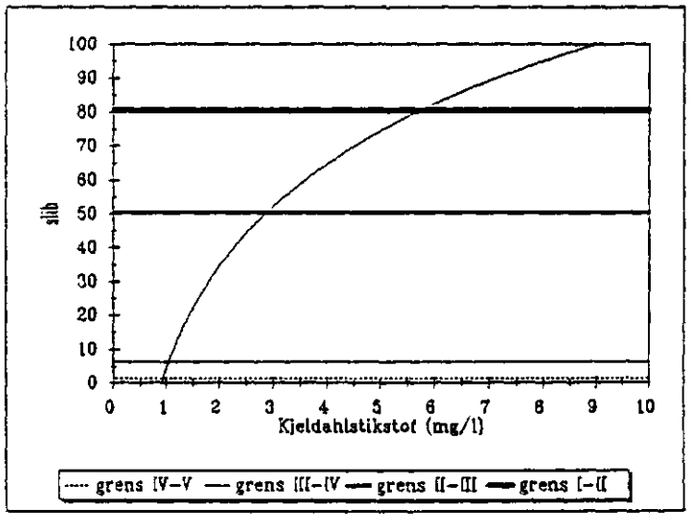
R=0.98



heuvelland bovenlopen
slib
Nkjeld

$y=4.29+43.66*Ln(NKjeld)$

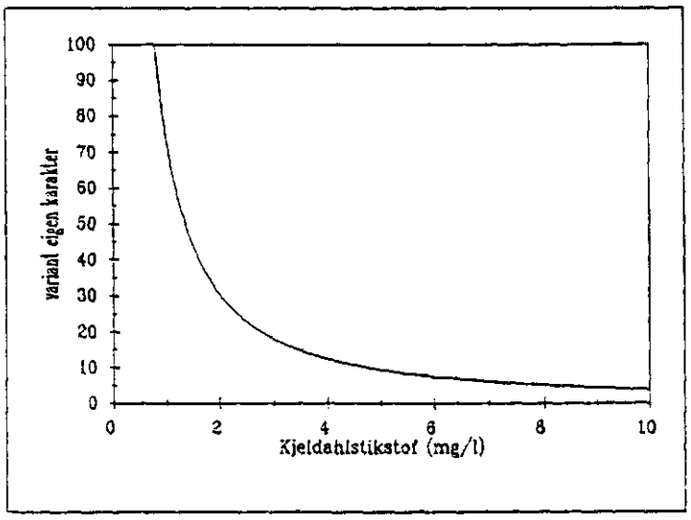
R=0.85



heuvelland bovenlopen
variant-eigen karakter
Nkjeld

$y=74.60*NKjeld^{-1.29}$

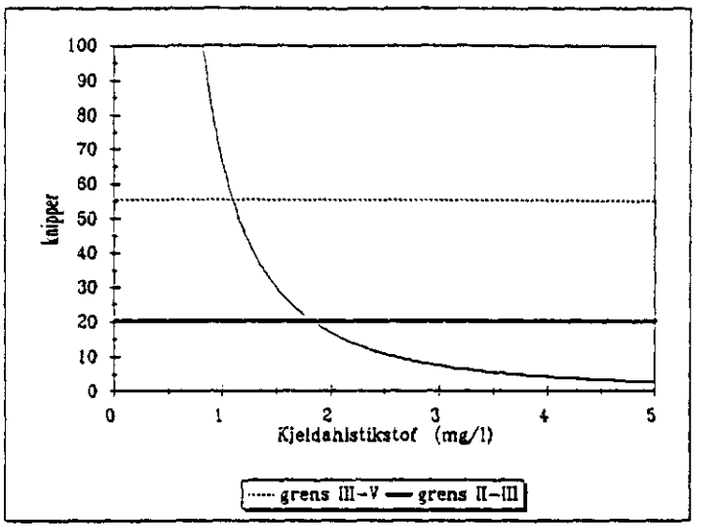
R=0.87



heuvelland bovenlopen
knipper
Nkjeld

$y=67.04*NKjeld^{-1.99}$

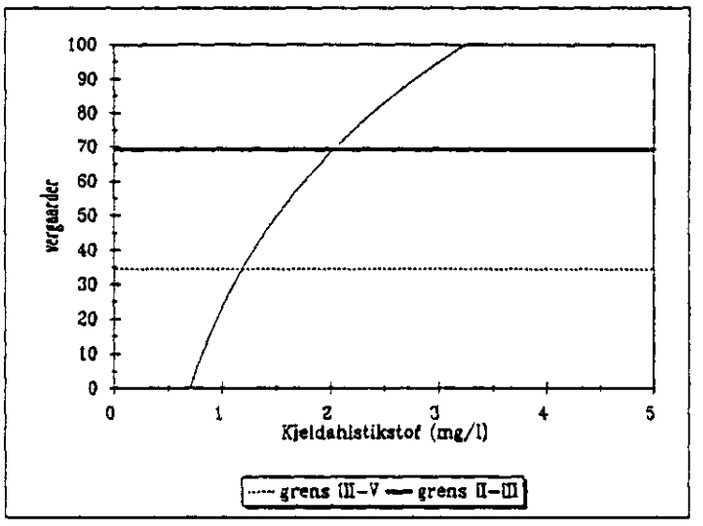
R=0.88



heuvelland bovenlopen
vergaarder
Nkjeld

$y=23.18+65.42*Ln(NKjeld)$

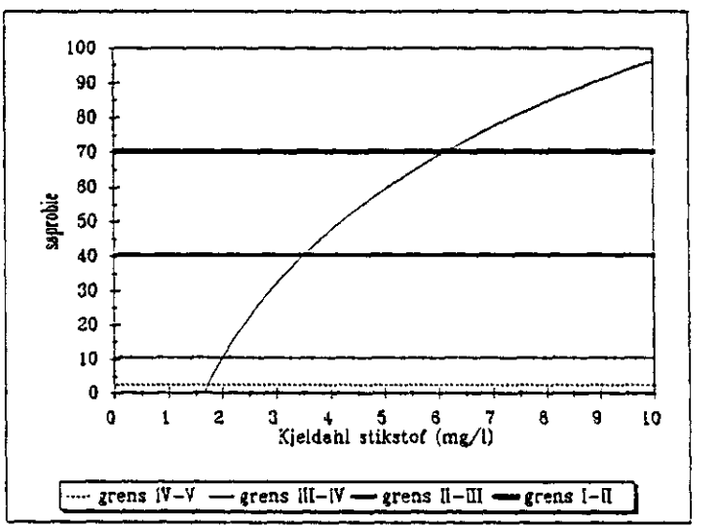
R=0.95



heuvelland middenlopen
saprobie
Nkjeld

$y=-26.82+53.58*Ln(NKjeld)$

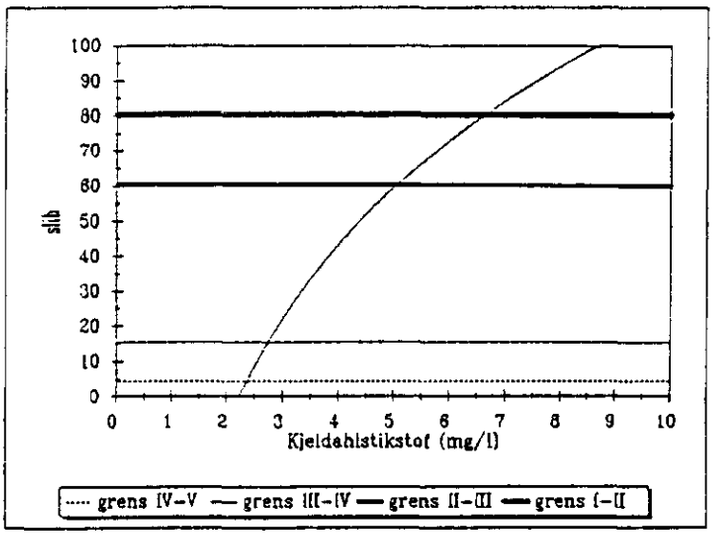
R=0.96



heuvelland middenlopen
slib
Nkjeld

$y = -58.60 + 73.52 * Ln(NKjeld)$

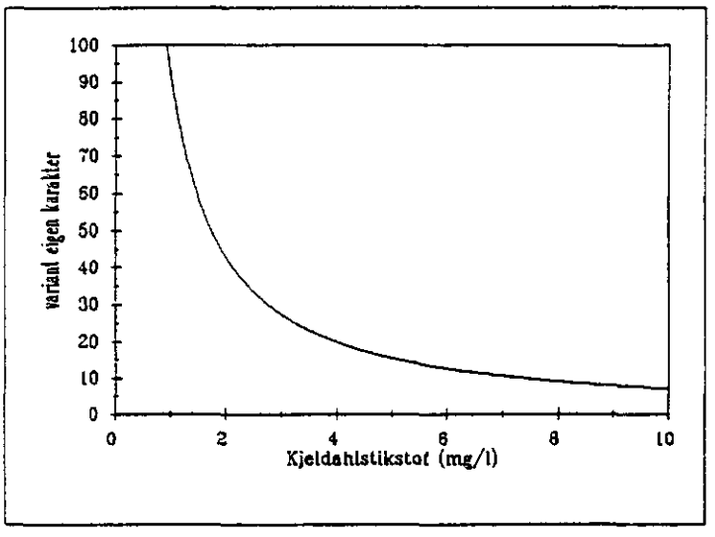
R=0.93



heuvelland middenlopen
variant-eigen karakter
Nkjeld

$y = 92.28 * NKjeld^{-1.11}$

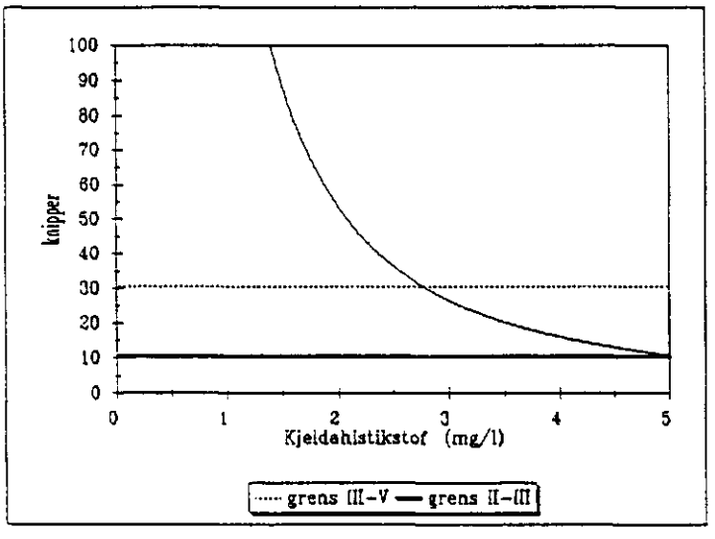
R=0.88



heuvelland middenlopen
knipper
Nkjeld

$y = 180.00 * NKjeld^{-1.74}$

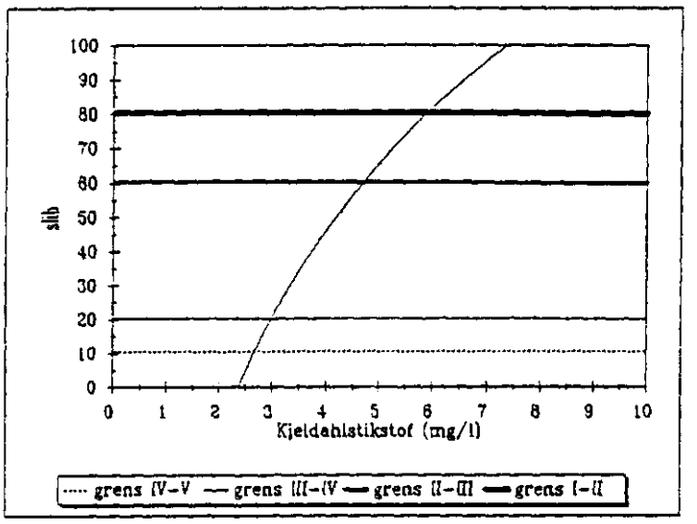
R=0.88



heuvelland benedenlopen
slib
Nkjeld

$y = -76.14 + 88.26 * Ln(NKjeld)$

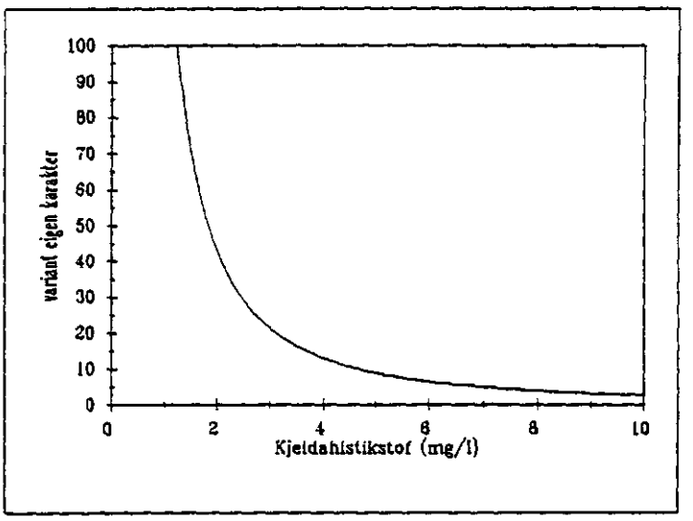
R=0.93



heuvelland benedenlopen
variant-eigen karakter
Nkjeld

$y = 142.13 * NKjeld^{-1.73}$

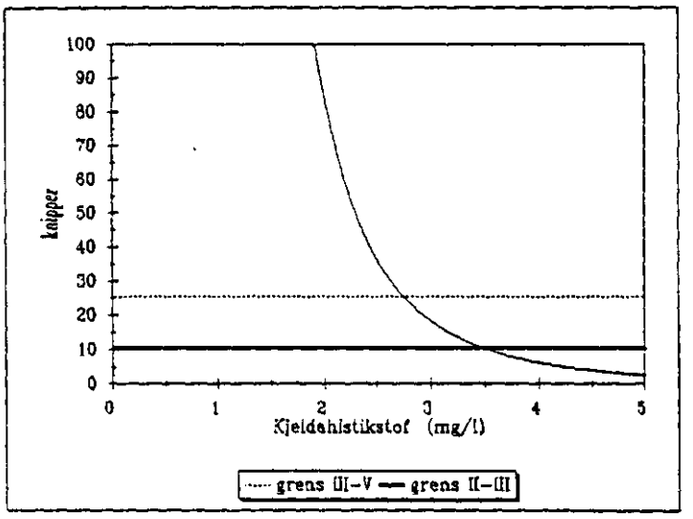
R=0.85



heuvelland benedenlopen
knipper
Nkjeld

$y = 1143.55 * Nkjeld^{-3.76}$

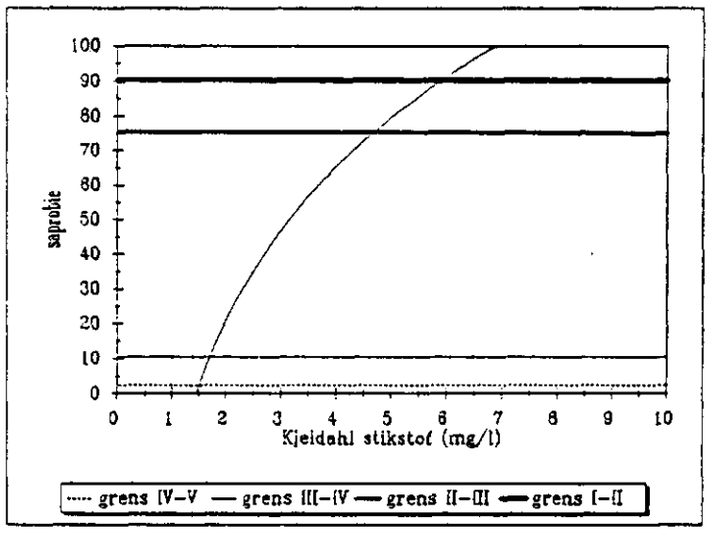
R=0.82



laagland bovenlopen
saprobie
Nkjeld

$y = -23.69 + 64.76 * Ln(NKjeld)$

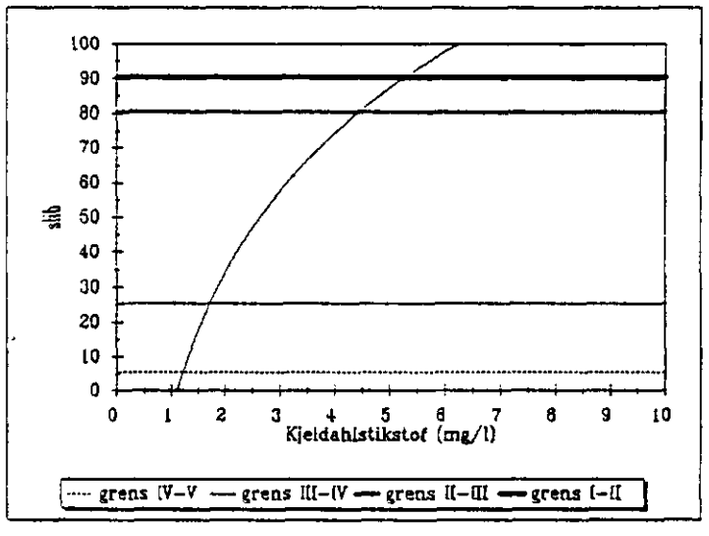
R=0.96



laagland bovenlopen
slib
Nkjeld

$y = -6.17 + 58.15 * Ln(NKjeld)$

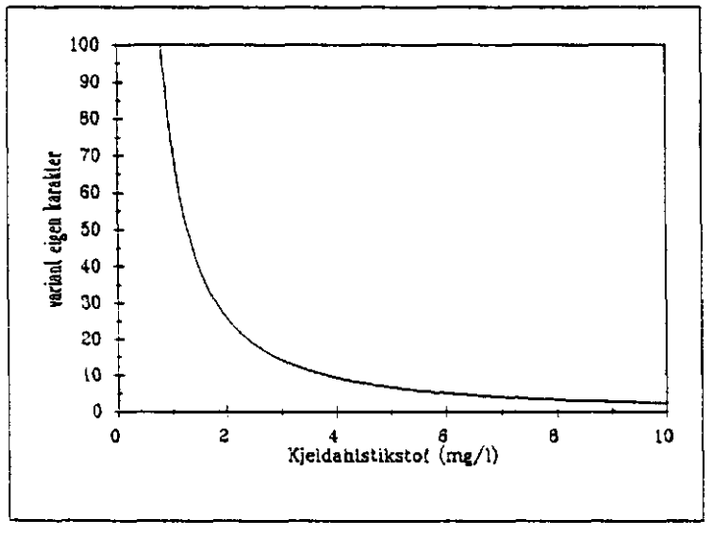
R=0.90



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
Nkjeld

$y = 72.44 * NKjeld^{-1.48}$

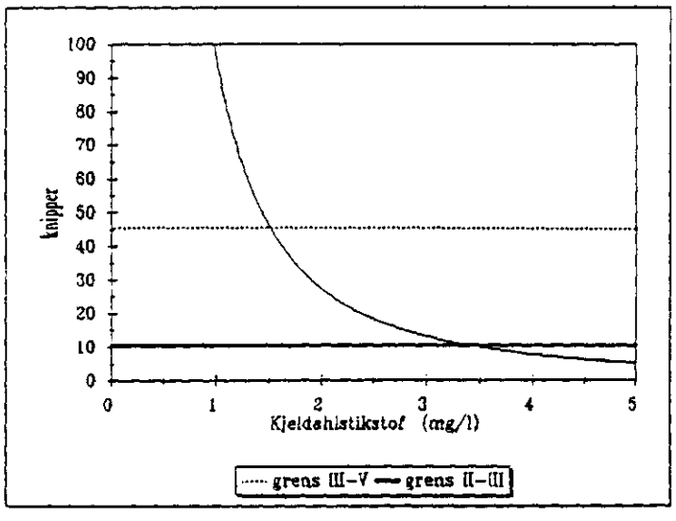
R=0.92



laagland bovenlopen
knipper
Nkjeld

$y=96.21*NKjeld^{-1.81}$

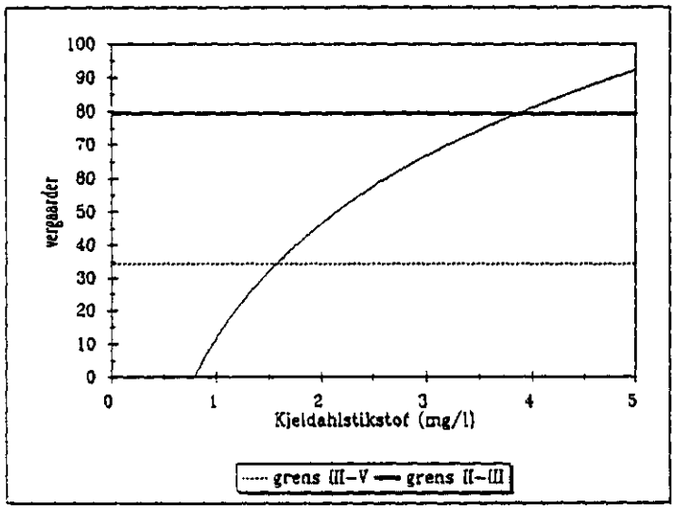
R=0.93



laagland bovenlopen
vergaarder
Nkjeld

$y=11.87+50.06*Ln(NKjeld)$

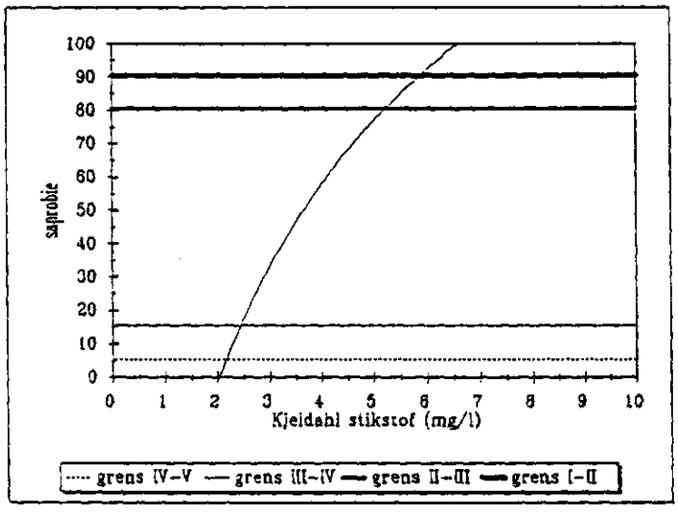
R=0.83



laagland middenlopen
saprobie
Nkjeld

$y=-60.73+85.35*Ln(NKjeld)$

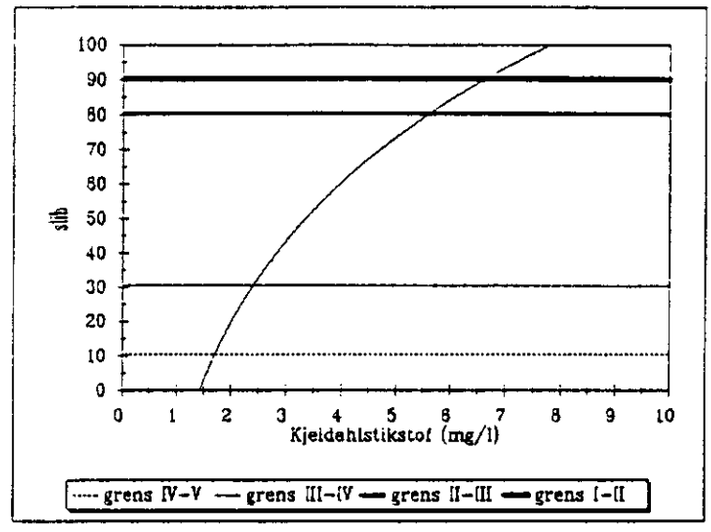
R=0.96



laagland middenlopen
slib
Nkjeld

$y = -21.22 + 59.02 * Ln(NKjeld)$

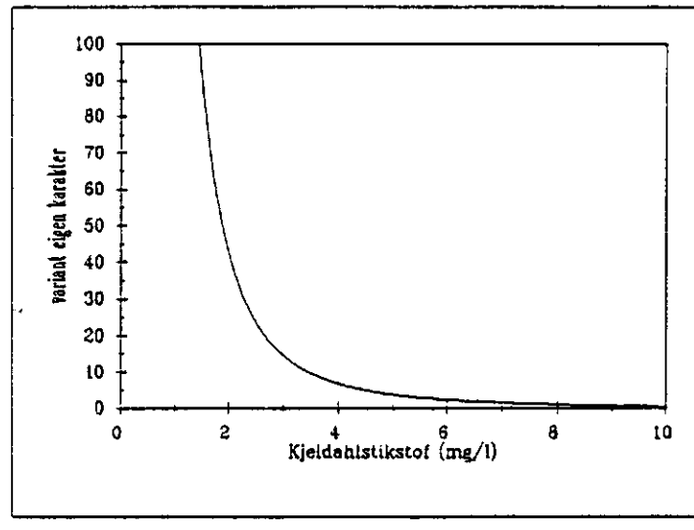
R=0.86



laagland middenlopen
variant-eigen karakter
Nkjeld

$y = 272.56 * NKjeld^{-2.67}$

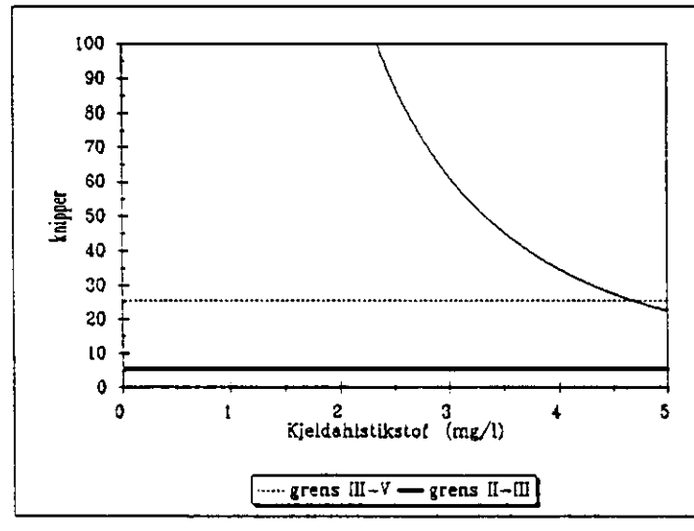
R=0.94



laagland middenlopen
knipper
Nkjeld

$y = 541.41 * NKjeld^{-1.98}$

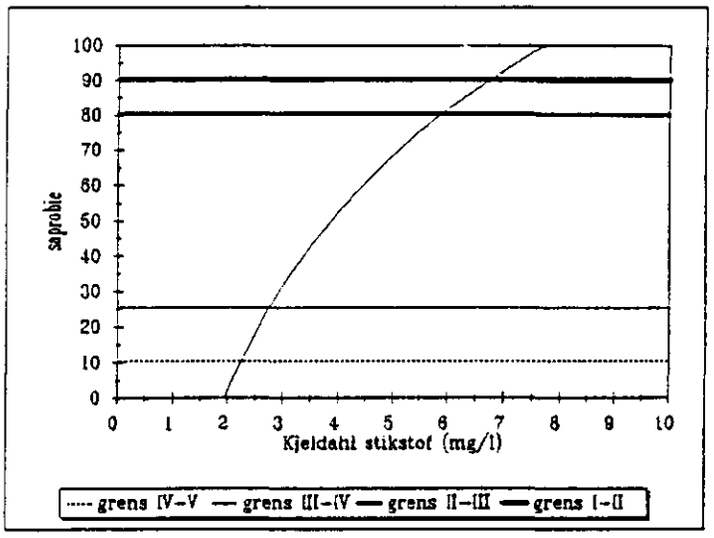
R=0.80



laagland benedenlopen
saprobie
Nkjeld

$y = -48.42 + 72.82 * Ln(NKjeld)$

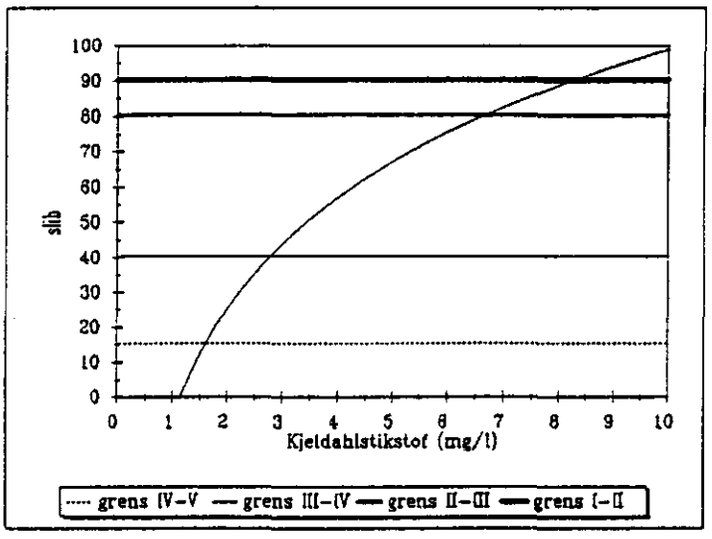
R=0.89



laagland benedenlopen
slib
Nkjeld

$y = -6.33 + 45.78 * Ln(NKjeld)$

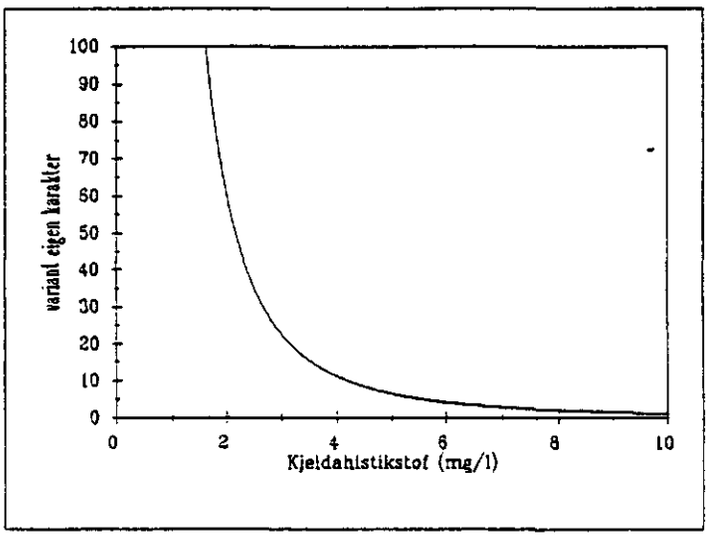
R=0.79



laagland benedenlopen
variant-eigen karakter
Nkjeld

$y = 328.64 * NKjeld^{-2.44}$

R=0.94

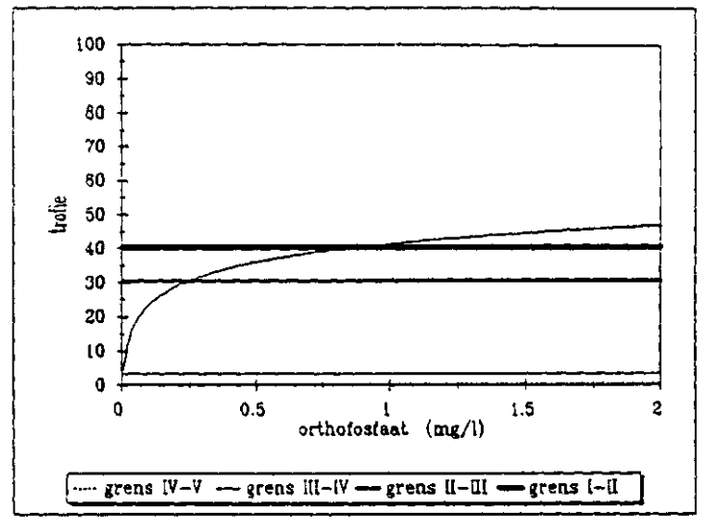


3.5 orthofosfaat

heuvelland bovenlopen
trofie
orthofosfaat

$$y=41.52+7.78*Ln(oPO_4)$$

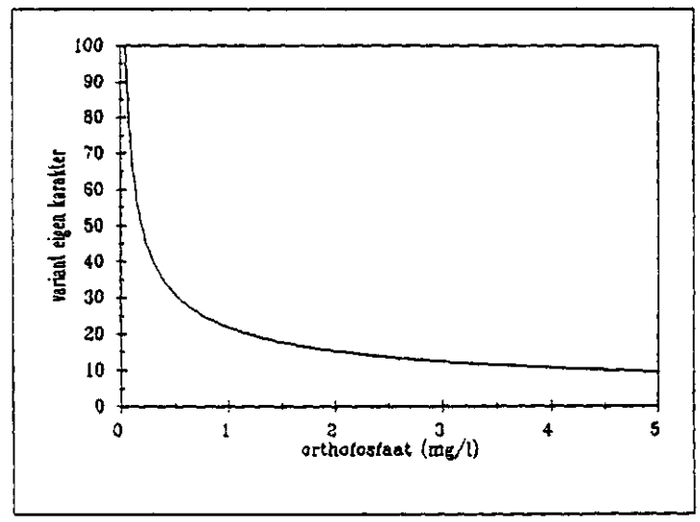
R=0.92



heuvelland bovenlopen
variant-eigen karakter
orthofosfaat

$$y=21.74*oPO_4^{-0.51}$$

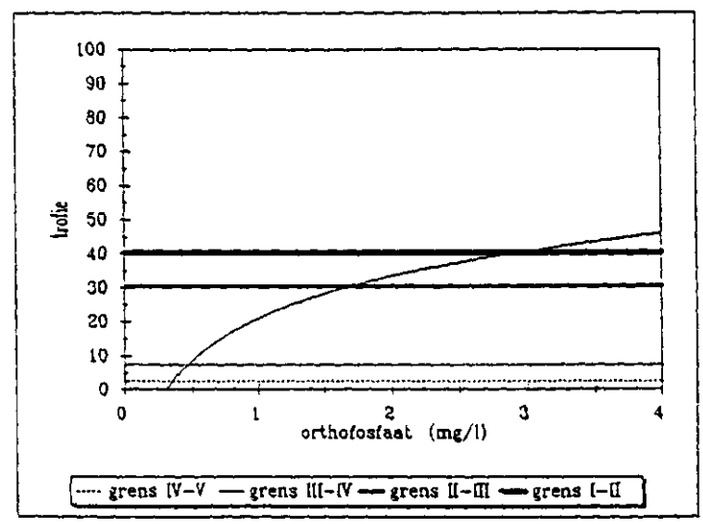
R=0.84



heuvelland middenlopen
trofie
orthofosfaat

$$y=21.16+17.96*Ln(oPO_4)$$

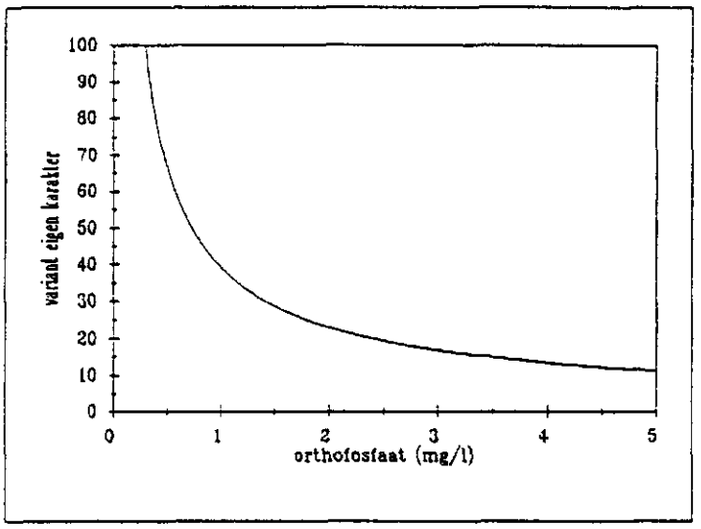
R=0.65



heuvelland middenlopen
variant-eigen karakter
orthofosfaat

$$y=39.10*oPO4_4^{-0.77}$$

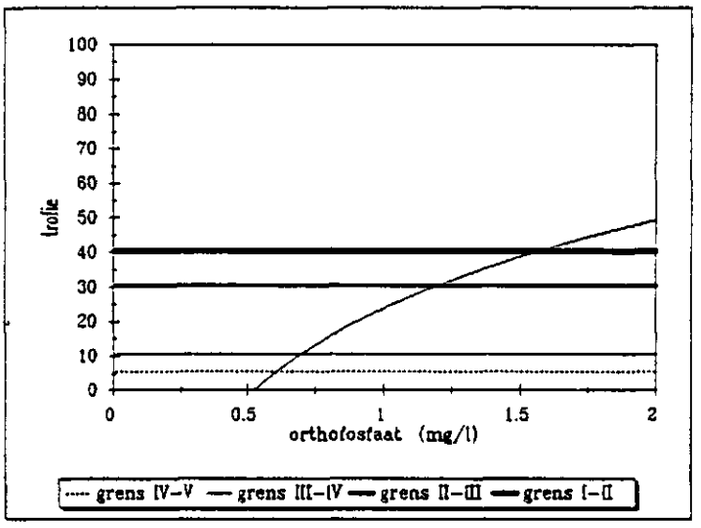
R=0.98



heuvelland benedenlopen
trofie
orthofosfaat

$$y=23.92+36.95*Ln(oPO_4)$$

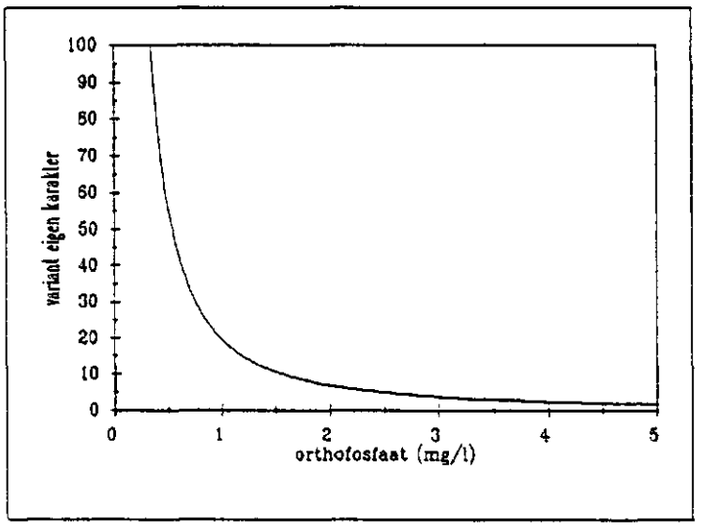
R=0.66



heuvelland benedenlopen
variant-eigen karakter
orthofosfaat

$$y=19.52*oPO_4^{-1.53}$$

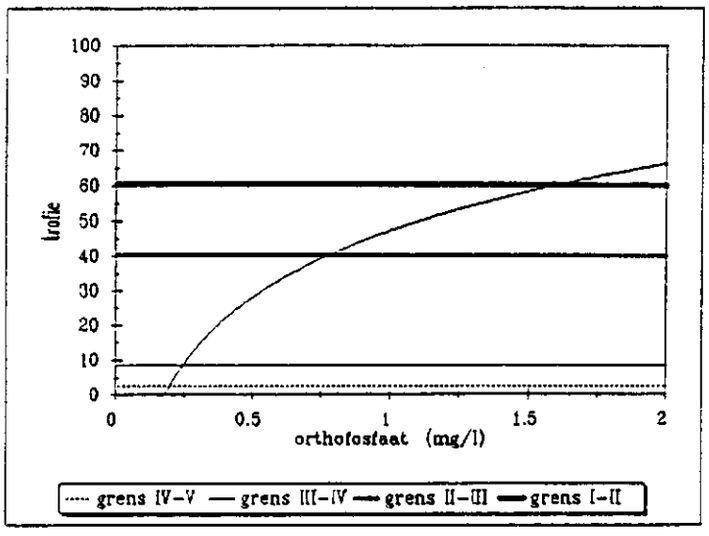
R=0.87



laagland bovenlopen
trofie
orthofosfaat

$y=47.51+27.80*Ln(oPO_4)$

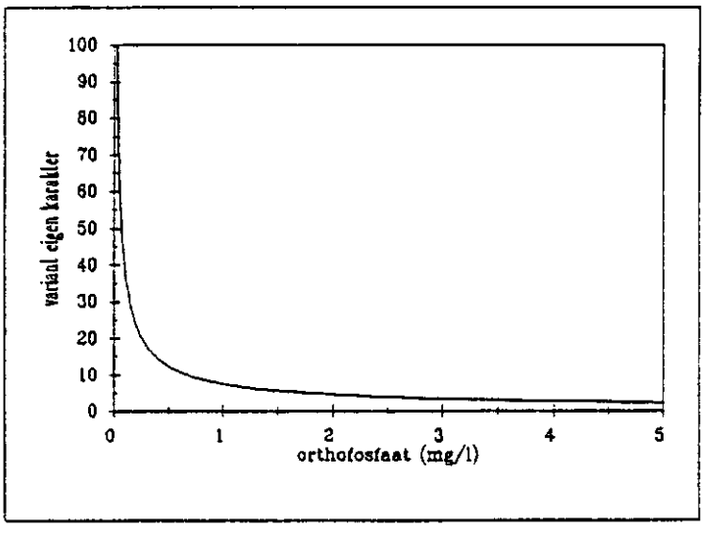
R=0.98



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
orthofosfaat

$y=7.49*oPO_4^{-0.72}$

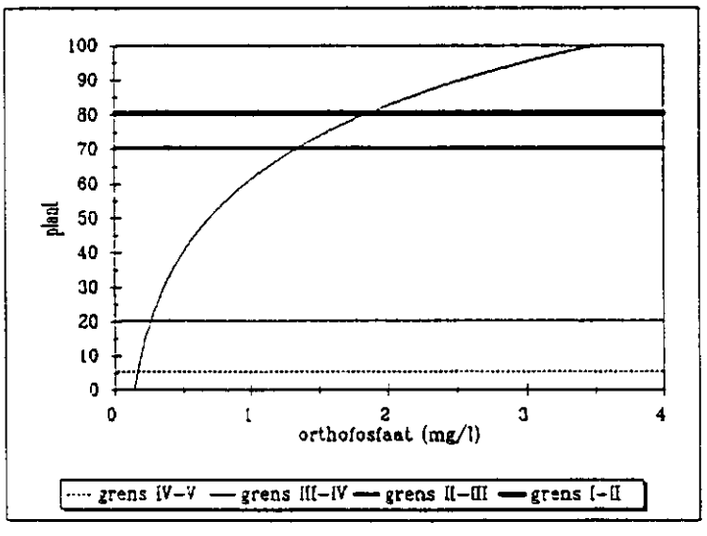
R=0.97



laagland bovenlopen
plant
orthofosfaat

$y=61.51+30.91*Ln(oPO_4)$

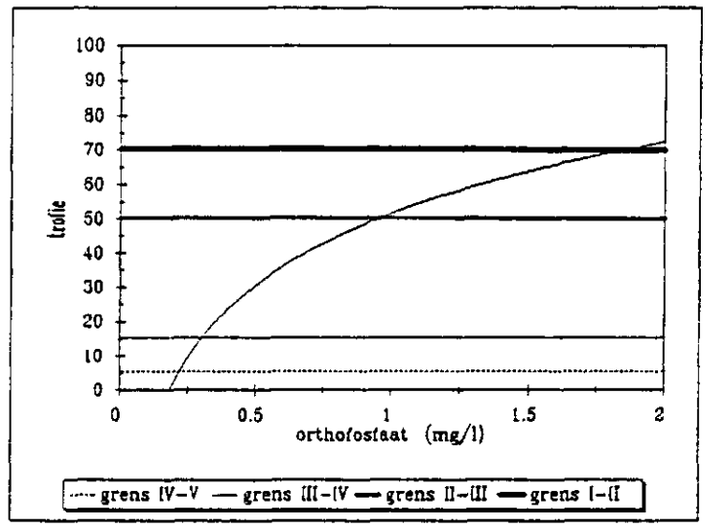
R=0.86



laagland middenlopen
trofie
orthofosfaat

$y=51.88+30.51*Ln(oPO_4)$

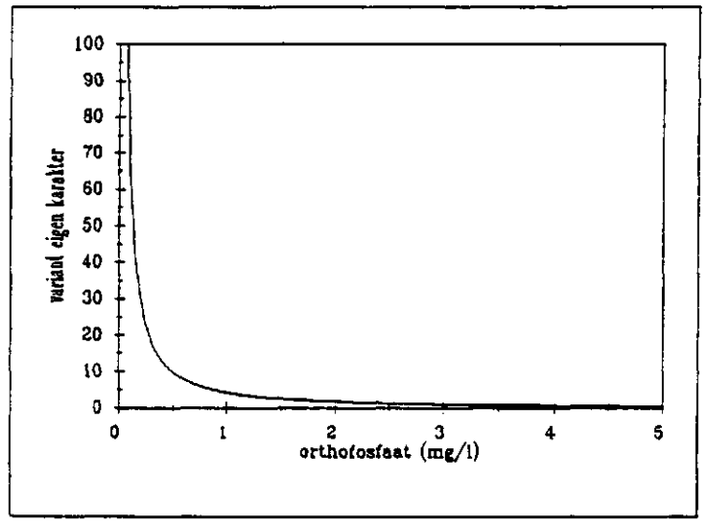
R=0.81



laagland middenlopen
variant-eigen karakter
orthofosfaat

$y=4.14*oPO_4^{-1.23}$

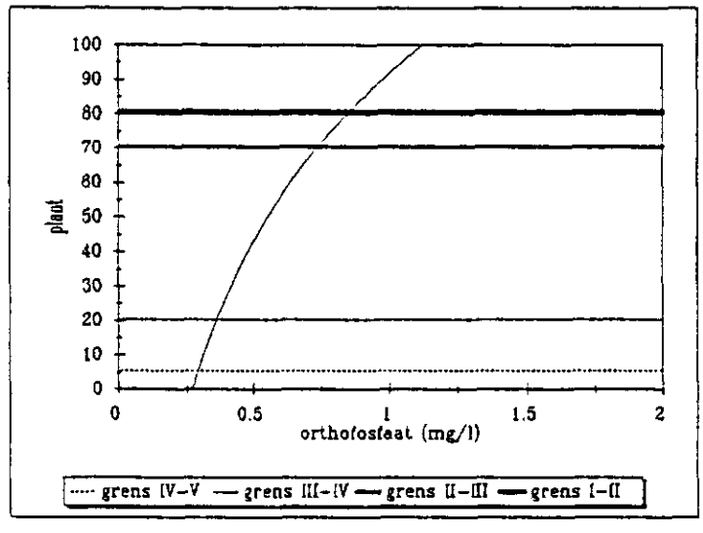
R=0.95



laagland middenlopen
plant
orthofosfaat

$y=91.87+70.64*Ln(oPO_4)$

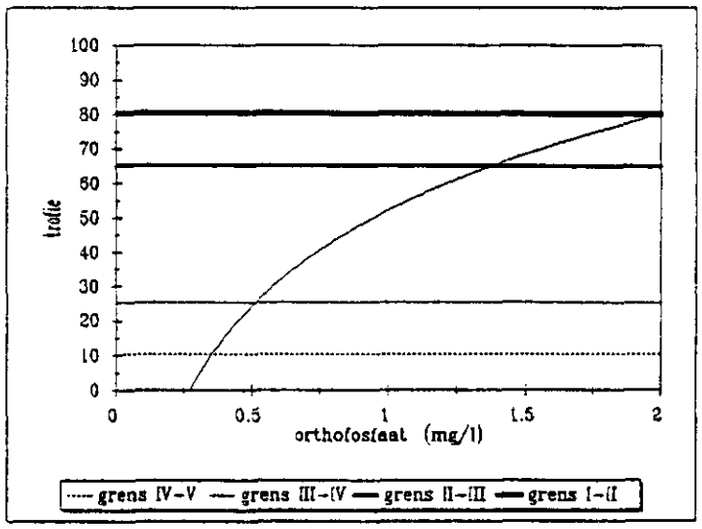
R=0.71



laagland benedenlopen
trofie
orthofosfaat

$$y=52.53+40.44*Ln(oPO_4)$$

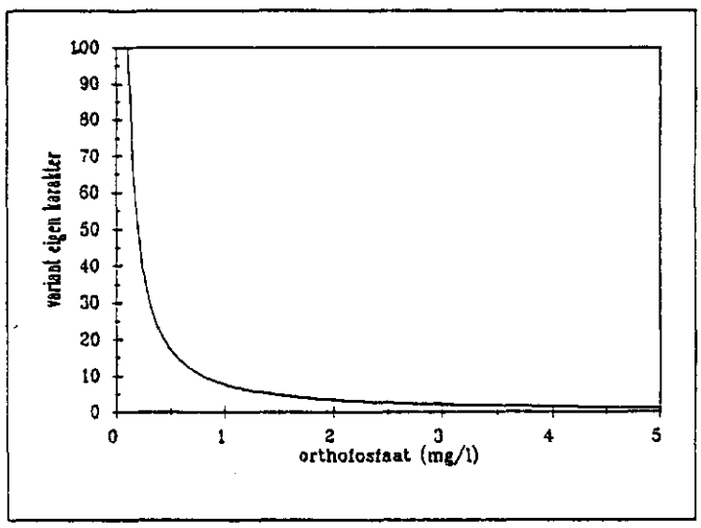
R=0.97



laagland benedenlopen
variant-eigen karakter
orthofosfaat

$$y=7.61*oPO_4^{-1.17}$$

R=0.89

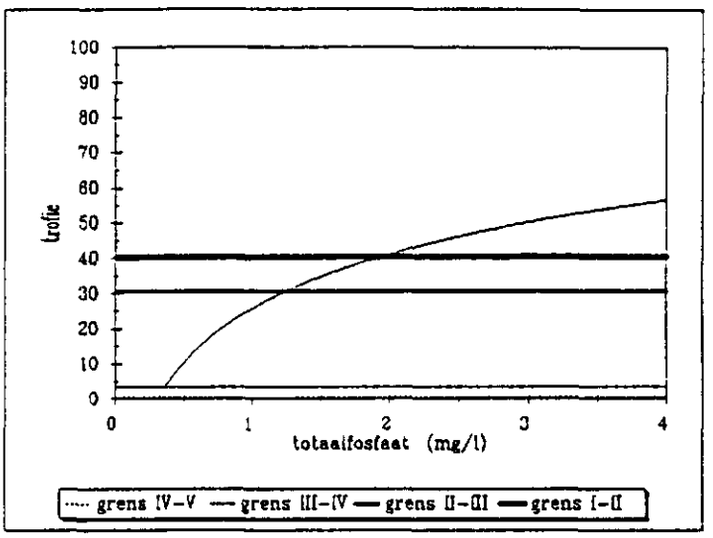


3.6 totaalfosfaat

heuvelland bovenlopen
trofie
totaalfosfaat

$y=25.85+22.22*Ln(tot-P)$

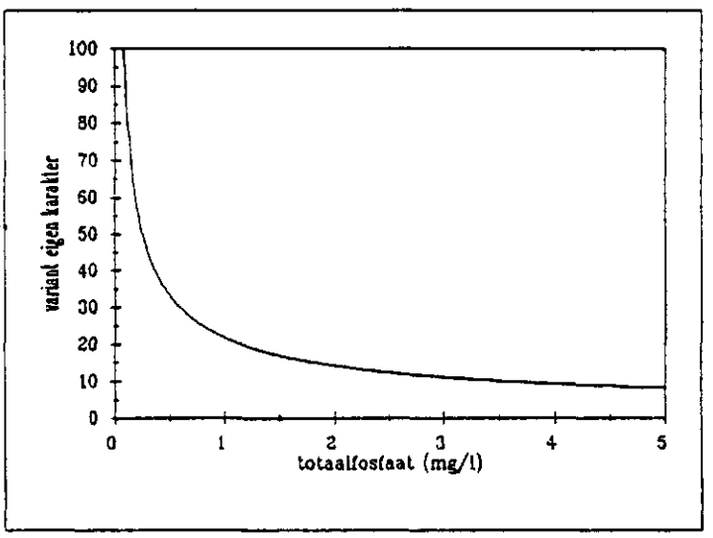
R=0.73



heuvelland bovenlopen
variant-eigen karakter
totaalfosfaat

$y=21.69*tot-P^{-0.61}$

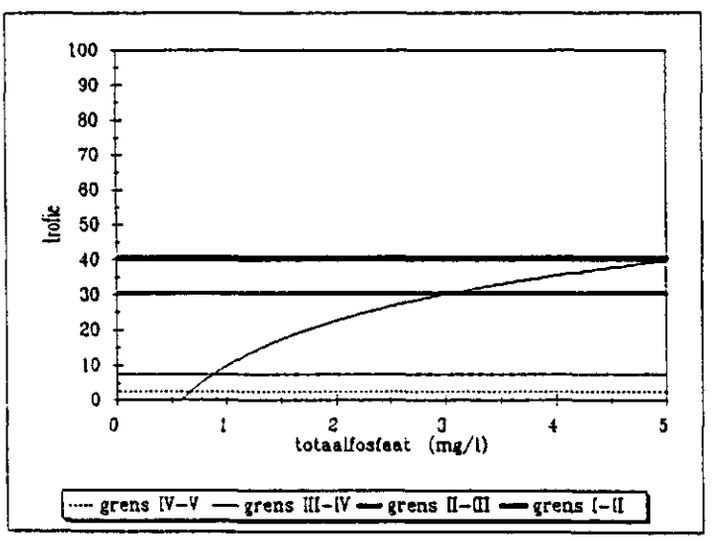
R=0.82



heuvelland middenlopen
trofie
totaalfosfaat

$y=10.01+18.47*Ln(tot-P)$

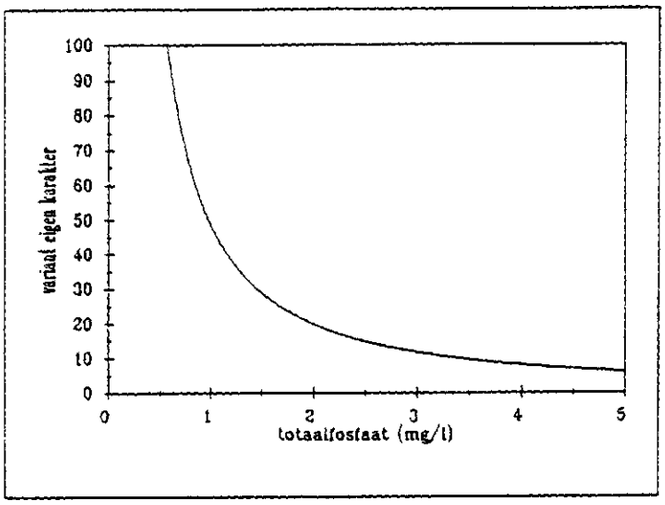
R=0.76



heuvelland middenlopen
variant-eigen karakter
totaalfosfaat

$y=48.31*tot-P^{-1.29}$

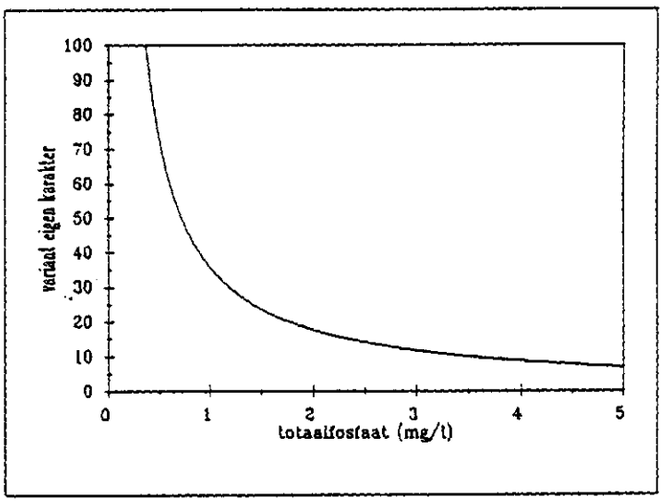
R=0.85



heuvelland benedenlopen
variant-eigen karakter
totaalfosfaat

$y=33.52*tot-P^{-1.02}$

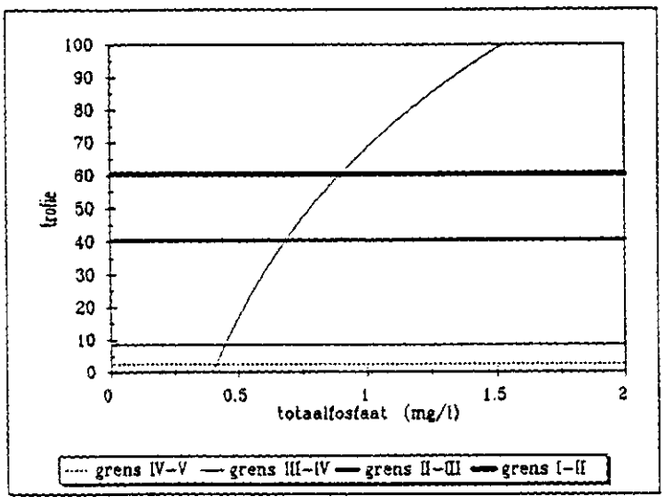
R=0.82



laagland bovenlopen
trofie
totaalfosfaat

$y=68.35+74.73*Ln(tot-P)$

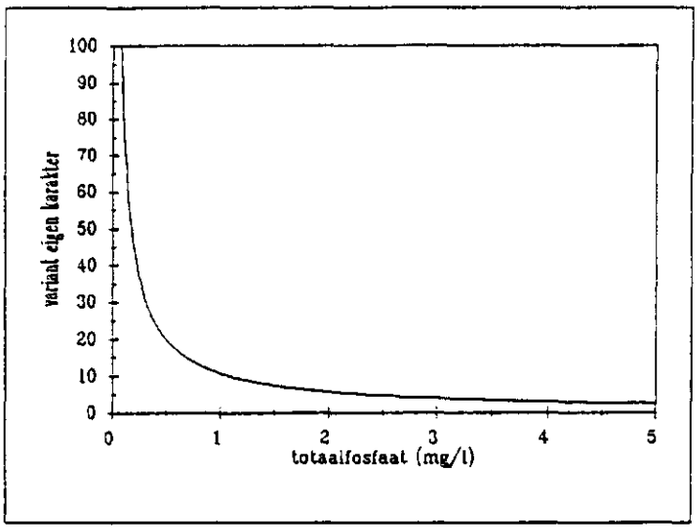
R=0.91



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
totaalfosfaat

$$y=10.67*tot-P^{-0.89}$$

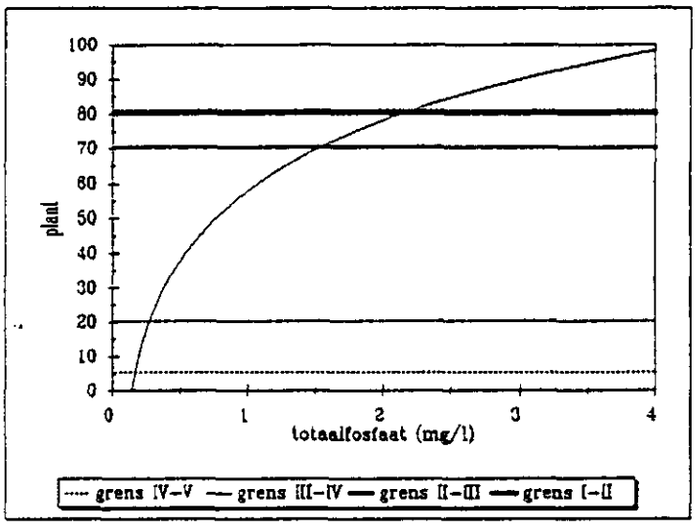
R=0.97



laagland bovenlopen
plant
totaalfosfaat

$$y=58.06+29.21*Ln(tot-P)$$

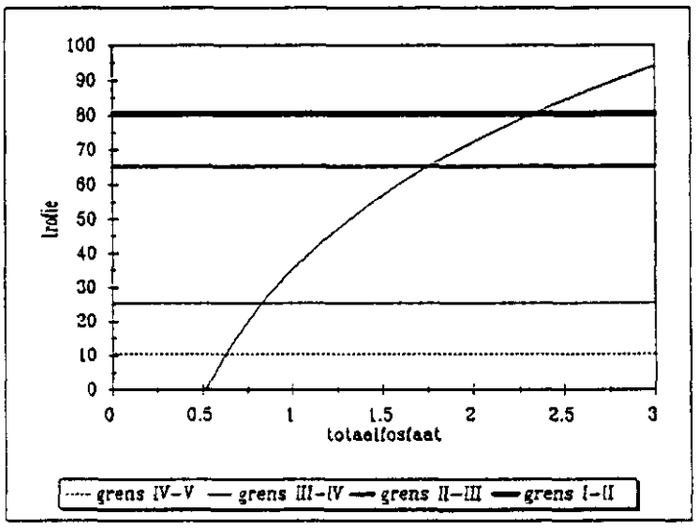
R=0.90



laagland middenlopen
trofie
totaalfosfaat

$$y=35.37+53.60*Ln(tot-P)$$

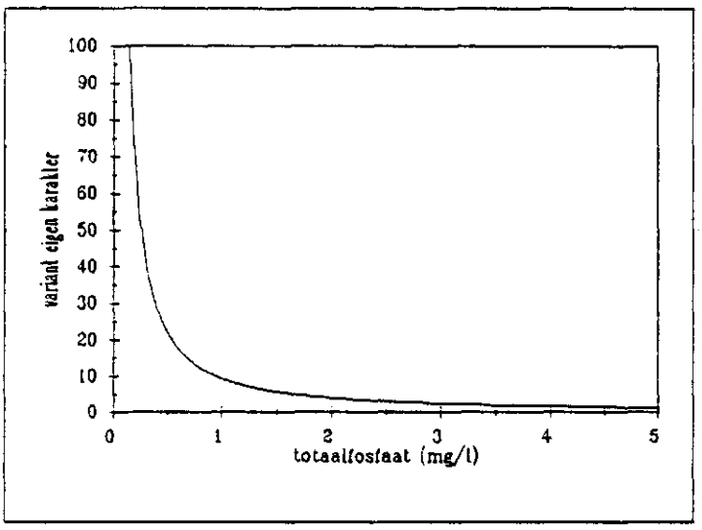
R=0.89



laagland middenlopen
variant-eigen karakter
totaalfosfaat

$$y=9.36*tot-P^{-1.24}$$

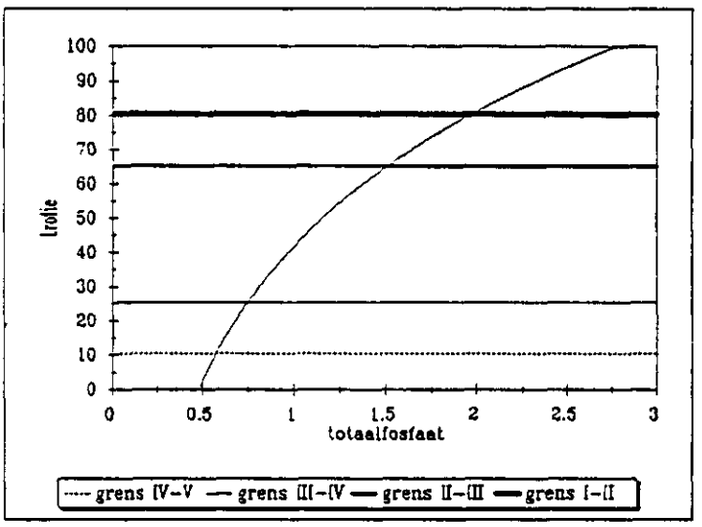
R=0.88



laagland benedenlopen
trofie
totaalfosfaat

$$y=41.96+57.00*Ln(tot-P)$$

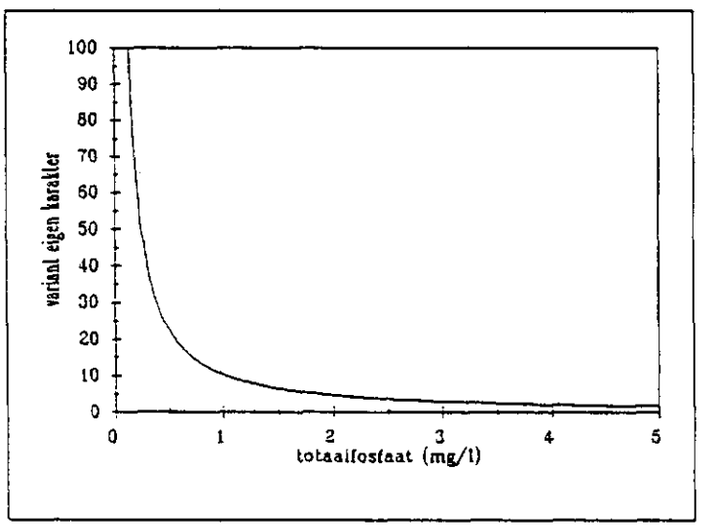
R=0.86



laagland benedenlopen
variant-eigen karakter
totaalfosfaat

$$y=10.28*tot-P^{-1.13}$$

R=0.92

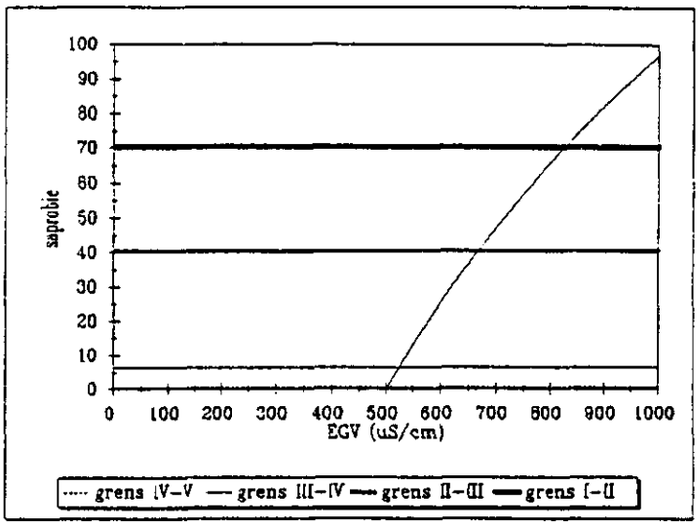


3.7 geleidbaarheid

heuvelland bovenlopen
saprobie
EGV

$y = -874.94 + 140.72 * Ln(EGV)$

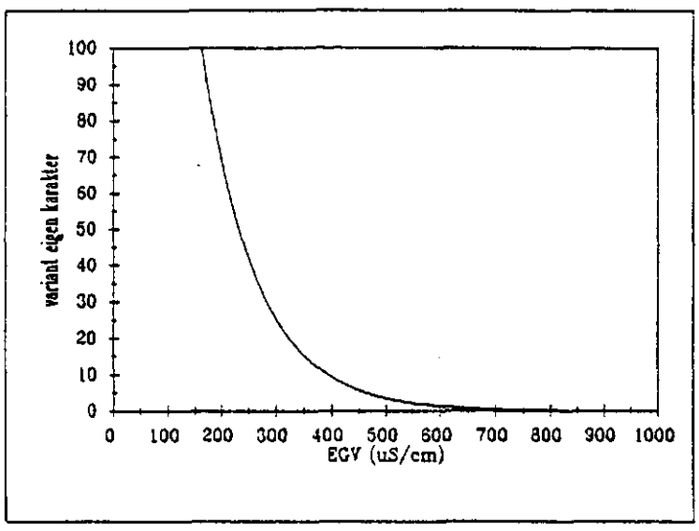
R=0.85



heuvelland bovenlopen
variant-eigen karakter
EGV

$y = 511.60 * e^{-0.01 * EGV}$

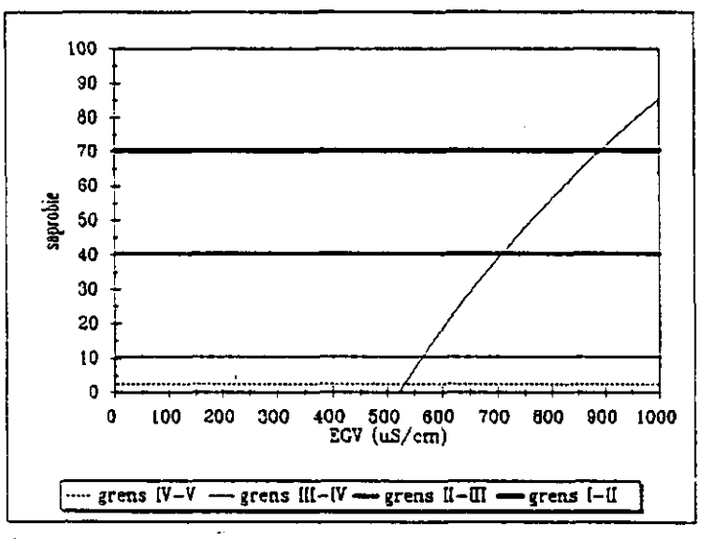
R=0.92



heuvelland middenlopen
saprobie
EGV

$y = -821.29 + 131.28 * Ln(EGV)$

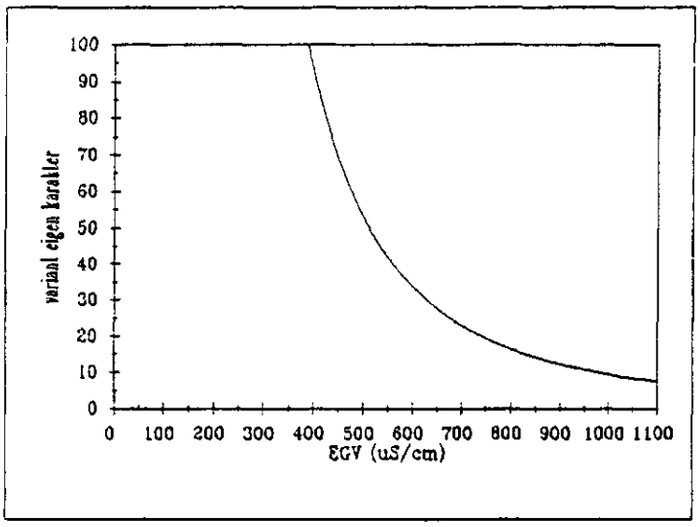
R=0.97



heuvelland middenlopen
variant-eigen karakter
EGV

$y=278605813*EGV^{-2.49}$

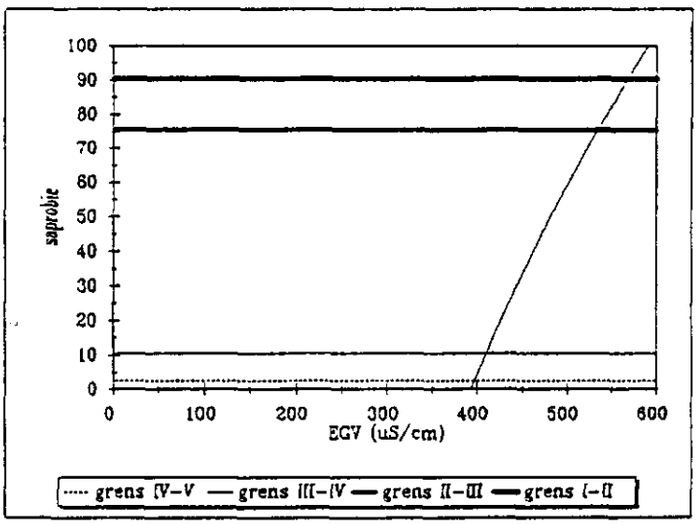
R=0.93



laagland bovenlopen
saprobie
EGV

$y=-1471.32+246.25*Ln(EGV$

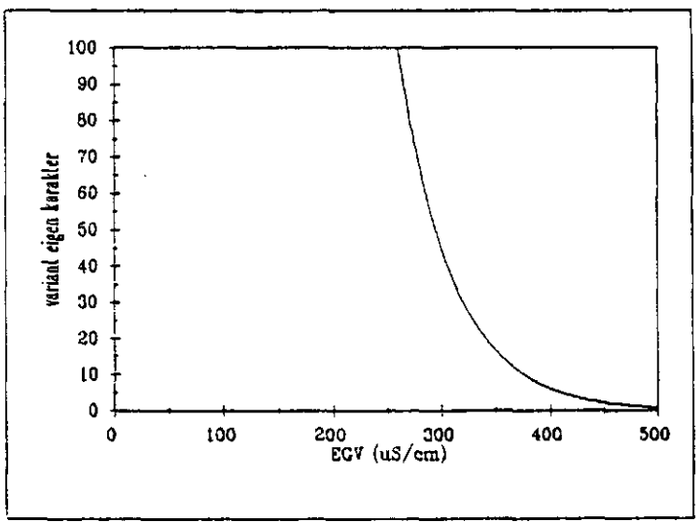
R=0.95



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
EGV

$y=18085.3*EGV^{-0.02}$

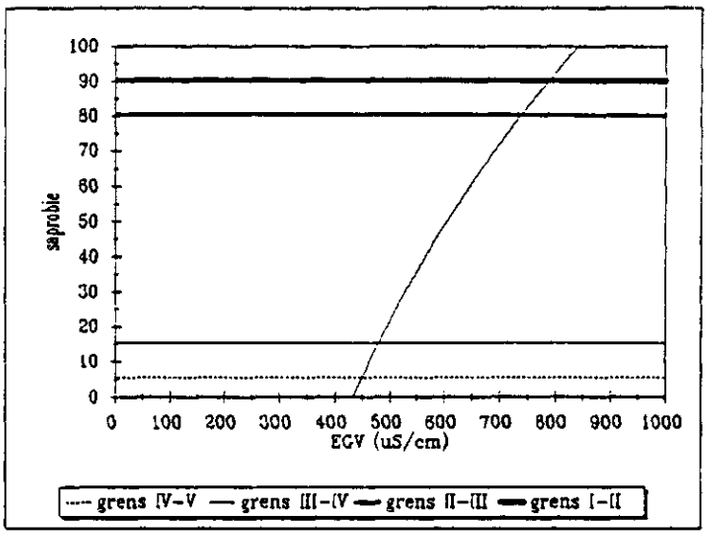
R=0.96



laagland middenlopen
saprobie
EGV

$y = -911.95 + 150.24 * Ln(EGV)$

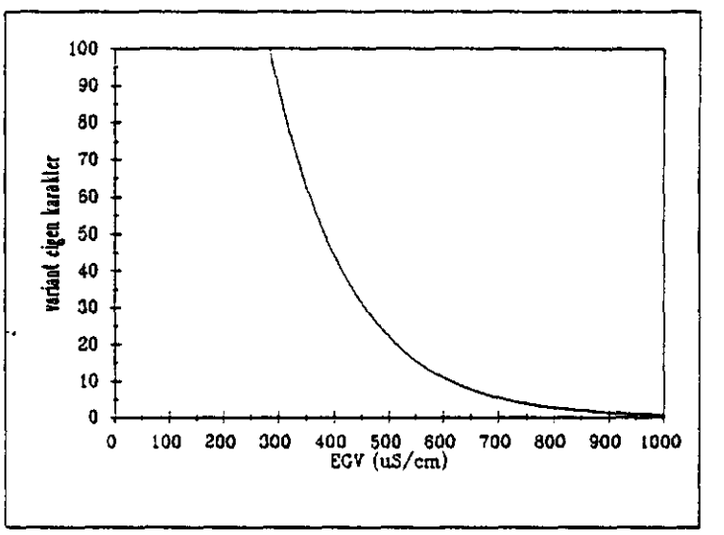
R=0.89



laagland middenlopen
variant-eigen karakter
EGV

$y = 726.65 * e^{-0.007 * EGV}$

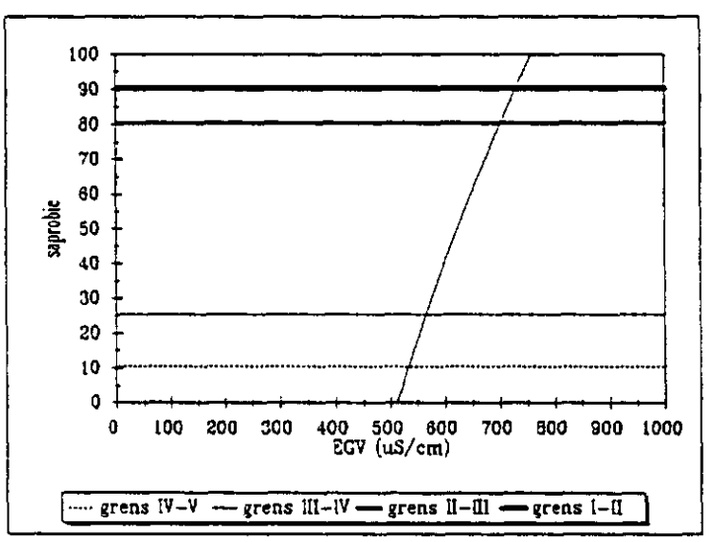
R=0.78



laagland benedenlopen
saprobie
EGV

$y = -1589.45 + 254.77 * Ln(EGV)$

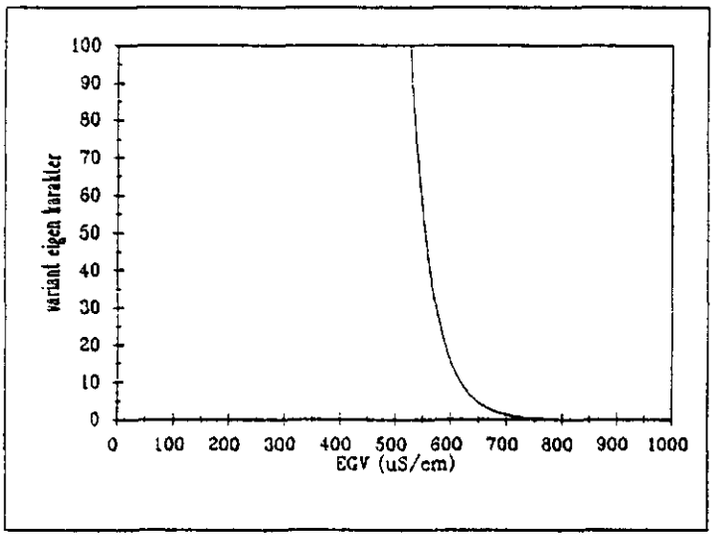
R=0.87



laagland benedenlopen
variant-eigen karakter
EGV

$$y = 50508342 * e^{-0.025 \cdot EGV}$$

R = 0.94

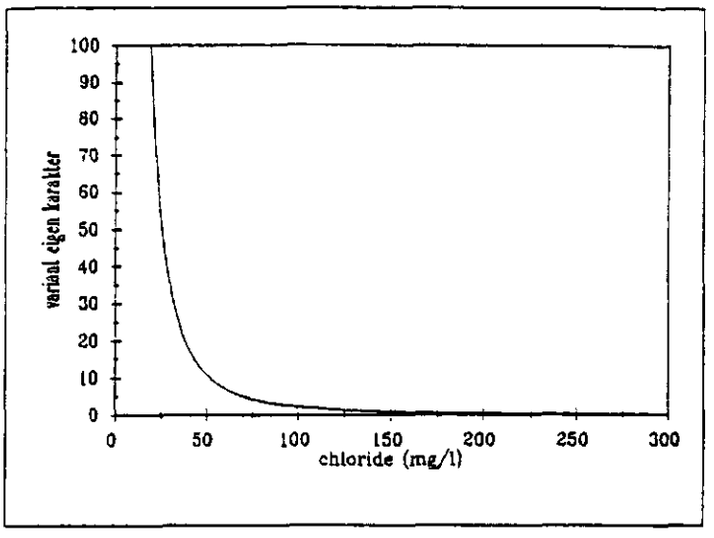


3.8 chloride

heuvelland bovenlopen
variant-eigen karakter
chloride

$y=84379.64*Cl^{-2.29}$

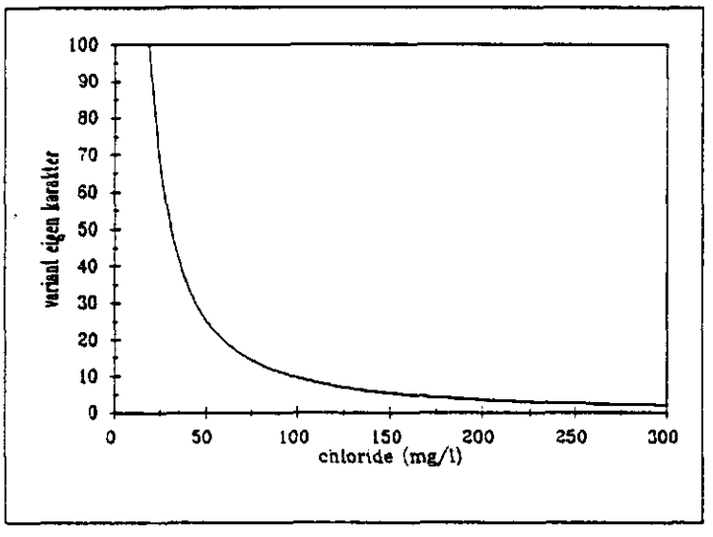
R=0.93



heuvelland middenlopen
variant-eigen karakter
chloride

$y=6322.83*Cl^{-1.41}$

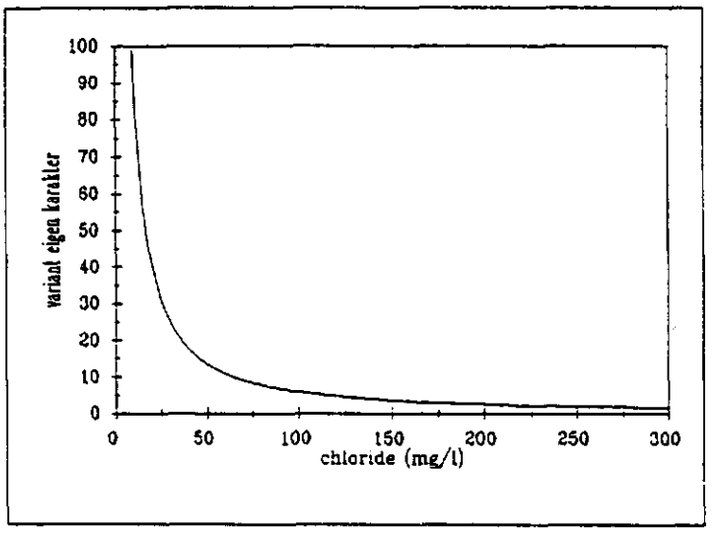
R=0.93



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
chloride

$y=1413.24*Cl^{-1.19}$

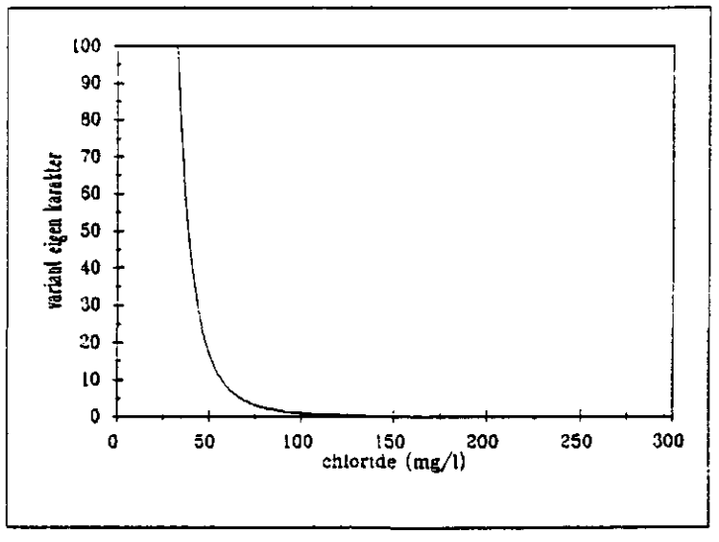
R=0.79



laagland middenlopen
variant-eigen karakter
chloride

$y=234243233*Cl^{-4.20}$

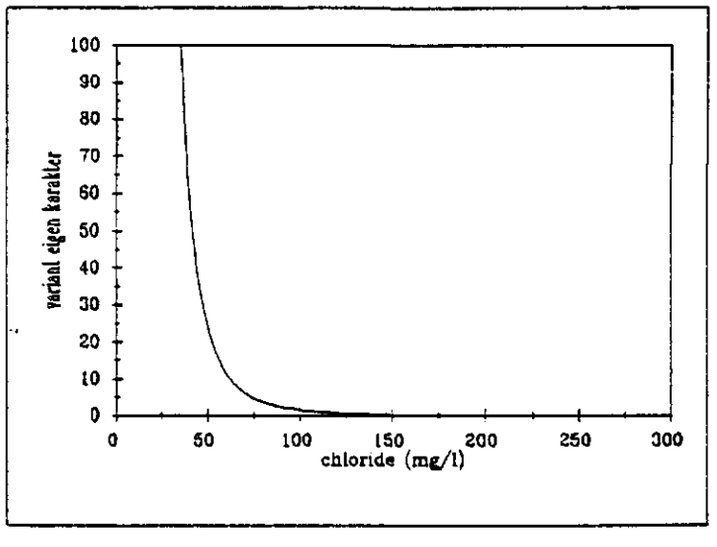
R=0.90



laagland benedenlopen
variant-eigen karakter
chloride

$y=182119138*Cl^{-4.05}$

R=0.94

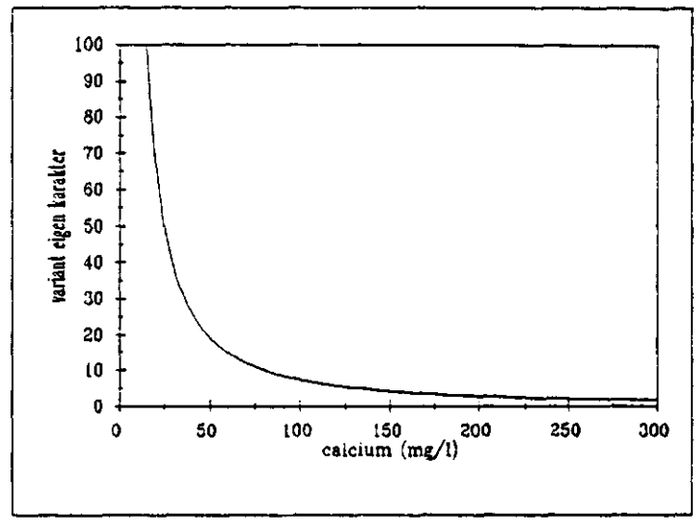


3.9 calcium

laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
calcium

$$y = 4102.45 * Ca^{-1.374}$$

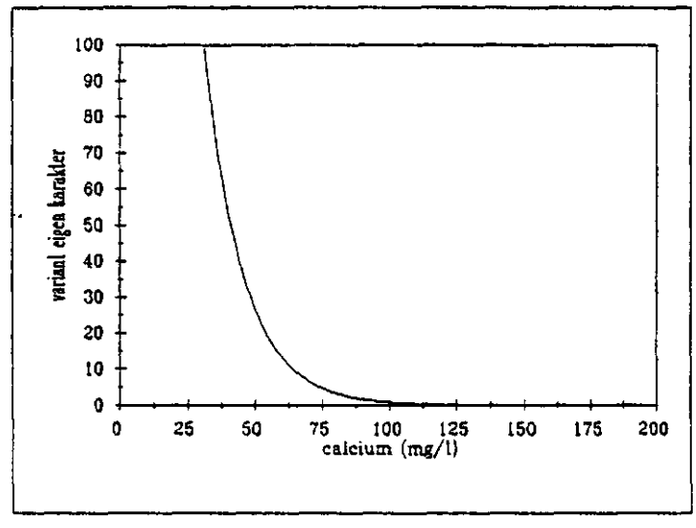
R=0.85



laagland middenlopen
variant-eigen karakter
calcium

$$y = 878.10 * e^{-0.07 * Ca}$$

R=0.74

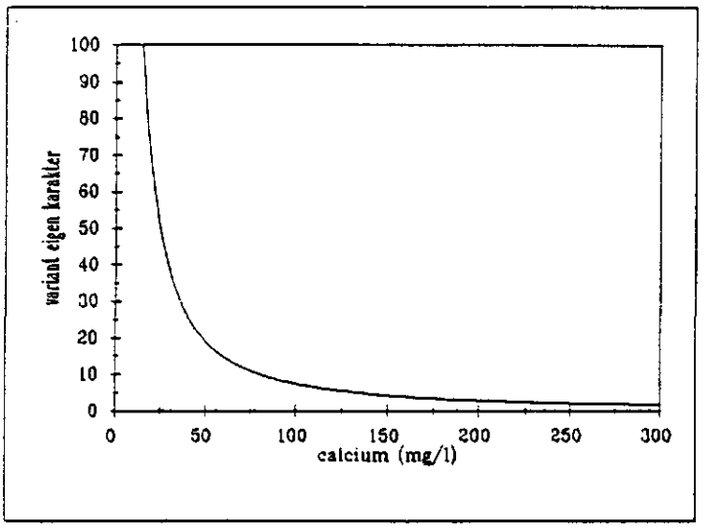


3.10 bicarbonaat

laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
bicarbonaat

$$y=941807.23*HCO_3^{-2.23}$$

R=0.97

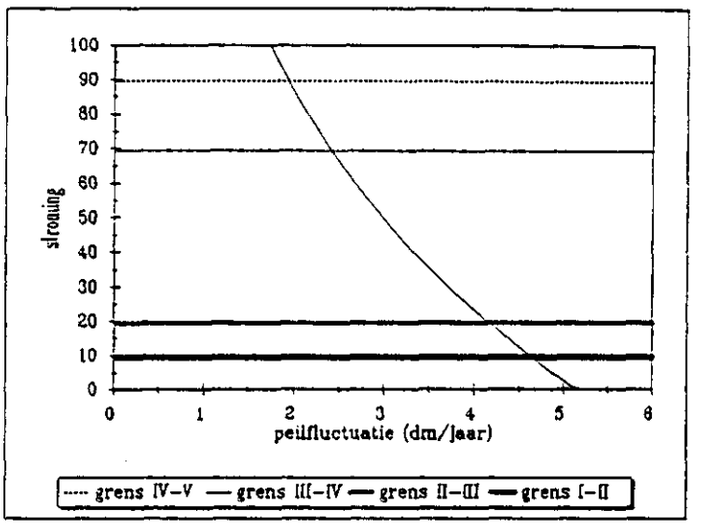


3.11 peilfluctuatie

laagland bovenlopen
stroming
peilfluctuatie

$y=150.08-91.53*Ln(peilfl)$

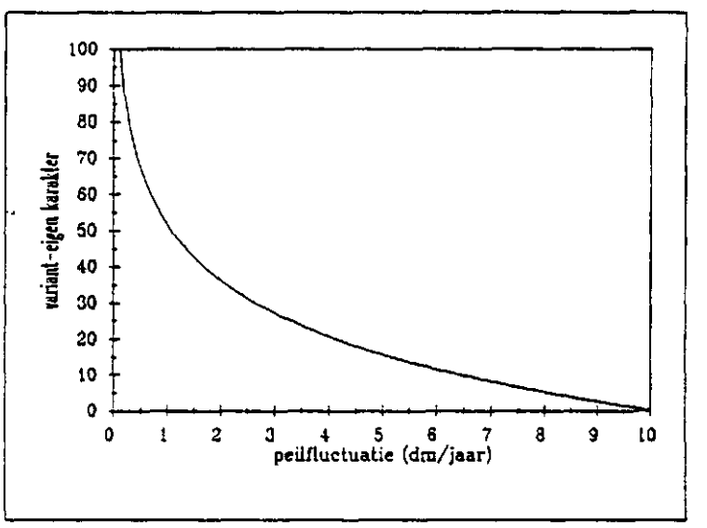
R=0.87



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
peilfluctuatie

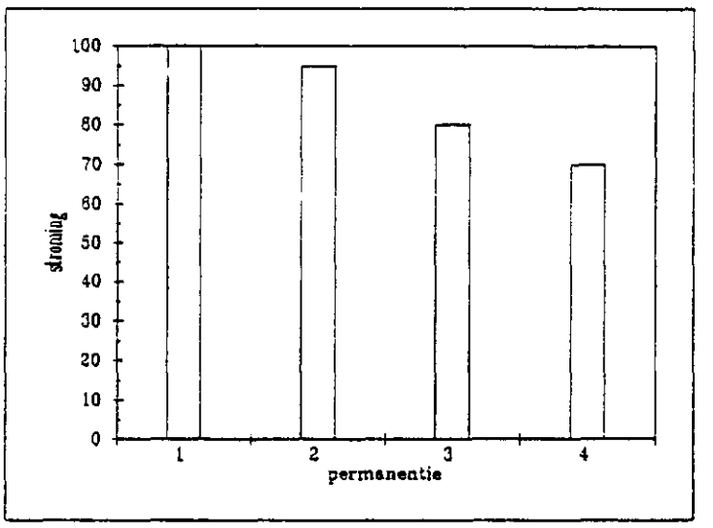
$y=51.66-22.31*Ln(peilfl)$

R=0.91

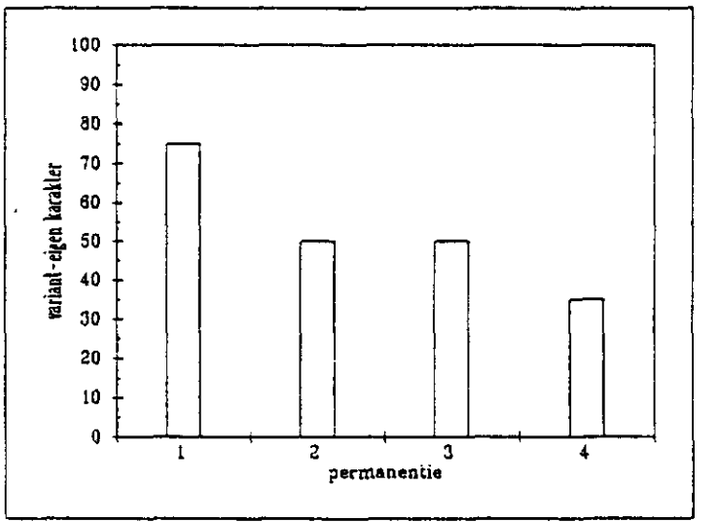


3.12 permanentie

laagland bovenlopen
stroming
permanentie



laagland bovenlopen
variant-eigen karakter
permanentie



4 BRUIKBAARHEID VAN DE RESPONSIES

Hoe kunnen de gegenereerde responsies gebruikt worden voor de inschatting van het risico van inlaten van (gebiedsvreemd) water ? Een manier om de risico's in te kunnen schatten is gebruik te maken van een multicriteria analyse. In eerste instantie dient vastgesteld te worden wat het gehalte in de uitgangssituatie is en wat het berekende gehalte wordt na het al dan niet inlaten van water. Voor beide situaties kan aan de hand van de gegenereerde responsies bepaald worden wat de scores en de kwaliteitsklassen voor de verschillende maatstaven is. Tevens kan het verschil in score van de uitgangssituatie en de eindsituatie uitgerekend worden. Bijvoorbeeld: stel dat in een laagland middenloop de stroomsnelheid in de uitgangssituatie 45 cm/s bedraagt en 25 cm/s na inlaten. Aan de hand van de gefitte curven worden de scores en de verschillen afgelezen. In tabel 3 worden de resultaten voor dit voorbeeld gegeven.

Tabel 3: Afgeleide scores en kwaliteitsklassen en berekende verschillen voor twee maatstaven bij verschillende stroomsnelheden voor laaglandserie middenloop.

maatstaf	stroomsnelheid				verschil	
	45 cm/s (beginsituatie)		25 cm/s (verwachte eindsituatie)			
	score	klasse	score	klasse	score	klasse
stroming	81	5	22	3	59	2
variant-eigen karakter	43	-	6	-	37	-

Uit tabel 3 blijkt dat voor de verwachte eindsituatie de score voor de maatstaf stroming 59 punten lager is en de score voor het variant-eigen karakter 37 punten lager. Voor beide maatstaven betekent een lagere score een verslechtering. Om tot een gedegen afweging te komen, dienen de verschillen nog gewaardeerd te worden. Voorgesteld wordt om de verschillen te sommeren en te delen door het aantal maatstaven waarop de sommatie is gebaseerd en dit gemiddelde getal te vergelijken met de criteria uit tabel 4. Daartoe worden de verschillen van de afzonderlijke maatstaven eerst voorzien van een plus- of een minteken. Een plusteken wordt toegekend aan verschuivingen in de richting van de ideale (als goed gewaardeerde) situatie en een minteken wordt toegekend aan verschuivingen in de tegenovergestelde richting. Voor het voorbeeld betekent dit dat aan de verschuivingen van de maatstaven een minteken wordt toegekend.

Tabel 4: Criteria voor de afweging van geconstateerde verschuivingen.

mate van verandering	gemiddelde verschuiving in punten
weinig	0-25
matig	26-50
sterk	51-75
zeer sterk	76-100

Het voorbeeld uit tabel 3 levert een verschuiving van $[(-59)+(-37)]/2 = -48$ punten op en volgens de criteria uit tabel 4 mag een sterk (negatief) effect verwacht worden.

Voor de heuvellandserie benedenlopen zijn de responsies gebaseerd op een relatief klein aantal waarnemingen. Vanwege dit kleine aantal is het voor een aantal maatstaven niet mogelijk gebleken responsies op te stellen. Voor de overige maatstaven van deze variant dienen de responsies met enige reserve toegepast te worden.

LITERATUUR

Dijk, S. van: 1995
Responsie van macrofyten op waterinlaat in veensloten. Responsie gerelateerd aan verschuivingen in kwaliteitsklassen binnen het STOWA beoordelingssysteem voor sloten.
TAUW, Afd. Integraal Waterbeheer, HTO Milieuchemie, Deventer.

Lyon, M.J.H. de & J.G.M. Roelofs: 1986
Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid, deel 1 & 2. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.

Peeters, E.T.H.M. & J.J.P. Gardeniers: 1995a
Effecten van gebiedsvreemd water op aquatische ecosystemen. Responsie van biotische maatstaven, deelproject Sloten. Vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Oecologie, Landbouwuniversiteit, Wageningen.

Peeters, E.T.H.M. & J.J.P. Gardeniers: 1995b
Effecten van gebiedsvreemd water op aquatische ecosystemen. Responsie van biotische maatstaven, deelproject Meren en Plassen. Vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Oecologie, Landbouwuniversiteit, Wageningen.

Roelofs, J.G.M.: 1991
Vegetation under chemical stress: effects of acidification, eutrophication and alkalinisation. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen.

STOWA: 1992a
Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna. Uitgave Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, No 92-07, Utrecht.

STOWA: 1992b
Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor stromende wateren. Uitgave Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, No 92-08, Utrecht.

STOWA: 1993a
Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor sloten op basis van macrofyten, macrofauna en epifytische diatomeeën. Uitgave Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, No 93-14, Utrecht.

STOWA: 1993b
Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor meren en plassen op basis van vegetatie en fytoplankton. Uitgave Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, No 93-16, Utrecht.

STOWA: 1994a
Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor kanalen op basis van macrofyten, macrofauna, epifytische diatomeeën en fytoplankton.
Uitgave Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, No 94-01

STOWA: 1994b
Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor zand-, grind- en kleigaten op basis van fyto- en zoöplankton, macrofyten en epifytische diatomeeën.
Uitgave Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, No 94-18

TAUW: 1995
Effecten van gebiedsvreemd water op aquatische (en terrestrische) ecosystemen. 2e concept projectplan. TAUW Civiel en Bouw, Deventer.

Verdonschot, P.F.M.: 1990
Ecological charactization of surface waters in the province of Overijssel (the Netherlands). Province of Overijssel and Research Institute for Nature Management. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen.

Bijlage I: Functies met bijbehorende parameters en R-waarde voor de responsies van de biotische maatstaven.

H = heuvellandserie
L = laaglandserie

Gehanteerde functies:
exp $y = A_0 * e^{(A_1 * x)}$
ln $y = A_0 + A_1 \ln(x)$
macht $y = A_0 * x^{(A_1)}$

maatstaf	variabele	subtype	funktie	A0	A1	R
stroming						
	stroomsnelheid	H boven	ln	-140.30	55.84	0.85
		H midden	ln	-118.28	45.16	0.87
		H beneden	ln	-478.13	124.04	0.89
		L boven	ln	-338.17	120.60	0.89
		L midden	ln	-165.66	64.82	0.89
		L beneden	ln	-81.96	38.47	0.89
	peilfluctuatie	L boven	ln	150.08	-91.53	0.87
trofie						
	orthofosfaat	H boven	ln	41.52	7.78	0.92
		H midden	ln	21.16	17.96	0.65
		H beneden	ln	23.92	36.95	0.66
		L boven	ln	47.51	27.80	0.98
		L midden	ln	51.88	30.51	0.81
		L beneden	ln	52.53	40.44	0.97
	totaalfosfaat	H boven	ln	25.85	22.22	0.73
		H midden	ln	10.01	18.47	0.76
		L boven	ln	68.35	74.73	0.91
		L midden	ln	35.37	53.60	0.89
		L beneden	ln	41.96	57.00	0.86

maatstaf	variabele	subtype	funktie	A0	A1	R
saprobie						
	BZV	H boven	ln	-14.37	54.66	0.81
		H midden	ln	-61.44	63.91	0.94
		H beneden	ln	-68.45	78.09	0.92
		L boven	ln	-18.53	62.01	0.99
		L midden	ln	-71.83	97.72	0.96
		L beneden	ln	-60.33	85.89	0.90
	EGV	H boven	ln	-874.94	140.72	0.85
		H midden	ln	-821.29	131.28	0.97
		L boven	ln	-1471.32	246.25	0.95
		L midden	ln	-911.95	150.24	0.89
		L beneden	ln	-1589.45	254.77	0.87
	ammonium	H boven	ln	43.89	22.81	0.95
		H midden	ln	16.17	37.43	0.97
		H beneden	ln	8.15	51.14	0.74
		L boven	ln	52.88	35.40	0.97
		L midden	ln	38.08	48.49	0.93
		L beneden	ln	26.65	35.70	0.92
	Kjeldahl-N	H boven	ln	4.70	20.29	0.98
		H midden	ln	-26.82	53.58	0.96
		L boven	ln	-23.69	64.76	0.96
		L midden	ln	-60.73	85.35	0.96
		L beneden	ln	-48.42	72.82	0.89

maatstaf	variabele	subtype	funktie	A0	A1	R
variant-eigen karakter						
	chloride	H boven	macht	84379.64	-2.29	0.93
		H midden	macht	6322.83	-1.41	0.93
		L boven	macht	1413.24	-1.19	0.79
		L midden	macht	234243233	-4.20	0.90
		L beneden	macht	182119138	-4.05	0.94
	EGV	H boven	exp	511.60	-0.01	0.92
		H midden	macht	278605813	-2.49	0.93
		L boven	macht	18085.3	-0.02	0.96
		L midden	exp	726.65	-0.007	0.78
		L beneden	exp	50508342	-0.025	0.94
	ammoniumstikstof	H boven	macht	21.04	-0.79	0.94
		H midden	macht	36.97	-0.75	0.87
		H beneden	macht	47.33	-2.05	0.94
		L boven	macht	12.74	-0.92	0.97
		L midden	macht	17.56	-1.14	0.88
		L beneden	macht	40.39	-1.75	0.91
	Kjeldahlstikstof	H boven	macht	74.60	-1.29	0.87
		H midden	macht	92.28	-1.11	0.88
		H beneden	macht	142.13	-1.73	0.85
		L boven	macht	72.44	-1.48	0.92
		L midden	macht	272.56	-2.67	0.94
		L beneden	macht	328.64	-2.44	0.94
	orthofosfaat	H boven	macht	21.74	-0.51	0.84
		H midden	macht	39.10	-0.77	0.98
		H beneden	macht	19.52	-1.53	0.87
		L boven	macht	7.49	-0.72	0.97
		L midden	macht	4.14	-1.23	0.95
		L beneden	macht	7.61	-1.17	0.89

maatstaf	variabele	subtype	funktie	A0	A1	R
variant-eigen karakter						
	totaalfosfaat	H boven	macht	21.69	-0.61	0.82
		H midden	macht	48.31	-1.29	0.85
		H beneden	macht	33.52	-1.02	0.82
		L boven	macht	10.67	-0.89	0.97
		L midden	macht	9.36	-1.24	0.88
		L beneden	macht	10.28	-1.13	0.92
	stroomsnelheid	H boven	exp	0.792	0.085	0.87
		H beneden	exp	0.115	0.067	0.97
		L boven	exp	0.320	0.160	0.92
		L midden	exp	1.33	0.081	0.98
		L beneden	exp	3.15	0.069	0.85
	calcium	L boven	macht	4102.45	-1.374	0.85
		L midden	exp	878.10	-0.07	0.74
	bicarbonaat	L boven	macht	941807.23	-2.23	0.97
	peilfluctuatie	L boven	ln	51.66	-22.31	0.91

maatstaf	variabele	subtype	funktie	A0	A1	R
knipper						
	ammoniumstikstof	H boven	macht	13.54	-1.01	0.87
		H midden	macht	44.99	-1.27	0.89
		H beneden	macht	147.08	-3.22	0.94
		L boven	macht	12.21	-0.97	0.96
		L midden	macht	67.55	-1.05	0.86
	Kjeldahlstikstof	H boven	macht	67.04	-1.99	0.88
		H midden	macht	180.00	-1.74	0.88
		H beneden	macht	1143.55	-3.76	0.82
		L boven	macht	96.21	-1.81	0.93
		L midden	macht	541.41	-1.98	0.80
vergaarder						
	BZV	H boven	ln	11.07	35.47	0.82
		H midden	ln	-23.38	55.56	0.86
		H beneden	ln	-1.21	39.94	0.75
		L boven	ln	-2.21	58.14	0.93
		L midden	ln	-49.15	86.74	0.75
	ammoniumstikstof	H boven	ln	71.88	27.32	0.81
		H midden	ln	-15.11	78.54	0.89
		H beneden	ln	23.51	61.77	0.79
		L boven	ln	59.28	41.14	0.91
	Kjeldahlstikstof	H boven	ln	23.18	65.42	0.95
		L boven	ln	11.87	50.06	0.83

maatstaf	variabele	subtype	funktie	A0	A1	R
zand						
	stroomsnelheid	H boven	exp	1266.00	-0.101	0.83
		H midden	exp	1502.23	-0.075	0.85
plant						
	orthofosfaat	L boven	ln	61.51	30.91	0.86
		L midden	ln	91.87	70.64	0.71
	totaalfosfaat	L boven	ln	58.06	29.21	0.90
slib						
	BZV	H boven	ln	-13.55	54.68	0.78
		H midden	ln	-97.93	94.10	0.94
		H beneden	ln	-29.56	62.53	0.79
		L boven	ln	-13.43	66.57	0.92
		L midden	ln	-17.22	70.76	0.90
		L beneden	ln	-16.36	63.18	0.78
	ammoniumstikstof	H boven	ln	53.02	24.77	0.87
		H midden	ln	1.77	50.89	0.95
		H beneden	ln	38.35	45.10	0.77
		L boven	ln	64.82	27.41	0.95
		L midden	ln	47.38	45.53	0.88
		L beneden	ln	40.44	28.75	0.88
	Kjeldahlstikstof	H boven	ln	4.29	43.66	0.85
		H midden	ln	-58.60	73.52	0.93
		H beneden	ln	-76.14	88.26	0.93
		L boven	ln	-6.17	58.15	0.90
		L midden	ln	-21.22	59.02	0.86
		L beneden	ln	-6.33	45.78	0.79

Maximaal gemiddelde score voor permanentie voor laaglandserie bovenlopen

	variant-eigen karakter	stroming
permanent	75	100
< 1 mnd/jaar droog	50	95
1-3 mnd/jaar droog	50	80
> 3 mnd/jaar droog	35	70