

**ZUURGRAADREGULERING VAN DE BODEM
BIJ WEIDVOGELRESERVATEN
OP VEENGROND**

**Een inventarisatie uitgevoerd in het kader van het
“Investeringsplan Weidevogelreservaten Fryslân
en Groningen 2007”**

Opdrachtgever:

Altenburg & Wymenga



Rapportnummer 20080502

Auteur: Ing. B. Jonge Poerink

Zuurdijk, september 2008

1. INLEIDING

In opdracht van Altenburg en Wymenga te Veenwouden heeft Jonge Poerink Milieuadvies een inventarisatie uitgevoerd gericht op de mogelijkheden voor zuurgraadregulering van de bodem bij weidevogelreservaten op veengrond. Deze inventarisatie is uitgevoerd als onderdeel van het Investeringsplan weidevogelreservaten Fryslân en Groningen 2007.

Aanleiding is de ernstige mate van verzuring van de bodem bij weidevogelreservaten in de veenweidegebieden. Een optimale zuurgraad is doorslaggevend voor het voorkomen van regenwormen als stapelvoedsel van steltloperweidevogels. Normaal gesproken kan verzuring eenvoudig worden tegengegaan door de bodem te bekalken. Bij veengrond kan ten gevolge van bekalking echter een versnelde afbraak (oxidatie, mineralisatie) van veen plaatsvinden, waardoor inklinking van veen kan optreden. Door inklinking kan bodemdaling en stagnatie van regenwater gaan plaatsvinden. Deze bodemdaling en regenwaterstagnatie kunnen vervolgens het bodemleven negatief beïnvloeden. Daarnaast kunnen ten gevolge van een versnelde oxidatie van veen nutriënten vrij komen en uitspoelen.

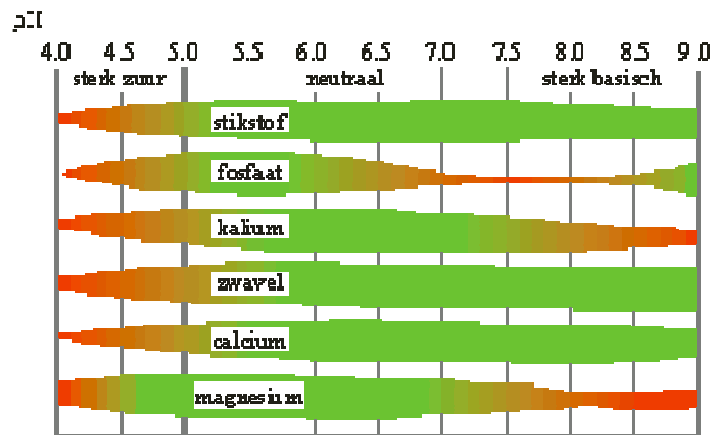
De doelstelling van deze inventarisatie is het vinden van alternatieve middelen en methoden om de zuurgraad van veengrond te reguleren. Deze methoden moeten een verminderde oxidatie van veen veroorzaken in vergelijking met de standaard toepassing van kalkmeststoffen.

De inventarisatie is uitgevoerd als een 'Quick Scan', waarbij in verband met de omvang van de materie en de beperkt beschikbare tijd doelgericht en efficiënt is gewerkt. De benodigde informatie is verzameld aan de hand van literatuurgegevens en raadpleging van experts, producenten en ervaringsdeskundigen. Alle in deze rapportage genoemde kosten zijn globaal en indicatief bedoeld; er kunnen geen rechten aan worden ontleend. In verband met het verkennend karakter van deze inventarisatie is nader onderzoek bij de uitwerking van specifieke gevallen aan te bevelen.

In Hoofdstuk 2 van dit rapport wordt kort ingegaan op de achtergronden van zuurgraadregulering bij veengronden. Vervolgens is in hoofdstuk 3 een overzicht van de mogelijke herstelmaatregelen van de zuurgraad van de bodem bij weidevogelreservaten in veenweidegebieden. De conclusies worden besproken in hoofdstuk 4.

2. ACHTERGRONDEN ZUURGRAADREGULERING VEENGROND

De pH van de bodem in weidevogelreservaten die in veenweidegebieden liggen is veelal te laag. Zodra de pH beneden een waarde van 4.5 daalt wordt de situatie voor onder andere regenwormen ongunstig, waardoor weidevogelaantallen beginnen af te nemen (Brandsma, 1999). Ook vanuit de veehouderij gezien is voor veengraslanden een minimale pH gewenst van 4.5 (Handboek Melkveehouderij, 1997). Zoals uit figuur 1 blijkt neemt de beschikbaarheid van stikstof, fosfaat, kalium, calcium en magnesium sterk af bij een pH lager dan 4.5.



Figuur 1. De invloed van de pH-waarde op de beschikbaarheid van stikstof, fosfaat, kalium, zwavel, calcium en magnesium. Hoe breder de balk, hoe hoger de beschikbaarheid (bron: Ankerpoort NV)

Als norm voor een goede veenbodem met een gezond bodemleven wordt gewoonlijk een pH waarde van 4,6 tot 5,2 gesteld. Een hogere pH is niet wenselijk omdat hierdoor de pH optimaal wordt voor bodemmicro-organismen en er hierdoor een versnelde oxidatie van veen kan optreden. Oxidatie van veenbodems is niet wenselijk omdat dit gepaard gaat met inklinking van veen, bodemdaling en nutriëntenverrijking. In weidevogelreservaten zou moeten worden gestreefd naar een pH van 4,6. Bij deze pH is de bodem niet te zuur voor regenwormen en blijft de mineralisatie van veen ten gevolge van een verhoogde pH beperkt.

Om de pH te verhogen kunnen kalkmeststoffen worden opgebracht. Volgens de definitie die de Dienst Regelingen hanteert zijn kalkmeststoffen organische of anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om de zuurgraad in de bodem in stand te houden of te verlagen. Hieronder vallen verschillende kalkmeststoffen die voornamelijk bestaan uit calciumcarbonaten en magnesiumcarbonaten.

Naast de 'klassieke' kalkmeststoffen zijn er de volgende producten beschikbaar om de pH van de bodem te verhogen:

Thomasslakkenmeel. Thomasslakkenmeel is een bijproduct van de staalindustrie. Deze meststof heeft een neutraliserende waarde* van 40 en bevat 11-16% fosfaat (Beijer, 1996). Thomasslakkenmeel is alleen een alternatief voor kalk als er tevens extra fosfaat gewenst is, en deze hoeveelheid overeenkomt met de hoeveelheid kalkwerking die nodig is.

* De neutraliserende werking van kalkmeststoffen wordt aangeduid met de term neutraliserende waarde (nw). 1 nw komt overeen met het neutraliserend vermogen van 1 kg CaO.

Een nadeel van thomasslakkenmeel is dat de samenstelling en kwaliteit sterk kan wisselen. Daarnaast is de meststof slecht verkrijgbaar, of gemengd met kalizout. Dit kalizout bevat veel chloride en is dus alleen geschikt voor gebruik op gazons, sportvelden en weiden. De hoge fosfaatgehalten, de wisselende kwaliteit en de slechte beschikbaarheid maken thomasslakkenmeel een minder geschikt product voor gebruik in weidevogelreservaten.

Natuurfosfaat. Natuurfosfaat is ruwe fosfaaterts die uit de aardkost wordt gewonnen. Het heeft een neutraliserende waarde van ongeveer 20 en een fosfaatgehalte van 26-29 % fosfaat (Beijer, 1996). Deze meststof is alleen een alternatief voor kalk als er tevens extra fosfaat gewenst is, en deze hoeveelheid overeenkomt met de hoeveelheid kalkwerking die nodig is. De hoge fosfaatgehalten maken natuurfosfaat een ongeschikt product voor gebruik in weidevogelreservaten.

Olivijn. Het mineraal Olivijn (Mg_2SiO_4) is een silikaat dat makkelijk verweerd. Bij deze verwerking worden kleimineralen en ionen zoals K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} en HCO_3^- gevormd. Door deze ionen stijgt de pH van de bodem. In Noorwegen, Japan en Nieuw-Zeeland wordt dit produkt al toegepast om de pH van landbouwgrond te verhogen. In Noorwegen wordt door de landbouw een mengsel van Olivijn en een kalkmeststof gebruikt (pers. mededeling Ø. Wærnes, North Cape Minerals). De laatste tijd is er in verband met het broeikas effect belangstelling voor Olivijn als product om CO_2 uit de lucht te binden. Door Olivijn uit te strooien over het maaiveld zal verwerking van Olivijn optreden, waardoor CO_2 zal worden gebonden. Daarnaast is Olivijn mogelijk een geschikt alternatief om de pH in weidevogelreservaten te verhogen. In Hoofdstuk 3 wordt nader op de toepassing van Olivijn ingegaan.

3. ZUURGRAADREGULERING BODEM WEIDEVOGELRESERVATEN IN VEENWEIDEGEBIED

Om de mineralisatie van veengrond te beperken is het noodzakelijk om pH verbeterende maatregelen op een dusdanige wijze toe te passen dat er zo min mogelijk extra oxidatie zal plaatsvinden. Gedacht kan worden aan de volgende maatregelen:

1. Opbrengen van een optimale dosis kalk
2. Opbrengen van kalk met een optimale samenstelling
3. Opbrengen van kalk met een optimale korrelgrootte en hardheid
4. Opbrengen van organische meststoffen met een relatief hoge C/N verhouding
5. Opbrengen van het mineraal olivijn

Hydrologische maatregelen, zoals bijvoorbeeld herstel van kwelsituaties, zijn bij bovengenoemde maatregelen buiten beschouwing gelaten.

De dosis kalk

Uit proeven die zijn gedaan in het IJperveld blijkt dat door langjarige bekalking met circa 500kg/ha/jaar na 7-9 jaar een herstel van de zuurgraad mogelijk is. Dit is uiteraard afhankelijk van de mate van verzuring van de bodem. Hoge kalkgiften (>750 kg/ha/jaar) geven een snellere stijging van de pH, maar kunnen leiden tot versnelde oxidatie van veenbodems. Een regelmatige en beperkte bekalking kan de mineralisatie beperken (Veer, R. van 't en M. Witteveldt, 2002).

In de toplaag van veenweidegronden is het percentage minerale delen over het algemeen hoger dan in de diepere veenlagen. Aangezien het grootste deel van het bodemleven in de toplaag leeft is juist hier een verbetering van de pH gewenst. Bij een hoge kalkgift zal de kalk slechts gedeeltelijk door de toplaag worden opgenomen. Bij hoge kalkgiften met een zeer fijne kalkmeststof neemt de kans dat de kalk zich dieper verspreid toe, waardoor de pH in deze diepere lagen relatief sterker stijgt. Als deze lagen boven grondwaterniveau komen te liggen is er een extra toename van de oxidatie van deze veenlagen te verwachten ten gevolge van de gestegen pH. Daarnaast blijkt in de praktijk dat bij hoge kalkgiften (> 750 kg/ha/jaar) ook de toplaag dusdanig mineraliseert dat de structuur van de toplaag ernstig wordt aangetast (pers. mededeling Nico Dekker, Landschap Noord-Holland).

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de kalkgiften die volgens Van 't Veer en Witteveldt (2002) in veenweidegebieden zouden moeten worden toegepast. Het betreft een indeling op basis van een beperkte praktijkproef in het IJperveld, waarbij de pH van veengrond gedurende 8 jaar is gevolgd bij verschillende bekalkingsregimes. Als kalk werd zeewierkalk (Physalg 27 en Lithomagnesium) toegepast (pers. mededeling Nico Dekker, Landschap Noord-Holland).

Tabel 1. *Te verwachten effect van kalkbemesting in veenweidegebied (naar van 't Veer en Witteveldt, 2002, gebaseerd op zeewierkalk met een neutraliserende waarde van 52 (pers. mededeling Nico Dekker, terreinbeheerder IJperveld)).*

Jaarlijkse kalkgift in kg/ha/jaar	Te verwachten effect
< 250	Onvoldoende om verzuring tegen te gaan
>250 -750	Bij langjarige toepassing na circa 7-9 jaar herstel van de pH. Extra oxidatie van veen beperkt.
>750 – 1000	Versneld herstel van de pH, maar mogelijk extra oxidatie van veen
>1000	Grote kans op extra oxidatie van veen

Opgemerkt dient te worden dat de optimale hoogte van de kalkgift mede afhankelijk is van de pH van de bodem en het type kalkmeststof. Bij een lagere pH van de bodem is een hogere kalkgift gewenst. Overigens is de zuurgraad van de bodem bepalend voor de snelheid waarmee de

kalkmeststof in oplossing zal gaan. Van een langzaam werkende kalkmeststof kan een iets hogere dosis worden opgebracht omdat deze geleidelijker in oplossing zal gaan.

De samenstelling van kalk

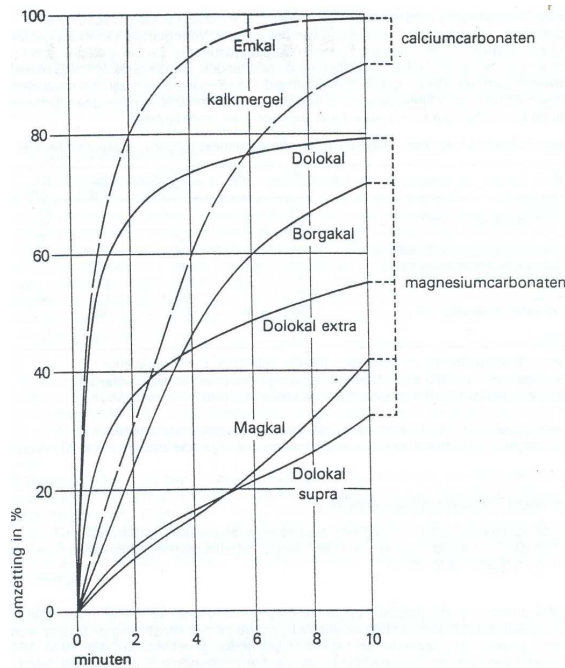
Kalkmeststoffen bestaan in hoofdzaak uit calciumcarbonaten en magnesiumcarbonaten. magnesiumcarbonaat is veel minder reactief dan calciumcarbonaat. Het wordt langzamer opgelost dan calciumcarbonaat. Bij toepassing van kalkmeststoffen met een hoog magnesiumcarbonaat gehalte is de werkingssnelheid lager (Beijer, 1996). Dit voorkomt dat op microschaal (lokaal) in de bodem een sterke verhoging van de pH zal plaatsvinden, wat (lokaal) kan leiden tot extra oxidatie van veen. Magnesiumhoudende kalkmeststoffen zijn daarom geschikter voor het herstel van de pH in veenweidegrond, aangezien er bij toepassing van deze kalkmeststoffen minder kans op extra oxidatie van veen bestaat.

De neutraliserende werking van kalkmeststoffen wordt aangeduid met de term neutraliserende waarde (nw). De neutraliserende werking van kalkmeststoffen wordt aangeduid met de term neutraliserende waarde (nw). 1 nw komt overeen met het neutraliserend vermogen van 1 kg CaO. In tabel 2 is een overzicht gegeven van een aantal gangbare kalkmeststoffen met de bijbehorende neutraliserende waarde (nw) en magnesium gehalten.

Tabel 2. Neutraliserende waarde en Magnesiumgehalte (in procenten) van een aantal gangbare kalkmeststoffen (bron: Nutrinorm.nl)

	Nw	MgO %
Dolokal	54	5.0
Dolokal Extra	55	10.0
Dolokal Supra	57	19.0
Emkal	53	0.0
Winterswijkse ultradolomiet	45	12.0
Winterswijkse kleidolomiet	46	5.0
Dologran (korrel)	53	15.0
Gemalen brandkalk	85	0.0
Dolomiet 57 nw	57	18.0
Dolomiet 60 nw	60	19.0
Dolomiet 57 nw	57	5.0
Gemalen brandkalk (110)	110	0.0
Koolzure magnesiakalk 53 nw	53	5.3
Koolzure magnesiakalk 55 nw	55	10.0
Koolzure magnesiakalk 57 nw	57	4.0
Magkal	54	17
Zeeschelpenkalk	55	0.0
Zeewierkalk	52	18

In figuur 2 is een overzicht gegeven van de reactiviteit van een aantal bekende kalkmeststoffen.



Figuur 2. *Reactiviteit kalkmeststoffen bepaald volgens de Sauerbecktest (bron: Beijer, 1996)*

Uit figuur 2 blijkt dat ‘Dolokal supra’, ‘Magkal’ en ‘Dolokal extra’ voorbeelden zijn van relatief langzaam werkende kalkmeststoffen die zouden kunnen worden toegepast bij het herstel van de pH van de bodem in veenweidegebieden. De korrelgrootte en hardheid van deze producten is echter minder optimaal (zie volgende paragraaf).

Om een weloverwogen keuze voor een bepaald type kalkmeststof te maken is een regelmatige bodemanalyse noodzakelijk. Naast de pH-KCl moeten onder andere Ca, Mg, K en Bicarbonaat worden geanalyseerd. Ca, Mg en K zijn voor planten en bodemleven essentiële elementen, die voldoende in de bodem aanwezig moeten zijn. Mede op basis van de analyseresultaten kan een weloverwogen keuze voor een bepaald type kalkmeststof worden gemaakt. Een eventueel gebrek aan Ca, Mg of K kan dan door het gebruik van de juiste kalkmeststof worden voorkomen.

Hardheid en korrelgrootte van kalk

De fijnheid en de hardheid van de kalkmeststof bepaalt in sterke mate de werkingssnelheid. Hoe fijner de korrelgrootte van een kalkmeststof hoe sneller de werking. Een kalkmeststof gemaakt van harde kalksteen werkt minder snel dan een kalkmeststof gemaakt van zachte mergel. Voor het herstel van de pH van de grond in veenweidegebied is een langzaam werkende kalkmeststof het meest geschikt. Kalkmeststoffen met een relatief grove korrel en een relatief hoge hardheid hebben daarom voor het herstel van de pH in veenweidegebieden de voorkeur. Een te grove korrel is echter niet wenselijk omdat daardoor de verspreiding van kalk onvoldoende kan zijn. Daarom kan het beste een korrelgrootte van circa 4-5 mm worden gebruikt (pers. mededeling Rudy Heine, Ankerpoort NV). Voorbeelden van kalkmeststoffen met een grove korrel en relatief hoge hardheid zijn Dologran, zeeschelpenkalk en zeewierenkalk (merknaam Lithomagnesium).

Organische meststoffen

Voldoende toevoer van organische meststoffen met een hoge C/N verhouding (bijvoorbeeld vaste runderstalmest, paardenmest en groencompost) kan zorgen voor een lichte stijging van de pH, of een vermindering van de negatieve effecten van verzuring op het bodemleven (Van Eekeren et al, 2003). Dit is een proces dat in geval van een verzuurde bodem vele jaren kan duren (pers.

mededeling H.J. van Dooren, Animal Sciences Group, WUR). Door Van 't Veer en Witteveldt (2002) wordt een jaarlijkse gift van 10-15 ton vaste stalmest/ha aangehouden.

Olivijn

Olivijn lijkt een zeer veelbelovende toepassing om de pH van de bodem in veenweidegebied te verhogen. Olivijn is een langzaam werkende pH verbeteraar. Opgebrachte olivijn blijft zeer lang werkzaam. Indien een hoeveelheid van circa 1-2 ton olivijn per hectare is opgebracht, kan de verwerking van dit olivijn circa 30 jaar duren en daardoor al die tijd zuur bufferen (Schuiling en Krijgsman, 2006). Schuiling gaat, voor veenweidegebied dat verzuurd is tot een pH van 3, uit van een dosering van 2 ton olivijn/hectare (Schuiling, 2007). De kosten van deze maatregelen worden geschat op circa 200 € per hectare (exclusief uitrijden over het gebied).

Volgens de Meststoffenwet zijn kalkmeststoffen organische of anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om de zuurgraad van de bodem in stand te houden of te verlagen (de pH in stand te houden of te verhogen). Naar alle waarschijnlijkheid valt olivijn onder deze definitie. Om deze meststoffen op de markt te brengen moeten ze voldoen aan de eisen die in de Meststoffenwet, het daarbij behorende Uitvoeringsbesluit en de Uitvoeringsregeling staan vermeld. Er zijn onder andere normen voor de gehalten zware metalen gesteld. Een mogelijk dilemma bij de toepassing van olivijn is het relatief hoge gehalte Ni in bepaalde vormen van olivijn (duniet en periodotiet). De olivijn die North Cape Minerals levert bevat circa 2000mg Ni/kg product. De zuurneutraliserende waarde (nw) van het door North Cape Minerals geproduceerde olivijn is circa 80 - 90, ruim anderhalf keer zo hoog in vergelijking met Calciumcarbonaat. Volgens de Meststoffenwet mag een kalkmeststof per zuurneutraliserende waarde niet meer dan 150 mg Ni bevatten. Het gehalte Ni in olivijn is duidelijk hoger. De neutraliserende waarde van circa 1,25 kg olivijn komt overeen met de neutraliserende waarde van 1 kg CaO (= 1 nw). Een dergelijke hoeveelheid olivijn bevat circa 2500 mg Ni. Uit proeven van Erstad blijkt echter dat het Ni zeer sterk is gebonden aan olivijn en niet of nauwelijks vrij komt (Erstad et al, 2000). Bij toepassing van 2 ton olivijn (duniet) per hectare is na een periode van dertig jaar een verhoging van de concentratie nikkel van circa 0,3 ppm te verwachten (Schuiling en Krijgsmans, 2006). Dit is een zeer geringe hoeveelheid ten opzichte van de Landelijke Achtergrond Concentratie (LAC) van 35 ppm Ni (Wet Bodembescherming, Staatscourant 24 februari 2000). Benadrukt dient te worden dat deze dosis een zuurgraadregulerende werking gedurende dertig jaar heeft. Traditionele kalkmeststoffen zouden jaarlijks moeten worden toegepast.

Gelet op het bovenstaande zijn de nadelige effecten ten gevolge van de Nikkelgehalten in olivijn waarschijnlijk uitermate beperkt. Als zuurgraadregulerend middel zou olivijn mogelijk uitstekend in weidevogelreservaten kunnen worden toegepast. Naar verwachting zal olivijn de mineralisatie van veen niet extra versterken, omdat olivijn een langzaam werkende pH verbeteraar is. Nader onderzoek gericht op het helder krijgen van de mogelijke beperkingen door het nikkelgehalte van olivijn is noodzakelijk. Aangezien er nog geen praktische ervaring met de toepassing van olivijn op veenweidegrond in Nederland bestaat, zal het nodig zijn om hiermee eerst op kleinere schaal te experimenteren. 'It Fryske Gea' zal in 2009 een proef met olivijn in het reservaat It Eilân-West starten (mondelijke mededeling H.J. de Vries, It Fryske Gea).

Op dit moment worden door de Universiteit Utrecht proeven voorbereid om in de Noordoostpolder zo'n 300 ton olivijn op landbouwgrond toe te passen (pers. mededeling R. D. Schuiling). Dit in het kader van CO₂ reductie. Mogelijk is het vanuit kosteneffectiviteit gezien interessant om de toepassing van olivijn in het kader van CO₂ reductie te combineren met pH verbetering van de bodem in weidevogelreservaten. "Global Warming" is een actueel thema, waar het herstel van de pH in weidevogelreservaten van zou kunnen profiteren.

3. CONCLUSIES

Uit de inventarisatie van mogelijke alternatieve middelen en methoden voor kalkmeststoffen bij de zuurgraadregulering van veengronden in weidevogelreservaten kan het volgende worden geconcludeerd:

- Voor het bodemleven in veengrond is een pH van 4,6 tot 5,2 optimaal. In weidevogelreservaten zou moeten worden gestreefd naar een lage pH van circa 4,6. Bij deze pH is de bodem niet te zuur voor regenwormen en blijft de mineralisatie van veen ten gevolge van een verhoogde pH beperkt.
- Voldoende toevoer van organische meststoffen (circa 10-15 ton/ha/jr.) met een hoge C/N verhouding (bijvoorbeeld vaste runderstalmest, paardenmest en groencompost) kan zorgen voor een lichte stijging van de pH, of een vermindering van de negatieve effecten van verzuring op het bodemleven. Dit is een proces wat in geval van een verzuurde bodem vele jaren kan duren.
- Door calciumcarbonaat en magnesiumcarbonaat houdende kalkmeststoffen op de juiste wijze toe te passen kan de extra mineralisatie van veengrond ten gevolge van kalkmeststoffen worden beperkt. Een langzaam herstel van de zuurgraad voorkomt sterke mineralisatie ten gevolge van een plotseling sterk gestegen pH. Gedacht kan worden aan de volgende maatregelen:
 - *Opbrengen van een optimale dosis kalk*
Uit praktijkproeven die in het IIPerveld zijn gedaan blijkt dat een gift van circa 500 kg kalk (met een neutraliserende waarde van circa 50) per hectare per jaar na circa 7-9 jaar herstel van de pH opleveren. Lagere giften zijn onvoldoende om de verzuring tegen te gaan. Hogere giften geven teveel risico op versterkte oxidatie van veen.
 - *Opbrengen van kalk met een optimale samenstelling*
Kalk met een hoog magnesiumgehalte werkt langzamer dan calciumcarbonaathoudende kalkmeststoffen. Daarom zijn kalkmeststoffen met een hoog magnesiumgehalte geschikter als zuurgraadregulerend middel. Dologran en Lithomagnesium zijn langzaam werkende kalkmeststoffen met een relatief hoog magnesiumgehalte.
 - *Opbrengen van kalk met een optimale korrelgrootte en hardheid*
Kalkmeststoffen met een relatief grove korrel (circa 4-5 mm) en een relatief hoge hardheid werken langzamer en hebben voor het herstel van de pH in veenweidegebieden de voorkeur. Voorbeelden van kalkmeststoffen met een grove korrel en relatief hoge hardheid zijn Dologran, zeeschelpenkalk en zeewierenkalk (merknaam Lithomagnesium).

- Olivijn lijkt een zeer veelbelovende toepassing om de pH van de bodem in veenweidegebied te verhogen. Olivijn is een langzaam werkende pH verbeteraar. Opgebrachte olivijn blijft zeer lang werkzaam. Indien een hoeveelheid van circa 1-2 ton olivijn per hectare is opgebracht, kan de verwerking van dit olivijn circa 30 jaar duren en daardoor al die tijd zuur bufferen. Voor veenweidegebied dat verzuurd is tot een pH van 3 wordt uitgegaan van een dosering van 2 ton olivijn/hectare (kosten geschat op circa 200 € per hectare (exclusief uitrijden over het gebied)). Een mogelijk obstakel voor de toepassing van Olivijn is het relatief hoge gehalte Nikkel. Dit gehalte ligt boven de norm voor kalkmeststoffen. In vergelijking met de Landelijke Achtergrond Concentratie (LAC) voor grond is de Nikkelverhoging na toepassing echter zeer gering. Nader onderzoek naar de mogelijkheden en beperkingen van Olivijn als middel om verzuring van de bodem in weidevogelreservaten tegen te gaan, is noodzakelijk.

4. GERAADPLEEGDE BRONNEN

Literatuur

Beijer, L. en H. Westhoek, 1996. Meststoffen voor de rundveehouderij, samenstelling, werking en gebruik. IKCL, Ede

Brandsma, O., 1999. Het belang van bemesting voor het voedselaanbod van weidevogels. De Levende Natuur 100 (4): 118-123

Dunger, W. en H.J. Fiedler, 1997. Handbuch der Bodenbiologie. Gustav Fischer Verlag, Jena

Eekeren, N. van et al, 2003. Leven onder de graszode, discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij. Louis Bolk Instituut LV 52, Driebergen

Erstad, K.-J., A. Erstad, M. Rex & E. Luukkonen,. 1994. Quality of silicate liming materials from Northern Europe assessed by three methods of testing reactivity. Kvalitet av silikatiske kalkningsmiddel frå Nord- Europa vurdert utifrå tre reaktivitetsmetodar. Fureneset Forskingsstasjon Rapport 1/1993.

Erstad, K.-J., N. Y. Konovalov & B. Farstad,. 2000. Bioavailability of nickel in olivine and serpentine, and use of olivine in agriculture and nature management. Rådgivande Agronomar Rapport 1/2000..

Kuijper, D.P.J. Bekalking in veenweidegebieden en weidevogels. Interne notitie Altenburg en Wymenga, Veenwouden.

Schuiling, R.D. en P. Krijgsman, 2006. Enhanced weathering: an effective and cheap tool to sequester CO₂. Climatic Change 74: p349-354.

Schuiling, R.D., 2007. Versnelde verwerking en pH buffering. Interne notitie voor "It Fryske Gea".

Veer, R. van 't en M. Witteveldt, 2002. Pitrusontwikkeling in enkele Noord-Hollandse weidevogelreservaten. Agens Raadgevend Buro, Stichting het Noord-Hollands Landschap, Hoorn/Castricum

Wetgeving, Richtlijnen en Handreikingen

Meststoffenwet 1986

Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet

Wet Bodembescherming

Websites

www.ankerpoort.com Ankerpoort NV, producent kalkmeststoffen

www.wur.nl Wageningen Universiteit

Geraadpleegde personen

Nico Dekker, terreinbeheerder Landschap Noord-Holland

H. Bergsma, Arcadis, Apeldoorn

H.J. van Dooren, Animal Sciences Group, WUR

K.-J. Erstad, Rådgivande Agronomar, Noorwegen (expert op het gebied van herstel verzuurde bodems die onderzoek heeft verricht naar de werking van olivijn)

Rudy Heine, Ankerpoort NV

R. D. Schuiling, Instituut Aardwetenschappen, Universiteit van Utrecht

H. Stegink, docent AOC Leeuwarden

H.J. de Vries, It Fryske Gea

Ø. Wærnes, NORTH CAPE MINERALS, Noorwegen

Martin Witteveldt, Landschap Noord-Holland