

Wat we niet over het hoofd mogen zien als we negen miljard mensen willen voeden

It's the mineralogy, Stupid!

We moeten meer aandacht schenken aan de bodemmineralogie om planten, dieren en mensen blijvend te kunnen voeden. Er is reden tot optimisme: dit inzicht is al doorgedrongen bij idealisten, boeren, ecologen en natuurbeheerders. Beleidsmakers zullen zeker volgen. Want zonder de bodemmineralogie te herstellen gaat het niet lukken om negen miljard mensen te voeden.

Door: Huib Bergsma

Over de auteur:

Huib Bergsma werkt als geochemicus/mineraloog bij Arcadis en is betrokken bij diverse initiatieven in het natuurbeheer en de landbouw rond minerale bodemverbetering en -herstel.

SAMENSTELLING VAN BODEMMINERALEN

Ik wil mineraalscheiding gaan gebruiken om een studie uit te voeren naar het gehalte aan 'zware silicaatmineralen' (s.m. > 2.9) in de bodem. Deze maken een klein, maar voor de bodemvruchtbaarheid cruciaal, deel uit van de mineralen. Daarom ging ik op bezoek bij een mineraalscheider aan de Vrije Universiteit, een intelligente en gedreven man die met veel plezier over zijn vak vertelde. Zijn vak zat vijftientig jaar geleden nog in het standaardpakket van de geologieopleiding, maar werd in de loop der jaren wegbezuinigd. Hopelijk ben ik nog op tijd om het vakgebied te redden zodat het niet afloopt zoals in 'The Hitchhiker's Guide to the Galaxy', waar op een planeet alle telefoonhoorn-schoonmakers wegbezuinigd werden zodat iedereen doodging aan een zeer besmettelijke telefoonhoornziekte.

OUDE LANDBOUWKUNDE: KUNSTMEST VERSUS GEMALEN GESTEENTEN

Dat mineralogie een uitstervend vakgebied is geworden is mede het gevolg van de uitvinding van de kunstmest. De ontdekking van Justus von Liebig (1803-1873) dat de plantengroei met slechts drie elementen N, P, en K enorm gestimuleerd kon worden en de uitvinding van de ammoniumsynthese door Fritz Haber in 1910 vormden het startpunt voor de grootschalige productie van NPK. Ongeveer gelijktijdig werd ook de steenmeelbemesting onderzocht door mensen als Julius Hensel (1844-1903). Er kwam een soort religieuze stammenoorlog op gang tussen de voorstanders van steenmeel en die van kunstmest. Het onderzoek uit die tijd blijkt weinig met objectieve wetenschap te maken te hebben maar vooral met het je gelijk halen en het zwartmaken van de ander. Een mooi voorbeeld daarvan is de conclusie van Schmidt¹ uit 1949: "In Ansehung der erhaltenen Ergebnisse muß es als ein Glück bezeichnet werden, daß die Steinmehldüngung nicht – wie dies von Ihren Anhängern gefordert wurde – in der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Praxis größeren Eingang gefunden hat." (Gezien de onderzoeksresultaten mag men van geluk spreken dat de be-

mesting met steenmeel in land- en tuinbouw, in tegenstelling met wat de voorstanders ervan vinden, weinig ingang heeft gevonden). Dit is een merkwaardige conclusie van Schmidt omdat hij, afhankelijk van het soort steenmeel en gewas, in zijn onderzoek wel degelijk bescheiden meeropbrengsten met steenmeel laat zien. In oorlogen wint in eerste instantie meestal de gene die het meeste geld kan uitgeven aan wapens: in dit geval het kamp van de kunstmest. Kunstmest werd de norm en steenmeelmeststoffen werden langs dezelfde meetlat beoordeeld. Hoe snel komt de nutriënt vrij voor de plant? Hoeveel meeropbrengst wordt er gerealiseerd? Alsof je een tractor met een Porsche vergelijkt op snelheid. Natuurlijk legt de tractor het dan af. Exit steenmeelbemesting. Jammer genoeg vroeg niemand zich af of je met een Porsche het land kunt ploegen. Zo zit het ook met steenmeel/bodemmineralen: ze bufferen de pH^{2, 3, 4}, binden organische stof^{5, 6} en stikstof⁷ en activeren het bodemleven.^{8, 9} Allemaal dingen waar kunstmest niet of slecht op scoort^{10, 11} en waar we tijdens de invoering van de kunstmest ook geen problemen mee hadden, de bodem was in onze gematigde streken immers nog vruchtbaar genoeg. Een goede bodem voor kunstmest, maar voor hoe lang? De enorme opbrengstverschillen door NPK-bemesting zoals Schmidt die optekende worden allang niet meer gehaald.¹²

Geobotanie: Waarom bekalken maar beperkt helpt

Vraag me niet hoe het kan, maar ooit werd een geoloog gevraagd om de teruggang in vogels in een natuurgebied te stoppen. Een eenvoudige klus, leek het. De geoloog begon met tellen en kwam er achter dat er 250 vogels minder waren dan het jaar ervoor. De geoloog reed naar Barneveld, kocht 250 kippen en zette deze uit in het natuurgebied. Het aantal vogels was weer in orde. Alle ecologen boos en ontevreden natuurlijk want ze wilden korhoen, tapuit, draaihals, grauwe klauwier en duinpieper terug, geen kippen.

Vreemd verhaal? Helaas is dit mineralogisch gezien wel de realiteit: chloriet, amfibool, granaat, bladspijter en epidoot verdwijnen uit de bodem en worden eenzijdig vervangen door kalk. En volgens de regels van de geobotanie wordt hetgeen óp de bodem kan leven bepaald door wat er in de bodem aanwezig is. Door alleen naar de pH te kijken (lees: aantal vogels) wordt alleen een symptoom bestreden maar niet de oorzaak. We repareren de bodem dus niet maar veranderen hem. Steeds meer ecologen beseffen dit, simpelweg doordat na bekalking geen volledig herstel van de biodiversiteit meer plaatsvindt.

NATUURLIJKE AANTASTING VAN DE BODEMMINERALOGIE

De bodemmineralen, zand en klei, vormen letterlijk en figuurlijk de basis van ons bestaan. Alle bouwstenen in ons lichaam behalve zuurstof, stikstof, waterstof en koolstof zijn afkomstig uit gesteenten en niet, zoals de meeste mensen denken, uit de supermarkt. Om de cyclus in het kort uit te leggen: de voorlopers van onze bodemmineralen ontstaan in vulkanen en gebergtevormende processen. Ze verwerken door zon, water en wind tot zand en klei, en worden vervolgens door rivieren, wind en landijs over de aardbol uitgesmeerd tot vruchtbare bodems. De vruchtbaarheid van rivierslib, löss en leem zijn schoolvoorbeelden hiervan. In de bodem staan deze mineralen door natuurlijke verzuring hun nutriënten af aan het bodemleven en de planten tot ze uitgeput zijn. Dit zijn erg langzame processen. Ferdinand van Baren¹³ geeft aan dat door natuurlijke zwakke verzuring in tienduizend jaar sommige voor de vruchtbaarheid essentiële mineralen in de bodem worden gehalveerd. Deze natuurlijke aantasting van de bodemvruchtbaarheid gaat te traag om binnen een generatie te worden opgemerkt. We merken dat dus niet.

VERSNELDE AANTASTING VAN DE MINERALOGIE

Zoals hierboven gezegd zijn silicaatmineralen de bepalende fundamenten onder de bodemvruchtbaarheid. Helaas hebben honderd jaar bevolkingsgroei, industriële- en groene revolutie ernstige gevolgen gehad voor de mineralogie van de Nederlandse bodem. De introductie van kunstmest en de daarmee gepaard gaande intensieve landbouw werden begeleid door een grote groei van de industrie en transport. Samen goed voor een depositie van verzurende gassen die tweehonderd keer hoger ligt dan de (natuurlijke) gemiddelde verzuring tijdens het holoceen.¹⁴ Dan praten we over atmosferische verzuring door industrie, wegverkeer en veeteelt, verzuring door bemesting is hier buiten beschouwing gelaten. Deze zeer intensieve antropogene verzuring leidt tot een mineralogische afbraaksnelheid en achteruitgang van de vruchtbaarheid die wel in een generatie te merken is. Er is versnelde slijtage van bodemmineralen.¹⁵ We worden geconfronteerd met bodemverzuring, lagere organische stofgehalten van de bodem en op de zandgronden met de achteruitgang van flora en fauna. We zien het zelfs terug in de voedingswaarde van de groente en het fruit dat we eten.¹⁶

Hoewel de zwaveldepositie vanuit raffinaderijen sterk is teruggedrongen, gaat door stikstofdepositie en verzurend landgebruik de mineralogie en dus de vruchtbaarheid van de bodem nog steeds achteruit.^{15,17,18} Data van Pierson-Wickmann¹⁵ tonen een verlies op landbouwgronden van 500 – 1.000 kg per hectare aan silicaatmineralen per jaar. Observaties vanuit de landbouw en natuurbeheer dat er de laatste jaren iets niet goed gaat met de bodemvruchtbaarheid, bijvoorbeeld op de Hoge Veluwe, bij melkveehouders in Friesland en bij de bollentelers in de provincie Noord Holland, lijken dit te bevestigen. Het valt in sommige analysereeksen van boeren op dat met de jaren het magnesium leverend vermogen van de bodem afneemt. Chloriet is een van de belangrijke bronnen voor magnesium (Mg) in de bodem en is een mineraal dat relatief snel verweert. Is hier één plus één gelijk aan twee? Er is tijd nodig om aan een nieuw inzicht te wennen. Het duurde ook meer dan twintig jaar voordat de oorzaken van de aantasting van de ozonlaag serieus werden genomen. Dankzij een explosie aan wetenschappelijk onderzoek kan steeds overtuigender aangetoond worden dat de mineralogie van de bodem essentieel is voor het functioneren van die bodem. Oorzaken en symptomen van de minerale bodemdegradatie worden steeds beter begrepen.

VERANTWOORD HERSTEL EN BEHOUD VAN DE ZWARE BODEMMINERALEN

Wat kunnen we doen? We kunnen stoppen met verzurende industriële uitstoot en verzurende grondbewerking (niet heel waarschijnlijk) of we kunnen het regenererende geologische proces

van verwerking en distributie zelf versnellen waardoor verzuring en minerale bodemdegradatie weer gelijke tred houden. IJstijdje en riviertje spelen door het actief uitstrooien van door ons gemalen steen op de akkers, weilanden en natuurgebieden. En werkt dat? Ja, het meeste onderzoek over steenmeelbemesting toont aan dat het, bij deskundige toepassing, werkt.^{2,3,4,19,20, 21} Er zijn erg veel bronnen voor silicaatmineralen, elk met sterk verschillende eigenschappen. Kennis hiervan is dus wel aan te raden. Een steenmeel dat qua mineralogie en korrelgrootte even reactief is als die van de ontvangende bodem heeft geen effect.²² Mineralen die reactiever en fijner zijn of die noodzakelijke nutriënten bevatten voldoen het best.⁹ Er moet gewaakt worden voor bodemverontreiniging door het gebruik van mineralen met hoge gehalten schadelijke stoffen zoals nikkel⁴ of fluor.²⁰

RECENT EIGEN ONDERZOEK

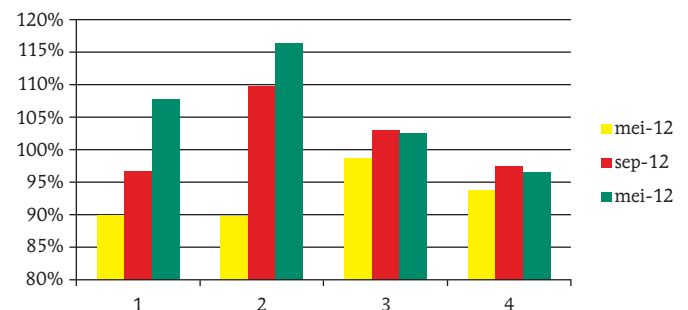
Ter illustratie worden drie recente veldproeven kort besproken. Op de foto (figuur 1) is te zien dat steenmeel (mei) mosterdplanten beschermt tegen slagregens in het najaar (foto november 2012, lopend onderzoek ARCADIS).



FIGUUR 1.
STRUCTUURVERBETERING OP
SCHELP- EN KLEIHOUDEND
POLDERZAND: DE MOSTERD-
PLANTEN OP DE MET STEEN-
MEEL BEHANDELDE STROOK
HEBBEN DE ZWARE REGENBUI
OVERLEEFD.

In figuur 2 is de invloed van steenmeel bij melkveehouderijen in Friesland te zien. Dit laat goed zien hoe verschillend de bodem kan reageren. Eerste snede 2,5 maand na uitrijden gaf lagere opbrengst doordat een laagje steenmeel het gras deels bedekte en de groei belemmerde. Perceel 1 en 2 was begroeid met dominant Engels raaigras, 3 en 4 met dominant kweekgras. De referentie van 100 procent grasopbrengst is het gemiddelde van de onbehandelde stroken. Er is een variërende opbrengststijging te zien, behalve bij Perceel 4 waar gras is ingezaaid op voormalig akkerland met een laag organisch stofgehalte. De oorzaak van de lagere opbrengst is nog niet bekend (lopend onderzoek ARCADIS).

Opbrengst grasland met steenmeel bij vier melkveehouders in Friesland

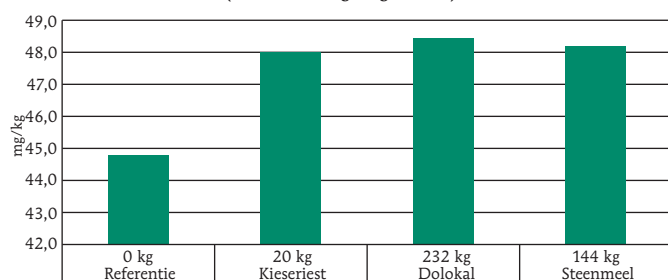


FIGUUR 2: OPBRENGST VAN PROEFVLAKKEN GRASLAND MET STEENMEEL T.O.V. ONBEHANDELD IN LOPENDE DRIEJARIGE PROEF IN FRIESLAND.

In figuur 3 worden de magnesiumgehalten van gras in mg/kg drooggewicht weergegeven in relatie tot verschillende magnesiumhoudende mineraalgiften. De referentie kreeg niets toegediend. De behandelingen leiden alle tot een stijging van magnesium in het gras. Met een combinatie van pot- en vakkenproeven werd hier gevonden dat het kieseriet door uitspoeling in het

tweede jaar geen hogere magnesiumgehalten veroorzaakte. Dolomiet en steenmeel vertoonden vrijwel geen uitspoeling en bleven ook in het tweede en derde jaar magnesium leveren.⁴

Opname Mg door Gras uit drie magnesiumbronnen (Rietra en Hoogesteger 2013)



FIGUUR 3: MAGNESIUM BEMESTING OP VEENWEIDE, DE OPNAME VAN MAGNESIUM UIT STEENMEEL IS VERGELIJKBAAR MET DOLOKAL (LANDBOUWKALK UIT DE DOLOMIETEN) EN KIESERIET.

TOT SLOT

Is steenmeelbemesting economisch interessant? Ja, als we haar beoordelen als een multifunctionele bodemverbeteraar. Haar waarde is immers de optelsom van de nutriënten, de zuurneutraliserende waarde, de structuurverbetering, de stikstof die het bindt, het bodemleven dat het huisvest en de organische stof die het stabiliseert. Het helpt de efficiëntie van de huidige bemestingsmethoden in stand te houden. Het kan voorkomen dat, zoals in Brazilië gebeurt en in delen van Noord Holland op het punt staat te gebeuren, de bodem onbruikbaar voor landbouw wordt. Dat laatste is misschien wel het belangrijkste: steenmeel is niet primair een middel om opbrengsten te verhogen, maar wel om de vruchtbaarheid in stand te houden of, zoals de natuurgebieden op arme zandgronden ons laten zien, te repareren. Alleen als we daar rekening mee gaan houden, kunnen we negen miljard mensen gaan voeden.

REFERENTIES

- Schmitt, L.: Die Frage der Düngung mit Steinmehlen. Landwirtschaftliche Forschung Band 1. Landwirtschaftliche Versuchsanstalt, Darmstadt, 1949.
- Gillman G. P., Burkett D. C., and Coventry R. J.: A laboratory study of application of basalt dust to highly weathered soils: effect on soil cation chemistry. *Aust. J. Soil Res.*, 2001, 39, 799–811.
- Aarnio T, M. Rätty & P.J. Martikainen: Long-term availability of nutrients in forest soil derived from fast- and slow-release fertilizers. *Plant and Soil* 252: 227–239, 2003.
- Rietra, R.P.J.J. en A.W. Hoogesteger: Verduurzaming van de landbouw met silicaatmineralen. De mogelijkheden van calcium en magnesiumsilicaten in de

landbouw ten behoeve van klimaatdoelstellingen. 2013 Alterra-rapport_ Zegveld Alterra.

- Egli M., Nater M., Mirabella A., Raimondi S., Plötze M., Alioth L.: Clay minerals, oxyhydroxide formation, element leaching and humus development in volcanic soils. *Geoderma* 143 (2008) 101–114.
- Peña-Ramírez V M, L. Vázquez-Selem, C. Siebe: Soil organic carbon stocks and forest productivity in volcanic ash soils of different age (1835–30,500 years B.P.) in Mexico. *Geoderma* 149 (2009) 224–234.
- Shah G.M., G.A. Shah, J.C.J. Groot, O. Oenema, E.A. Lantinga: Irrigation and lava meal use reduce ammonia emission and improve N utilization when solid cattle manure is applied to grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 160 (2012) 59–65.
- Carson J.K., L. Campbell, D. Rooney, N. Clipson & D. B. Gleeson: Minerals in soil select distinct bacterial communities in their microhabitats. *FEMS Microbiol Ecol* 67 (2009) 381–388.
- Uroz S., M. P. Turpault, C. Delaruelle, L. Mareschal, J.-C. Pierrat, and P. Frey-Klett: Minerals affect the specific diversity of forest soil bacterial communities. *Geomicrobiology Journal*, 29:88–98, 2012.
- Malý S., J. Královec, D. Hampel: Effects of long-term mineral fertilization on microbial biomass, microbial activity, and the presence of r- and K-strategists in soil. *Biol Fertil Soils* (2009) 45:753–760.
- Mulvaney R. L., Khan S. A., and Ellsworth T. R.: Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: A global dilemma for sustainable cereal production. *J. Environ. Qual.* 38:2295–2314 (2009).
- Tilman D., K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor & S. Polasky: Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* Vol 418 8 August 2002.
- Baren F. A. van: Het voorkomen en de betekenis van kali-houdende mineralen in Nederlandse gronden. (Proefschrift) Veenman & Zonen — Wageningen, 1934.
- Mol G., S.P. Vriend, P.F.M. van Gaans: Feldspar weathering as the key to understanding soil acidification monitoring data; a study of acid sandy soils in the Netherlands. *Chemical Geology* 202 (2003) 417–441.
- Pierson-Wickmann A.-C., L. Aquilina, C. Martin, L. Ruiz, J. Molénat, A. Jaffrézic, C. Gascuel-Odoux: High chemical weathering rates in first-order granitic catchments induced by agricultural stress. *Chemical Geology* 265 (2009) 369–380.
- Eklholm P., H. Reinivuo, P. Mattila, H. Pakkala, J. Koponen, A. Happonen, J. Hellström, M.-L. Ovaskainen: Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis* 20 (2007) 487–495.
- Simonsson M., S. Hillier, I. Öborn: Changes in clay minerals and potassium fixation capacity as a result of release and fixation of potassium in long-term field experiments. *Geoderma* 151 (2009) 109–120.
- Aquilina L, A. Poszwa, C. Walter, V. Vergnaud, A.C. Pierson-Wickmann, and L. Ruiz Long-Term Effects of High Nitrogen Loads on Cation and Carbon Riverine Export in Agricultural Long-term effects of high nitrogen loads on cation and carbon riverine export in agricultural catchments *environ. Sci. Technol.* 2012, 46, 9447–9455.
- Bakken A.K., H. Gautneb, T. Sveistrup & K. Myhr: Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56: 53–57, 2000.
- Duarte I.N, R. T. X. de Sousa; G. H. Korndorfer, P. R. Fontour, R. A. B. Soares: Biotite: Potassium source for agriculture. *Biosci. J.*, 28, Supplement 1, p. 98-103, 2012.
- Madaras M., M. Mayerova, M. Kulhanek, M. Koubova, M. Faltus: Waste silicate minerals as potassium sources: a greenhouse study on spring barley. *Archives of Agronomy and Soil Science* 59 (2013) 671-683.
- Ramezani A., A. S. Dahlin, C. D. Campbell, S. Hillier, B. Mannerstedt-Fogelfors, I. Öborn: Addition of a volcanic rock dust to soils has no observable effects on plant yield and nutrient status or on soil microbial activity. *Plant Soil* 367 (2013) 419-436.



FIGUUR 3: STEENMEELBEMESTING.