

# Kennisblad Veldwerkplaats



## Stikstof, verzuring, strooiselafbraak in kwijnende bossen

Op de hogere zandgronden zijn eikenbomen steeds minder vitaal. Verzuring en vermessing zijn de belangrijkste oorzaken daarvan. Toediening van steenmeel zou kunnen helpen tegen nadelige effecten van verzuring in de bodem. Steeds meer beheerders hebben hun hoop daarop gevestigd. Uit onderzoek blijkt dat steenmeel gunstige effecten maar ook beperkingen kan hebben.

Tijdens deze veldwerkplaats deden onderzoekers uit de doeken hoe de relatie werkt tussen verhoogde stikstofdepositie, verzuring, (gebrek aan) bodemleven, uitspoeling van nutriënten en de zogenaamde rijkstrooiselsoorten. Ook vertelden zij op basis van welke kennis het soms zinvol kan zijn om steenmeel toe te dienen.

### Droge bossen op arme zandgronden: Problematiek

Maaïke Weijters (onderzoekcentrum B-WARE)

Er zijn steeds meer tekenen dat droge bossen op de arme zandgronden steeds minder vitaal worden. Vooral eiken en fijnsparren sterven lokaal in grote hoeveelheden af. Vermesting en verzuring als gevolg van overdadige stikstofdepositie zijn de grote boosdoener, naast de erfenis van de zure regen uit het verleden. Deze problemen spelen ook in andere bostypen, maar de droge bossen op arme zandgronden worden het hardst getroffen. Zandgronden zijn namelijk extra gevoelig voor de gevolgen van stikstofdepositie. Zandgrond is van nature voedselarm. Als daar voedingsstoffen in de vorm van stikstof aan worden toegevoegd is dat al snel teveel. Bovendien verzuurt zandgrond snel, omdat het weinig bufferend vermogen heeft. Ongelukkigerwijs zijn de droge zandgronden ook de gebieden waar de meeste stikstof neerslaat, omdat hier veel intensieve veehouderij is. Jaar na jaar ontvangen de droge bossen op arme zandgronden veel meer stikstof dan ze aankunnen.

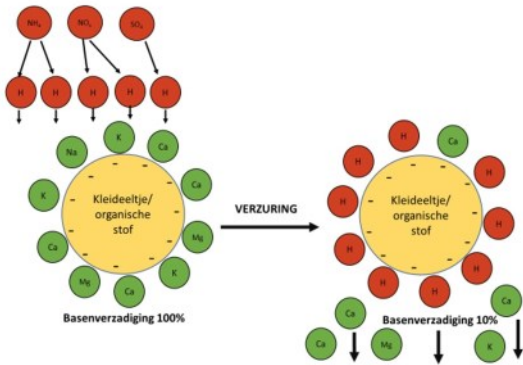
Figuur 9: Gemiddelde stikstofdepositie over de periode 1990-2017 per afdelingsgebied (2 x 2,5 km) in Nederland. De depositie van stikstof (N) is het hoogst op de hoge zandgronden van Oost- en Zuid-Nederland, met Gelderland en Noord-Brabant als uitschieters. Voor berekening: zie Bijlage.



Stikstofdepositie in Nederland



Zandgronden zijn extra gevoelig voor verzuring, omdat ze een lagere buffercapaciteit hebben dan klei- en veenbodems. Basische kationen, zoals magnesium, kalium en calcium, hechten zich aan kleideeltjes en organische stof. Bij een te hoge zuurlast, bijvoorbeeld als gevolg van stikstofdepositie, worden deze basen verdrongen door zure H<sup>+</sup> ionen. Op deze manier 'bufferen' de basische kationen het zuur in de bodem. Ondertussen neemt de basenverzadiging af en treedt verzuring op. Calcium, kalium en magnesium spoelen uit naar het grondwater en zijn niet meer beschikbaar voor de vegetatie.



Bij verzuring verdringen H<sup>+</sup> ionen andere mineralen en daalt de basenverzadiging

Een hoge stikstofdepositie leidt dus tot een afname van de beschikbaarheid van belangrijke voedingsstoffen als magnesium, kalium en calcium. Dit heeft allerlei negatieve effecten op de bomen. Fosfor en kalium zijn bijvoorbeeld belangrijk voor de fotosynthese en

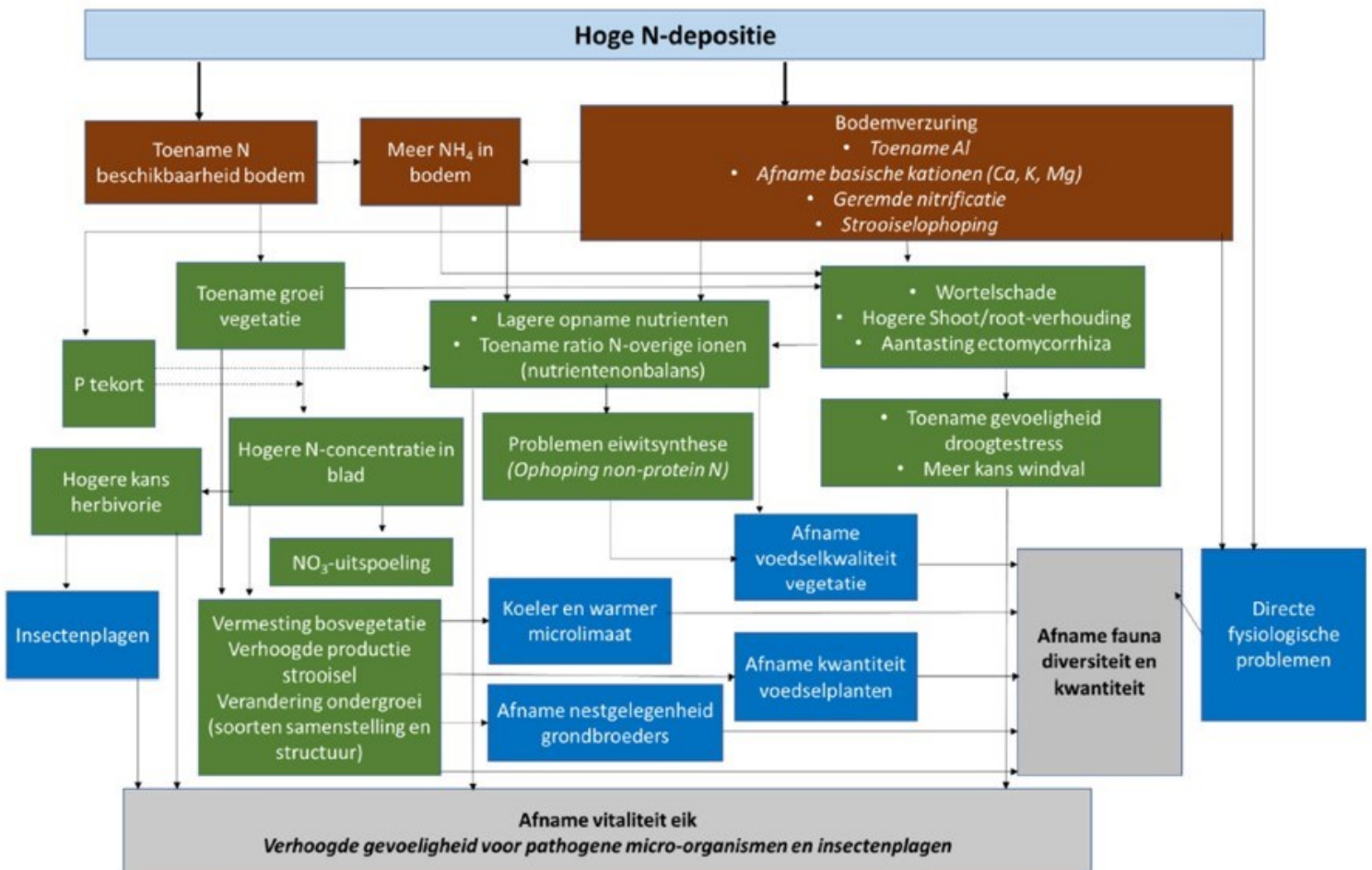
daarmee voor de hele stofwisseling van de boom. Bomen zullen daarnaast als gevolg van een hoge N-beschikbaarheid meer investeren in de ontwikkeling van hun kroon dan in hun wortelstelsel. Hierdoor zijn ze gevoeliger voor droogte en windval, maar ook voor andere stressfactoren, zoals vorst, ziektes en plagen. Stikstofdepositie veroorzaakt dus niet alleen dominantie van brandnetels en bramen, maar grijpt op allerlei negatieve manieren in op het boscysteem.

## Effecten van steenmeel op het bodemleven in droge Eikenbossen

Jaap Bloem (Wageningen Environmental Research)

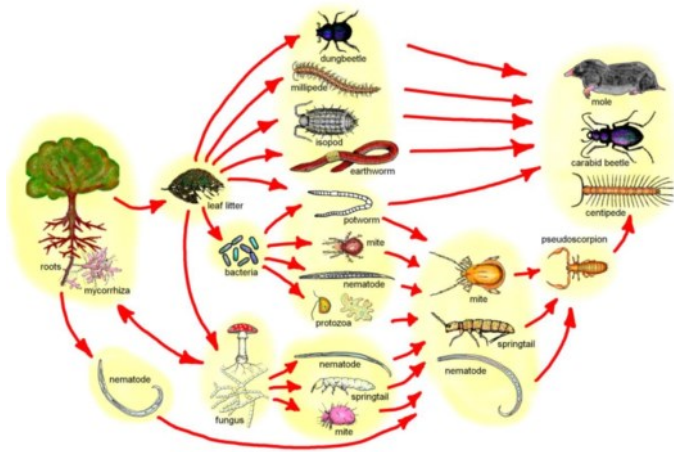
De uitval van eiken in de droge bossen op arme zandgronden hangt samen met een achteruitgang van schimmels in de bodem en van de beestjes die deze schimmels eten, zoals springstaarten en mijten. Saprotrofe schimmels spelen een belangrijke rol omdat zij moeilijk afbreekbaar houtig materiaal verteren. Schimmeleeters stimuleren de groei van deze schimmels. Andere soorten schimmels vormen samen met de boomwortels mycorrhiza (letterlijk schimmelwortel). Dit is een symbiose waarbij de bomen suikers leveren aan de schimmels. In ruil daarvoor brengen de schimmels water en mineralen naar de boomwortels. Mycorrhiza vormen in gezonde bossen een uitgebreid ondergronds transportsysteem.

In rijke bosbodems zorgen vooral de bacteriën voor de mineralisatie van het strooisel, terwijl in arme systemen schimmels de hoofdrol spelen. Bij verzuring vindt een verschuiving plaats van bacteriën naar schimmels. Als pH onder de 4,5 zakt, worden echter ook schimmels geremd en hoopt zich een dikke strooisellaag op,





waardoor typische bosplanten niet meer kunnen groeien. Tijdens het onderzoek naar de effecten van steenmeel op de Veluwe en in het Mastbos zijn de mycorrhiza, regenwormen, miljoenpoten en pissebedden gemonitord. Drie groeiseizoenen na toediening hadden de bomen meer fijne wortels aangemaakt met steenmeel. De proefvlakken met Eifelgold hadden 30 tot 54% meer fijne wortels dan controlevlakken. Dit is gunstig voor de opname van water en mineralen door de bomen. De ectomycorrhiza schimmels bleven echter achter. 10% van de fijne wortels bestond uit mycorrhiza, terwijl dat in een gezond bos wel 80% kan zijn.



*Bodemvoedselweb: bacteriën, schimmels en fauna*

Het aantal regenwormen nam wel significant toe. Miljoenpoten namen echter af in het Mastbos, terwijl pissebedden zich nergens iets van aantrokken. De hoeveelheid mineraliseerbare stikstof steeg na toediening van steenmeel. Dat is gunstig, want het wijst op meer levende biomassa in de grond, waarbij stikstof is vastgelegd in organische vorm zoals aminozuren en eiwitten. Deze stikstof bleef goed vastgelegd, want de stikstofmineralisatie was niet veranderd, dus er kwam nog steeds dezelfde hoeveelheid ammonium vrij. Wel werd met steenmeel de gevormde ammonium meer omgezet in nitraat (nitrificatie). Nitrificerende bacteriën zijn erg gevoelig voor verzuring, dus een minder geremde nitrificatie door stijging van de pH wijst op betere omstandigheden voor alle bodemleven. Nitraat wordt door veel planten gemakkelijker opgenomen dan ammonium, maar het spoelt ook makkelijk uit naar het grondwater, en kan door denitrificatie worden omgezet in stikstofgas dat de lucht in gaat. Op die manier kan overtollige stikstof uit het systeem verdwijnen. Wel moet gewaakt worden voor een te snelle afbraak en mineralisatie omdat te veel nitraat dan tot verzuuring van de vegetatie kan leiden.

Veranderingen in het bodemleven gaan langzaam, dus een onderzoeksperiode van drie jaar is nog te kort om duidelijke effecten te kunnen verwachten. De toename van wormen, fijne wortels en potentieel mineraliseerbare stikstof wijst wel op een beginnende verschuiving naar een voedselrijker bodemleven in het strooisel.

Een vervolgonderzoek 5 jaar na toediening van steenmeel richtte zich op microarthropoden. Naar hun voedingswijze worden deze onderscheiden in verschillende voedselgilden. Omnivoren gebruiken meerdere voedselbronnen. Herbivoren eten plantaardig materiaal en fungivoren eten schimmels. Binnen deze groepen zijn er "browsers" die alleen de gemakkelijk verteerbare celinhoud opzuigen, en "grazers" die hele cellen opkauen en ook de celwanden kunnen verteren. Na toediening van steenmeel vonden de onderzoekers geen verandering in het totale aantal springstaarten en mijten. Maar wel een verschuiving in voedselgilden. Omnivoren bleken af te nemen, terwijl de fungivoren juist toenamen. Met name de fungivore grazers namen toe. En dat is gunstig omdat deze het meest effectief zijn voor het stimuleren van de schimmelactiviteit, de recycling van nutriënten en de strooiselafbraak. De conclusies die we trekken zijn hard genoeg, maar voor meer herstel is waarschijnlijk meer tijd nodig

## Steenmeel als herstelmaatregel in bossen op droge zandgrond

**Maaïke Weijters (onderzoekcentrum B-WARE)**

De belangrijkste maatregel om de negatieve effecten van stikstofdepositie op droge bossen tegen te gaan is natuurlijk een drastische vermindering van de stikstofuitstoot. Maar zelfs als we vandaag helemaal stoppen met de uitstoot van stikstof, zullen de gevolgen van het jarenlange overschot nog lang na-ijlen. Het is dus noodzakelijk om nu al herstelmaatregelen te nemen. Hydrologisch herstel is de eerste stap. Wanneer gebufferd grondwater terugkeert in het systeem, lost dat al een heleboel problemen op. Helaas is dat niet altijd mogelijk, vooral niet op de hoogste en droogste zandgronden.

Om problemen met bodemverzuring en de disbalans in voedingsstoffen aan te pakken, wordt er al jaren lang geëxperimenteerd met bekalking en het toedienen van steenmeel. Bij bekalking voegen de beheerders alleen calcium toe, terwijl steenmeel ook andere mineralen bevat. Het idee is dat steenmeel een duurzamere oplossing biedt, omdat de calciumuitgifte geleidelijk is, terwijl bekalking maar kort zou werken. Recent onderzoek spreekt dit echter tegen. In 1985 en 1986 zijn enkele percelen grove dennenbos in Harderwijk eenmalig bekalkt. Er zijn verschillende hoeveelheden gebruikt, namelijk 3, 6, 9, en 18 ton kalk/ha. 33 jaar later is de bodem bemonsterd en vonden de onderzoekers nog steeds significant meer calcium en een hogere basenverzadiging dan in de controlepercelen, ook bij de laagste dosering. Bekalking is dus geen kortdurende maatregel. Wel bleek uit deze proef dat het toedienen van teveel calcium negatieve effecten heeft op het ecosysteem. De percelen waar meer dan 3 ton kalk/ha was toegediend hadden te maken met sterke verzuuring door bramen.



*Dominantie van braam bij bekalking met meer dan 3 ton/ha*

Gebrek aan calcium en een te lage pH zijn niet de enige problemen in de droge bosbodems. Er ontbreken ook andere essentiële voedingsstoffen. Bovendien komt carbonaatverwerking, waarbij calcium vrijkomt, van nature alleen voor in de kustduinen en in Zuid-Limburg. Het toedienen van alleen calcium is dus op de meeste plekken in Nederland onnatuurlijk. Omdat uit steenmeel een mix van kationen vrijkomt, lijkt dat een beter alternatief.

Steenmeel is gemalen gesteente. Soms wordt het commercieel gewonnen, soms is het een restproduct van de mijnbouw. Onder invloed van water, zuren en bodemleven verweert het steenmeel en komen de mineralen, basische kationen (Ca, K en Mg) en sporenelementen vrij. De merknamen Eifelgold, Soilfeed en Bioliet lijken qua samenstelling het meest op het Nederlandse zand. De aanbevolen dosering van 10 ton steenmeel/ha komt redelijk overeen met 2 ton kalk/ha.

	Dolokal	Biolit	Soilfeed	Lavagruis
Ca	+++	++	+	+
K	-	+	+++	+++
Mg	++(+)	++	+	++
P	-	++	+	++

#### Samenstelling van de meest gangbare soorten steenmeel

In 2016 is een proef gestart met het toedienen van steenmeel op de Veluwe en in het Mastbos. Na 5 jaar was de pH in de bodem iets gestegen. Ook de basenverzadiging was verbeterd, maar de verschillen waren heel subtiel. De bladchemie was wel duidelijk verbeterd. Vooral de hoeveelheid calcium en kalium was in de eikenbladeren in de bosvakken die steenmeel hadden gekregen veel hoger dan op het controleperceel. De laatste gegevens uit deze proef dateren echter uit 2019, dus het is nog afwachten of deze trend zich voortzet.

Er veranderen dus wel degelijk dingen in het bos door het toedienen van steenmeel. We zien vooral gunstige effecten in de bladchemie en eerste signalen dat er verbeteringen optreden in het wortelstelsel van de bomen. Een structurele verschuiving van buffering met aluminium naar een buffering met kationen is nog niet bewerkstelligd. Op dit moment lijkt steenmeel een hoopvol product, maar is het nog te vroeg om te garanderen dat het gebruik ervan zonder risico is en het beoogde effect oplevert. De urgentie voor herstelmaatregelen is echter zo groot, dat we niet moeten wachten tot alle details over de werking van steenmeel precies zijn uitgezocht. Het is wel zaak daarbij zorgvuldig te werk te gaan.

## Beslisboom revitalisering bos Leon van den Berg (Bosgroepen)

De Bosgroepen werken aan een beslisboom voor de revitalisering van bos. Dit is een open document dat op basis van onderzoek en praktijkervaring steeds zal worden bijgesteld. Eén van de maatregelen in de beslisboom is 'aanbrengen van bufferende stoffen', oftewel het toedienen van steenmeel.

Voordat een beheerder overgaat tot het toedienen van steenmeel, moet hij of zij eerst de noodzaak hiervan vaststellen. Vaak blijkt uit een achteruitgang van soorten of het ontbreken van kenmerkende doelsoorten dat er sprake is van verzuring. Het verdient de voorkeur om eerst te kijken of het natuurlijke bufferingsmechanisme kan worden verbeterd. Als het gebufferde grondwater normaalgesproken tot in de wortelzone komt, is hydrologisch herstel de meest logische optie. Wanneer blijkt dat het bufferend vermogen van de bodem niet op natuurlijke wijze hersteld kan worden, kan steenmeel overwogen worden.

De eerste stap naar een uitvoeringsplan is een gebiedsanalyse. Daarbij wordt eerst gekeken waar de hoogste biodiversiteit zit met de meeste doelsoorten en aandachtsoorten. Deze plekken verdienen extra aandacht en mogelijk specifieke soortgerichte maatregelen. Plekken waar plantensoorten van meer gebufferde bodems recent zijn verdwenen indiceren mogelijk het knelpunt verzuring en verdienen de aandacht. Daarnaast zijn gegevens over de vitaliteit van de vegetatie behulpzaam. Is er sprake van eikensterfte? Hoe zit het met de bladchemie van eik, beuk, grove

den en struikheide? Vervolgens kan de beheerder vanachter zijn of haar bureau het bodemtype, de grondwatertrap, de hoogtekaart en het historische landgebruik vaststellen. Voormalige landbouwgrond is waarschijnlijk in het verleden bekalkt, waardoor steenmeel nu niet nodig is. Boorprofielen kunnen de bureaustudie onderbouwen.

Op basis van de gebiedsanalyse kunnen bepaalde habitats worden uitgesloten. Er is nog veel onduidelijkheid over de mogelijke negatieve gevolgen van steenmeel. We weten bijvoorbeeld nog niet of het op zeer arme en schrale bodems leidt tot een gebrek aan fosfor. Calcium kan fosfor namelijk binden, waardoor het niet meer beschikbaar is voor de vegetatie. Ook weten we niet wat het effect van steenmeel is op zeer organisch rijke bodems. Misschien breekt het waardevolle veenrestanten of oude H horizonten wel af. Bij zeer schraal dynamisch stuifzand, veen, zuur ven of waardevolle oude organische lagen is terughoudendheid dan ook geboden. Men doet er goed aan om eventuele kleinschalige experimentele steenmeeladdities in deze typen zeer nauwgezet te monitoren.

Uit de bureaustudie en veldscan volgen de locaties voor een chemische analyse. Neem hiervoor een gedegen onderzoeksbureau in de arm. Deze analyseert de bodemchemie van de bovenste 30 cm, maar kijkt op bepaalde plekken ook dieper. Als blijkt dat het moedermateriaal rijk is, kan men overwegen om rijkstrooiselsoorten aan te planten in plaats van steenmeel toe te passen. Uit de chemische analyse komt de pH van de bodem, de basenverzadiging en Cation Exchange Capacity plus de bulkdichtheid van de bodem. Eventueel kunnen ook de hoeveelheid stikstof, fosfor, aluminium, ijzer en organische stof worden gemeten.

Voor een grote biodiversiteit op landschapsschaal is het belangrijk om niet het hele gebied te bestemen. Als grenswaarde kan 10 tot 15% van het totale oppervlakte worden gehanteerd. Kies daarbij voor de no-regret locaties die het meest verzuurd zijn. De gewenste pH van een droog bos ligt rond de 4. Bij een basenverzadiging van 25% komt de bodem uit de gevarenzone wat betreft aluminiumvergiftiging, maar een basenverzadiging van 40% is optimaal. Op basis van het verschil tussen deze gewenste waarden en de huidige situatie kan berekend worden hoeveel steenmeel er nodig is.

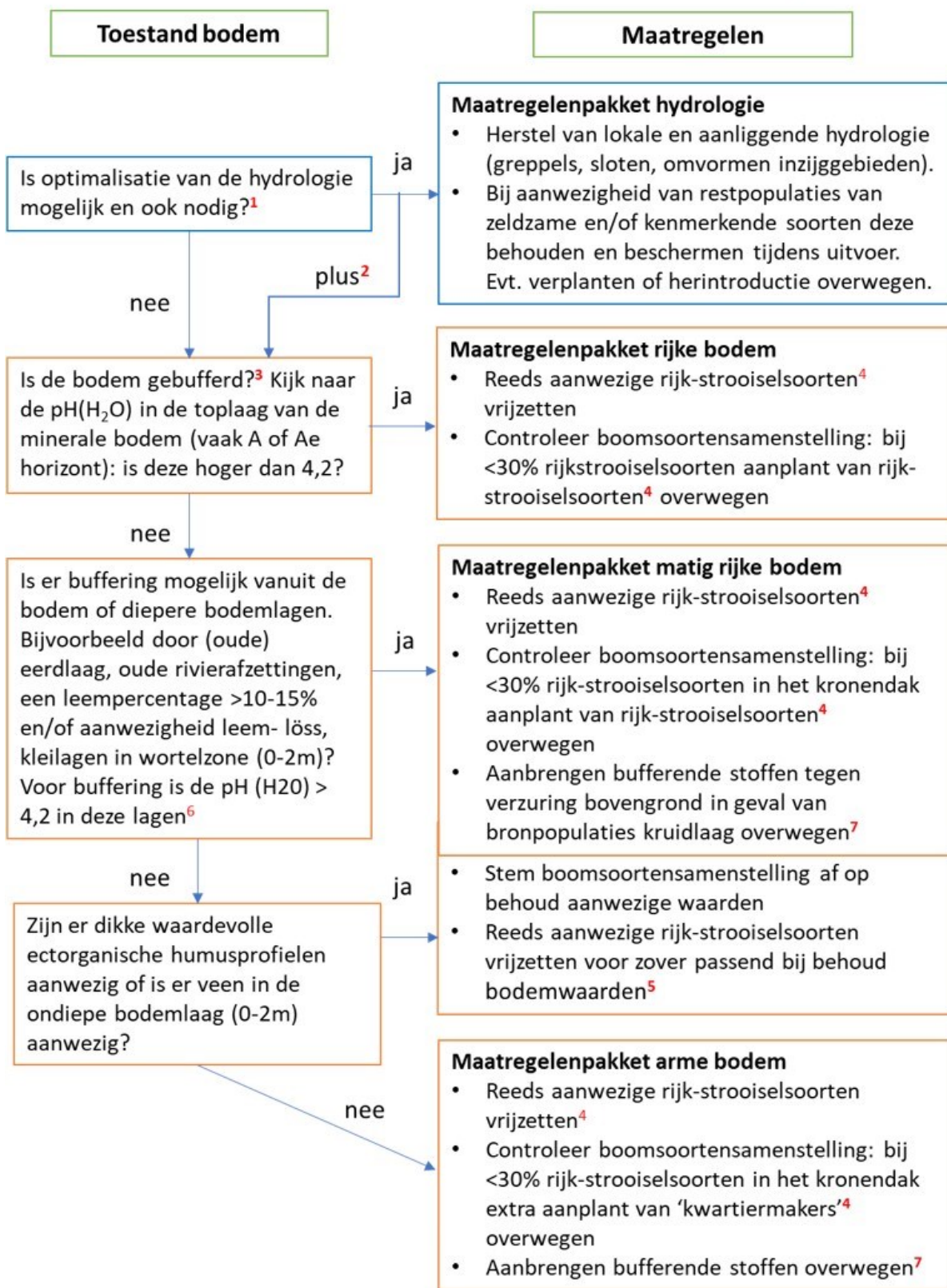
#### Wat is een gewenste pH en basenverzadiging?

Eiken-berken bos	pH ~ 4.0 en BV = 25%
Dennenbos	pH ~ 4.0 en BV = 25%
Beukenbos	pH ~ 4.0 en BV = 25%
Droge heide	pH ~ 4.5 en BV = 25%
Vochtige heide	pH ~ 4.5 en BV = 25%
Heischraal grasland	pH ≥ 4.5 en BV = 30%

Verschillende soorten steenmeel hebben verschillende eigenschappen. Soilfeed is relatief K rijk, Eifelgold is relatief P rijk en Vulkamin is relatief K en Mg rijk. Eifelgold en Vulkamin zijn beide stoffen die speciaal gemijnd worden. Soilfeed is een reststroom. Er zijn ook verschillende technieken voor de verspreiding van steenmeel. Handmatige verspreiding is zwaar en stoffig werk, waardoor het alleen geschikt is voor kleinschalige en experimentele situaties. Verspreiding met een blazer geeft een wisselend resultaat, omdat het onnauwkeurig is. De vraag is echter of dit erg is, willen we niet wat variatie in onze natuur? Toediening met een trekker met pendel- of centrifugaalstrooier is accurater, maar brengt veel rijbewegingen met zich mee. De Bosgroepen maken veel gebruik van een helikopter met strooibak. Dit werkt zeer snel en efficiënt, maar vraagt wel om een goede logistieke planning.



# Beslisboom Bosbodem-Revitalisering



**Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)**

Princenhof Park 7  
3972 NG Driebergen  
info@vbne.nl  
www.vbne.nl



**Veldwerkplaatsen**  
www.veldwerkplaatsen.nl

