

# Herstelstrategie H61 30: Zinkweiden

Adams, A.S., E.C.H.E.T. Lucassen, R. Bobbink & N.A.C. Smits

## *Leeswijzer*

Dit document start met de kenschets uit het profieldocument (paragraaf 1) en geeft daarna een overzicht van de ecologische randvoorwaarden van het habitatype (paragraaf 2). Vervolgens wordt ingegaan op de effecten van atmosferische stikstofdepositie op het habitatype (paragraaf 3) en op andere processen die de kwaliteit beïnvloeden (paragraaf 4). Vervolgens komen in paragraaf 5 en 6 maatregelen aan bod om de achteruitgang te stoppen, dan wel de kwaliteit te verbeteren. Deze maatregelen dienen in aanvulling op het reguliere beheer (paragraaf 2) te worden uitgevoerd. In paragraaf 7 worden maatregelen voor uitbreiding besproken en in paragraaf 8 komt de effectiviteit en duurzaamheid van de maatregelen aan bod. In paragraaf 9 worden de maatregelen in een overzichtstabel samengevat en het document wordt afgesloten met literatuurreferenties in paragraaf 10.

## 1. Kenschets

De tekst in onderstaand kader betreft de kenschets van het profielendocument van het habitatype.

Zinkweiden komen voor op plekken waar zink in toxische concentraties voorkomt. Deze vegetaties zijn betrekkelijk soortenarme graslanden met een min of meer gesloten vegetatie. Ze komen voor op droge, kalkarme en niet te voedselrijke bodems en hebben een flora met diverse plantensoorten die zijn aangepast aan de uitzonderlijke standplaatsomstandigheden (zink!).

In Nederland komt zinkvegetatie alleen voor in de overstromingsvlakte (vooral de meer zandige delen) langs de Geul in Zuid-Limburg. Hier is in het verleden zinkhoudend sediment afgezet, afkomstig van zink- en loodmijnen in België. Op wereldschaal zijn vegetaties die aangepast zijn aan relatief hoge concentraties van zware metalen buitengewoon zeldzaam. De beschikbaarheid van zink voor de plantengroei is mede afhankelijk van de zuurgraad van de bodem. In het Geuldal, met betrekkelijk lage zinkgehalten in de bodem, komen zinkvegetaties alleen nog voor op standplaatsen met een pH-H<sub>2</sub>O van rond de 5,6. Waar het zinkgehalte van de bodem hoger is kunnen zinkweiden echter ook voorkomen bij een hogere pH.<sup>1</sup>

Het habitatype wordt in het Geuldal vertegenwoordigd door een zinkvorm van de gemeenschap van schapengras en tijm, een gemeenschap die op wat drogere, goed ontwaterde gronden voorkomt.

Dit habitatype behoort niet tot leefgebied van soorten van Vogel- en Habitatrichtlijn waarvan de stikstofgevoeligheid (mogelijk) relevant is voor het leefgebied van de soort. Voor dit habitatype worden verder geen typische diersoorten onderscheiden.

---

<sup>1</sup> Dit is een letterlijk citaat uit het profielendocument, voor een correcte weergave over het voorkomen bij zuurgraad en voedselrijkdom in relatie tot zinkgehalte zie paragraaf 2.1. Zuurgraad van dit document.

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitatype en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument

([http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel\\_habitatype\\_6130.pdf](http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_6130.pdf)).

## 2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de ecologische randvoorwaarden wordt volledig uitgegaan van de omstandigheden van de Associatie van Schapegras en Tijn; subass. met Zinkviooltje en Tengere veldmuur (14Bb01C; Schaminée et al. 1996).

### 2.1 Zuurgraad

Het habitatype komt in Nederland nog zeer marginaal voor, zodat algemene waarden lastig te geven zijn. Het grasland langs de Geul dat nog aan de definitie van het habitatype voldoet is zwak zuur (pH(H<sub>2</sub>O) 5,1–5,6) (Van de Riet et al. 2005). Bobbink et al. (2011) meten een pH(NaCl) van 4,9–5,3. In het Geuldal is het habitatype onder andere achteruitgegaan door bemesting en door bekalking omdat dit leidt tot afname van het voor de plant beschikbare zink. Bij hogere zinkgehalten kan het habitatype ook voorkomen op meer neutrale standplaatsen, maar bij een pH(H<sub>2</sub>O) hoger dan 6,5 zullen de vegetaties niet goed ontwikkeld zijn. Dit komt omdat de bodems in het Geuldal doorgaans zeer rijk zijn aan ijzer (300–400 µmol/g droge bodem). Hierdoor speelt de adsorptie van zink aan ijzerhydroxiden, naast vorming van zinkcarbonaat, een belangrijke rol in de zinkbeschikbaarheid van de bodem. De binding van zink aan ijzerhydroxiden is pH afhankelijk en neemt toe met een hogere pH (Van de Riet et al. 2005). Bij een pH(H<sub>2</sub>O) van 7,0 is al bijna al het zink in de bodem gebonden en daardoor veel minder beschikbaar. Ook een pH(H<sub>2</sub>O) onder 4,5 levert geen goed ontwikkelde vegetaties op. Een pH(H<sub>2</sub>O) van 5,0–6,0 is daarom waarschijnlijk ideaal (Runhaar et al. 2009; Bobbink et al. 2011).

### 2.2 Voedselrijkdom

Zinkflora heeft zijn optimum op de storthopen van ertsafval. Naast zeer hoge zinkconcentraties worden de omstandigheden gekenmerkt door een lage nutriënten en water beschikbaarheid (Van de Riet et al. 2005). De standplaats van de zinkweide wordt dan ook gekarakteriseerd als licht tot matig voedselrijk (Runhaar et al. 2009). In voedselrijkere situatie komt het enkel onder zodanig sterk vergraste condities voor dat de vegetatie niet meer tot het habitatype behoort.

### 2.3 Vochttoestand

Zinkgraslanden groeien op matig droge standplaatsen, dat wil zeggen dat de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand lager is dan 40 cm onder maaiveld met 14 tot maximaal 32 dagen droogtestress (Runhaar et al. 2009).

### 2.4 Landschapsecologische processen

De Nederlandse zinkvegetaties zijn zogenaamde tertiaire vegetaties, die zich ontwikkeld hebben op locaties die indirect, via het water of via de lucht, vervuild zijn geraakt met metalen. Ze zijn

daarmee verschillend van die van ertsaders (primaire zinkvegetaties) en storthopen (secundaire zinkvegetaties) (Van der Ent 2007).

Zie ook de informatie uit de landschapsdoorsneden (Beekdalen, Deel III).

## 2.5 Regulier beheer

Regulier beheer van zinkgraslanden bestaat uit begrazen en/of hooien. Het beheer heeft als doel de graslanden te versralen en vervilting te voorkomen. Het huidige beheer van het zinkreservaat bestaat uit seizoensbegrazing met runderen. De grazers verplaatsen echter nutriënten vanuit de omringende voedselrijke graslanden richting het kleine terreindeel waar nog zinkflora voorkomt. Op locaties met koeienvlaaien en/of urinetoevoer gaat de zinkvegetatie zichtbaar achteruit en profiteert Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*). De begrazing heeft vervilting hier dan ook niet kunnen stoppen of voorkomen (Van de Riet et al. 2005, Bobbink et al. 2011). Daarnaast kan ook het gegeven dat grazers een voorkeur hebben voor kruidachtige planten boven grassen ten nadele werken voor de zinkvegetatie. De mierenbulten, waar de zinkflora goed kan kiemen, blijven bij begrazingsbeheer beter in stand dan bij (grootschalig) maaien ([www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)). Begrazing in zinkgraslanden is ingewikkeld, omdat het vee niet te lang in het zinkreservaat kan grazen vanwege de hoge zinkgehalten in de planten. Te veel zink in het dieet van de runderen kan uiteindelijk leiden tot een chronische zinkvergiftiging, welke gekenmerkt wordt door obstipatie en een daling van de melkgift (Van de Riet et al. 2005). De grens waarboven toxiciteit verwacht mag worden ligt bij melk- en vleeskoeien op 500 ppm, bij schapen op 1000 ppm (McDowell 1985). Echter ook als begrazing al jarenlang plaats vindt, treedt er toch vervilting van de vegetatie op, zoals te zien is in het zinkreservaat (Van de Riet et al. 2005).

Maaien en afvoeren is effectiever als reguliere maatregel dan begrazen, maar machinaal maaien is uitgesloten, omdat rekening zal moeten worden gehouden met eventueel aanwezige mierenbulten van de gele weidemier. Bovendien zal bij het afvoeren van het maaisel rekening moeten worden gehouden met verhoogde kosten vanwege de hoge zink- (en lood-) concentraties in het maaisel (Van de Riet et al. 2005). In geval van maaien moet gestreefd worden om dit te doen half juni/begin juli, wanneer de nutriëntenconcentraties in de biomassa het hoogst zijn en weinig plantmateriaal vergaan is (peak standing crop). Hoogproductieve graslanden moeten twee keer per jaar worden gemaaid (Van de Riet et al. 2005). Hoe dit precies in de praktijk kan werken, moet verder uitgezocht worden (kennislacune). Een probleem dat hierbij speelt is dat de zaden van de karakteristieke zinkflora rijpen tussen juni en september. Maaien op dit tijdstip betekent een verminderde zaadopbrengst.

## 3. Effecten van stikstofdepositie

De kritische depositiewaarde voor zinkweiden is vastgesteld op 1071 mol/ha/jaar (=15 kg/ha/jaar). Dit getal is gebaseerd op de modeluitkomst, passend binnen de empirische range (Van Dobben et al. 2012). De empirische range is vastgesteld op 10–15 kg/ha/jaar, en is afgeleid van 'Closed non-Mediterranean dry acid and neutral grassland (E1.7, expert judgement, Bobbink & Hettelingh 2011).

### 3.1 Verzuring

Verzuring als gevolg van verhoogde stikstofdepositie is niet relevant voor dit habitatype. Een lage zuurgraad is juist gunstig voor de Zn/Ca verhouding en daarmee de beschikbaarheid van zink voor de planten. Zie ook 4.1.

### 3.2 Vermesting

De landbouw is de voornaamste bron van eutrofiëring. Ook vormt het water van de Geul een bron van nutriënten, met name van fosfaat. Hoewel het nog niet wetenschappelijk aangetoond is, kan de atmosferische stikstofdepositie mede een oorzaak zijn van de waargenomen verruiging van de zinkvegetatie (Van de Riet et al. 2005).

### 3.3 Fauna

Er zijn geen typische diersoorten, waarvoor effecten van stikstofdepositie zijn te verwachten. Verder komen er geen soorten voor van de Vogel- of Habitatrichtlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied.

## 4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie beïnvloeden

### 4.1 Zink-beschikbaarheid

Essentieel voor het voorkomen van de zinkvegetaties is dat de zinkbeschikbaarheid voor de planten voldoende is. Als aan deze voorwaarde niet wordt voldaan is geen sprake van het habitatype zinkweiden. Op plekken met en zonder zinkflora binnen het reservaat zijn verschillen gevonden in buffercapaciteit, pH, vrij beschikbaar zink en Zn/Ca ratio in de bodem, terwijl de totale nutriëntenconcentraties (totaal N, P en K) hetzelfde zijn (Van de Riet et al. 2005). Terwijl normale planten een toxisch effect ervaren van zink, zijn sommige plantensoorten behorend tot de zinkvegetatie resistent en kunnen ze er juist een verhoogde behoefte aan hebben. Veldmetingen hebben aangetoond dat zinkflora in Nederland voorkomt bij zinkconcentraties in de bodem die hoger zijn dan 40  $\mu\text{mol/g}$  droge bodem. Echter, naast de hoeveelheid zink heeft vooral de Zn/Ca ratio in de bodem effect op de beschikbaarheid van zink en daarmee de vitaliteit van zinkplanten. Het is gebleken dat calcium de toxiciteit van zink op planten kan verminderen, waardoor niet-zinkplanten minder geremd worden in de groei en hun concurrentiepositie versterkt wordt. Zo wordt bouwland dat zware metalen bevat bekalkt om schade aan het gewas te voorkomen, doordat zo het toxisch effect op de planten verminderd wordt (Weissenhorn et al. 1995). Het bekalken zorgt enerzijds voor een verhoging van de pH. Door een afname van de hoeveelheid  $\text{H}^+$  kan meer  $\text{Zn}^{2+}$  worden geïmmobiliseerd (zie 2.1). Anderzijds is er een fysiologisch effect van  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{Mg}^{2+}$ -ionen op planten die groeien op metaalrijke bodem. Uit experimenteel onderzoek is gebleken dat beide ionen in staat zijn om de toxiciteit van zink te verminderen (Kinraide et al. 2004; Pedler et al. 2004). Andersom is aangetoond dat verlaging van de Zn/Ca ratio leidt tot verminderde zinkopname en verminderde biomassa in Zinkboerenkers en Zinkblaassilene (Van de Riet et al. 2005; Lucassen et al. 2010). De beschikbaarheid van zink is afhankelijk van de Zn/Ca-verhouding. Het 'dempende' effect van bekalking op de toxiciteit van zink voor normale graslandplanten is mogelijk een belangrijke factor in het evenwicht tussen het voorkomen van zinkplanten en andere graslandvegetaties. Door het wegvallen van de rem op de groei van hoog productieve grassen en kruiden en tegelijk

een verminderde zinkopname door zinkplanten, wat mogelijk leidt tot deficiëntie, wordt de competitie beslecht in het nadeel van de zinkflora. Voor het voorkomen van zinkweiden moet de Zn/Ca ratio (mol:mol) in de bodem hoger liggen dan 0,8 in combinatie met een totaal Zn-gehalte van minimaal 40 µmol/g droge bodem. Op locaties die vergrast zijn, is de zinkconcentratie en/of de Zn/Ca ratio lager. Ook het ontbreken van Zinkviooltjes in het zuidelijk deel van het reservaat is mogelijk gelegen in het feit dat de hoeveelheid vrij beschikbaar zink en de Zn/Ca ratio in de bodem lager zijn (Van de Riet et al. 2005).

Een uitgebreid bodemonderzoek uit 2006 in het zinkreservaat nabij Epen heeft aangetoond dat de zinkconcentratie in de toplaag van de bodem (0–10 cm) doorgaans rond de 60 µmol/g droge grond ligt, met uitschieters tot 100 µmol/g drooggewicht (Bobbink et al. 2011), terwijl in 1925 in de omgeving van Epen waarden werden gemeten van ca. 75 tot bijna 450 µmol/g (Kurris & Pagnier 1925). Binnen een klein gebied kunnen de zinkconcentraties in de bodem echter grote verschillen vertonen, wat de vergelijking tussen de vroegere en de huidige situatie bemoeilijkt (Van de Riet et al. 2005).

Jaarlijks worden grote hoeveelheden zink afgevoerd, maar daar staat tegenover dat er ook nog steeds nieuw zink wordt afgezet. Met het stoppen van de mijnbouwactiviteiten rond 1950 is ook de primaire bron ('point source') van zink verdwenen. De tegenwoordige aanvoer is afkomstig uit hersedimentatie van ouder materiaal uit bovenstrooms gebied en daarmee secundair en meer diffuus van aard ('line source'). Daarnaast stroomt de Geul tussen de oude mijnstorten van La Calamine en Plombières door, waardoor zinkrijk materiaal meegevoerd wordt naar Nederland. Dit laatste is echter van minder groot belang geworden, omdat sinds de '70-er jaren in België maatregelen getroffen zijn om de mijnstorten te egaliseren (Van de Riet et al. 2005).

De aanvoer van zink is kleiner dan de afvoer, waardoor het systeem steeds minder zink zal bevatten. De voorraad in de bodem is echter zodanig dat zink in de komende decennia nog wel in voldoende mate aanwezig zal zijn. Bovendien komt het, met zeer hoog water, aangevoerde zink voor het grootste deel op potentiële groeiplaatsen van de zinkflora terecht, nl. de stroomdalen, terwijl de efflux van zink voornamelijk een gevolg is van de erosie van de oevers en rivierbodem. Ook is er de afgelopen 80 jaar nauwelijks een afname te zien in de zinkconcentraties in het Geulwater (Van de Riet et al. 2005).

#### 4.2 Vermesting/fosfaatbeschikbaarheid

In goed ontwikkelde Schapengras-Tijm graslanden wordt 250 – 500 µmol P/kg droge bodem als referentiewaarde gemeten, met enkele uitschieters naar 700– 880 µmol/kg droge bodem. Het voorkomen van zinkgraslanden lijkt beperkt te zijn tot bodems met een fosfaatbeschikbaarheid van Olsen-P <1000 µmol/kg droge grond, of beter nog <500–600 µmol/kg droge grond (Lucassen et al. 2008; Bobbink et al. 2011). Met de, afhankelijk van hoeveelheid humus en de bodemtextuur, in meer of mindere mate beperkte waterbeschikbaarheid, levert dit een lage biomassa-productie op, afhankelijk van het successiestadium variërend van zeer weinig tot 600g/m<sup>2</sup> (Van de Riet et al. 2005).

In het zinkreservaat zijn zeer hoge gehalten Olsen-P gemeten (1650–3040 µmol P/kg droge bodem). Laboratoriumexperimenten hebben aangetoond dat grassen zowel bij een lage als een hoge zinkbeschikbaarheid kunnen profiteren van een verhoogde fosfaatbeschikbaarheid (Lucassen et al. 2010). Vooral hoogopgroeiende grassen als Rood zwenkgras (*Festuca rubra*) en Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) overheersen nu op plekken waar de zinkflora verdwenen is (Lucassen et al. 2009; Bobbink et al. 2011).

De hoge fosfaatbeschikbaarheid is hoogstwaarschijnlijk de oorzaak van de vervilting en verruiging van de zinkvegetatie in het reservaat, en daarmee van de waargenomen achteruitgang van de nog aanwezige zinksoorten (Zinkviooltje en Zinkboerenkers) in de laatste 20 jaar (Lucassen et al. 2009; Bobbink et al. 2011). De toename van voedingsstoffen in de bodem heeft er toe geleid dat snelgroeïende kruiden en grassen de zinkvegetatie zijn gaan domineren en de zinkplanten verdringen. Daarnaast beperkt vervilting de verjonging en daarmee uitbreiding van de populaties zinkplanten. Bovendien zijn de zinkconcentraties in de halfverwerende organische massa waarschijnlijk lager dan in het onderliggende substraat, waardoor ook minder zinktolerante soorten kunnen kiemen (Van de Riet et al. 2005).

De laatste resterende groeiplaats van het Zinkviooltje in ons land dankt zijn bestaan aan het vroegtijdig uit de pacht komen van dit stukje grasland. Reeds in de jaren '50 werd het beschermd, waardoor het (bijna) niet bemest is geweest. Alle overige graslanden in het Boven-Geuldal zijn in meer of mindere mate geëutrofiëerd. De landbouw is de voornaamste bron van eutrofiëring maar, hoewel niet wetenschappelijk aangetoond, de atmosferische stikstofdepositie kan mede een oorzaak zijn van verruiging van de zinkvegetatie.

Andere bronnen van nutriënten vormen het water van de Geul en het slibrijk materiaal dat bij hoog water wordt afgezet. Ten tijden van hoog water kunnen aanzienlijke hoeveelheden slibhoudend zand met een hoge fosfaatbeschikbaarheid aangevoerd kunnen worden met het Geulwater. Zo werd ten tijde van het hoog water in januari 2011 een aanzienlijk oppervlakte aan grasland (circa) bedekt door een 20–50 cm dikke zandlaag met een voor de zinkflora ongunstige fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P: 970 µmol/kg; Lucassen, niet gepubl.). Door belasting met eutrofiërende stoffen vanuit grondwater, riooloverstorten en lozingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties is de chemische samenstelling niet optimaal voor de zinkflora (Van de Riet et al. 2005).

#### 4.3 Beschaduwning door populieren

Beschaduwning door populieren is een probleem. Enerzijds zijn zinkplanten lichtminnende soorten die in de schaduw niet goed gedijen (Van de Riet et al. 2005), anderzijds blijken de populieren door bladval een belangrijke bron te vormen voor fosfaatverrijking (Lucassen et al. 2009). Het kappen van enkele van de populieren heeft nog geen verbetering van de zinkvegetaties opgeleverd in de niet ontgronde terreindelen, omdat de bodem hier nog steeds te rijk is aan fosfaat. De populieren direct langs de Geul worden uit cultuurhistorisch oogpunt niet gekapt door de beheerders (Bobbink et al. 2011).

#### 4.4 Gele weidemier

De Gele weidemier bedekt de bestaande vegetatie onder een laagje bodem. Hierdoor ontstaat een stukje kale grond en daardoor worden nieuwe vestigingsmogelijkheden gecreëerd voor plantensoorten. Ook ontstaat geleidelijk microreliëf met variatie in microklimaat dat de vestigingskansen vergroot. In de zinkvegetatie speelt deze sedimentaanvoer wellicht een zeer belangrijke rol bij de vestiging van zinkplanten, omdat dit ideale, zinkrijke en wellicht fosfaatarmere grond is waarin deze planten dan wortelen. Dat leidt tot een groot verschil met de omliggende vegetatie in het zinkreservaat, welke vervilt is en waar voor kiemplanten van zinkplanten dus weinig open plekken zijn (Van de Riet et al. 2005). Voor de relatie tussen het voorkomen van plantensoorten en mierenbulten zie onder andere King (1977).

#### 4.5 Afkalven oevers

De laatste groeiplaats van zinkvegetaties in het zogenaamde zinkreservaat is een terrein op de bovenrand van een buitenbocht van de vrij meanderende Geul. Met de huidige snelheid van afkalving zal als gevolg van die meandering binnen enkele decennia de populatie Zinkviooltjes op de meest Noordelijke meander in de rivier verdwijnen (Van de Riet et al. 2005).

#### 4.6 Ontoereikend regulier beheer

Het huidige beheer in het zinkreservaat bestaat uit seizoensbegrazing met runderen. Deze begrazing heeft de vervilting niet kunnen stoppen of voorkomen. Het is niet bekend of intensivering van de begrazing gunstig zal uitpakken, maar de hoge fosfaatgehalten in de bodem maken dat niet waarschijnlijk (Van de Riet et al. 2005, Bobbink et al. 2011b). Vooral vanwege de aanvoer van voedingsstoffen via de mest van de dieren blijkt begrazing dus niet geschikt als regulier beheer. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 5 of 6 behandeld.

## 5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

De navolgende maatregelen zijn ontleend aan Van de Riet et al. (2005), Lucassen et al. (2008, 2009) en Bobbink et al. (2011).

### 5.1 Zinkbeschikbaarheid vergroten

Essentieel voor het voorkomen van de zinkvegetaties is dat de zinkbeschikbaarheid voor de planten voldoende is. De beschikbaarheid van zink is afhankelijk van de Zn/Ca-verhouding, die weer afhankelijk is van de pH in de bodem (zie 4.1). De zinkbeschikbaarheid is de belangrijkste voorwaarde voor het voorkomen van zinkgraslanden, maar er zijn nog geen effectieve maatregelen bekend om de zinkbeschikbaarheid te vergroten. Hieronder volgen een aantal mogelijkheden die momenteel onderzocht worden.

#### 5.1.1 Kunstmatig verzuren – hypothese

Het Geulslib bevat tegenwoordig geen vers potentieel verzurend pyriet meer, zodat natuurlijke verzuring na overstroming niet meer plaats vindt (Lucassen et al. 2009). Door kunstmatig verzuren van Zn-rijke bodem zal de Zn/Ca ratio in de bodem toenemen doordat het kalk in eerste instantie oplost en uitspoelt. Een Zn/Ca ratio hoger dan 0,8 maakt groei van zinkflora mogelijk. Kunstmatige verzuring van relatief zwakgebufferde en zinkrijke bodems zou daarom een optie kunnen zijn als herstelmaatregel voor de zinkflora (Van de Riet et al. 2005). Uit laboratoriumproeven blijkt dat behandeling met FeS geschikter zou zijn dan behandeling met HCl en FeSO<sub>4</sub>, omdat verzuring in dat geval geleidelijker optreedt en er tijdelijk geen extreem lage pH's ontwikkelen waardoor ook grote delen van het zink afgevoerd zouden worden. Over resultaten in het veld is nog niets bekend, omdat de proeflocatie die gebruikt is niet voldoende zink bevatte (Bobbink et al. 2011). Het is nog onbekend of dit al dan niet in combinatie met pluggen plaats moet vinden, maar dat is wel waarschijnlijk (**kennislacune**).

#### 5.1.2 Zinkerts opbrengen – hypothese

Indien het niet lukt de Zn/Ca ratio in de bodem boven 0,8 te krijgen, kan gedacht worden aan het opbrengen van zinkerts. Uit veldexperimenten blijkt dat toediening van zinkerts (uit België) leidt tot een verhoging van de totale hoeveelheid Zn in de bodem. Hierdoor neemt de hoeveelheid voor

planten beschikbaar Zn in de bodem dusdanig toe dat de biomassaontwikkeling van grassen sterk afneemt (gestreepte witbol) (Van de Riet et al. 2005). Uit onderzoek van Lucassen et al. (2009, 2010) blijkt dat aanbrengen van mijnafval op ontgronde delen in het zinkreservaat niet geleid heeft tot een extra stimulans van de zinkvegetatie. Dit bevestigt dat de zinkbeschikbaarheid in de bodem in het reservaat op dit moment nog steeds toereikend is. Op plaatsen waar niet voldoende zink beschikbaar is, zou het opbrengen van zinkerts wel een optie kunnen zijn. Dit zou dan moeten worden uitgevoerd in combinatie met plagen en het aanvoeren van plantmateriaal (zie ook 5.3). De Nederlandse wet hanteert echter het “stand–still principe” d.w.z. er mag geen bodem aangebracht worden met hogere gehalten aan metalen dan aanwezig in de bodem ter plekke. Dus deze maatregel is strikt genomen geen optie (tevens kennislacune).

### 5.1.3 Oppervlakkig frezen – niet succesvol

Uit veldexperimenten blijkt dat oppervlakkig frezen van nutriëntrijke bodem met een ongunstige Zn/Ca ratio leidt tot snelle herkolonisatie van de oorspronkelijke vegetatie. Indien de uitgangscodities in de bodem niet voldoen (Zn en Zn/Ca) zal frezen geen succesvolle herstelmaatregel voor de zinkflora zijn (Van de Riet et al. 2005). Dit geldt tevens voor het plaatselijk verwijderen van de verviltingslaag. In de gaten in het vegetatiedek treedt namelijk binnen zeer snelle tijd een massale groei op van metaalbestendige grassen. Dat heeft te maken met de zeer hoge gehalten aan fosfaat ([www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)). Omdat verwonding van de bodem wél een gunstig effect heeft op de kieming van zinkflora zou het bij goede uitgangscodities mogelijk een gunstig effect kunnen hebben, maar de ervaringen zijn wisselend (Van de Riet et al. 2005). Uit onderzoek in het zinkreservaat bleek dat een antiverviltingsmaatregel niet leidde tot stimulering van de groei van zinkflora door de hoge beschikbaarheid van fosfaat (Bobbink et al. 2011).

### 5.1.4 Opbrengen Geulsediment – niet succesvol

Het Geulsediment ter plekke is relatief rijk is aan Ca. Toevoegen van Geulsediment leidt daarom tot een verlaging van de Zn/Ca ratio in de bodem en is daarom ook geen succesvolle herstelmaatregel voor de zinkflora gebleken: bij uittesten trad binnen een jaar totale vergrassing op (Van de Riet et al. 2005). Ook de natuurlijke overstroming van de Geul in 2010 bleek niet gunstig voor de zinkflora. Analyses van het materiaal toont dat het afgezette zand sterk gebufferd is met een hoge concentratie aan calcium. Het zand bevat in het meest gunstigste geval nog maar net voldoende zink, dat bovendien nauwelijks beschikbaar komt. Naast een lage zinkbeschikbaarheid is het zand vaak dusdanig rijk aan fosfaat dat in het gunstigste geval enkel sterk vergraste zinkflora zal kunnen ontwikkelen. Naast een ongunstige chemische samenstelling hebben kweekproeven met het zand aangetoond dat het relatief veel kiemkrachtige zaden bevat van planten kenmerkend voor relatief voedselrijkere en gebufferde bodemcondities, terwijl het nagenoeg geen (kiemkrachtig) zaad bevat van de zinkvegetatie (Verbaarschot et al. 2011).

## 5.2 Extra maaien – niet succesvol/kennislacune

Verschraling van de graslanden is een tweede vereiste voor het behoud en de hervestiging van de zinkflora. Bovendien moet de vervilting van de vegetatie en bodem worden bestreden. Een optie voor verschralingsbeheer is maaien en afvoeren. Machinaal maaien is uitgesloten, omdat rekening zal moeten worden gehouden met eventueel aanwezige mierenbulten van de gele weidemier (Van de Riet et al. 2005). Uit een kleinschalig vijfjarig veldexperiment blijkt dat maai-beheer in de zomer in plaats van de reguliere begrazing op deze termijn nauwelijks leidt tot een grotere soortenrijkdom of toename van de zinkflora (Lucassen et al. 2009, Bobbink et al. 2011). Ook het verwijderen van de vegetatie plus vervilte bodemlaag leidt niet tot verbetering. De fosfaatgehalten



zijn dermate hoog dat het niet waarschijnlijk is dat door maaien op redelijke termijn voldoende P uit het systeem wordt verwijderd (Lucassen et al. 2010). Of eventueel twee maal per jaar maaien effectiever zou kunnen zijn, moet verder uitgezocht worden (**kennislacune**). Een risico hierbij is dat de zaadzetting van de zinkflora pas in september plaats vindt, dus er zal om de zinkflora zelf heen gemaaid moeten worden.

### 5.3 Plaggen met aanvoer plantmateriaal

Enkele onderzochte graslanden waar de zinkflora verdwenen is, hebben tot op een diepte van 50 cm een Zn/Ca ratio van circa 0.5. Plaggen op deze graslanden leidt dus niet tot voldoende verbetering van de bodemcondities (Zn/Ca ratio) en zal daarom waarschijnlijk geen succesvolle maatregel voor de uitbreiding van zinkflora zijn (Van de Riet et al. 2005; Lucassen et al. 2008; 2009). Vervolgonderzoek in het zinkreservaat heeft echter aangetoond dat verwijderen van de met fosfaat verrijkte bodemlaag (20 cm) op locaties met een voldoende hoge zinkbeschikbaarheid wel succesvol kan zijn. Plagproeven op relatief zinkrijke locaties – met een zinkgehalte van meer dan 40 µmol/gram droge bodem – laten zien dat dan binnen een jaar na het aanbrengen van zaden en kiemplantjes massaal kieming, vestiging, zaadvorming en uitbreiding optreedt. Groei van grassen vindt in die situatie nagenoeg niet plaats. Vijf jaar na uitvoer worden de proefvlakken nog steeds gedomineerd door zinkflora. Op deze termijn blijkt plaggen plus toevoer van plantenmateriaal met zaden dus een goede herstelmaatregel te zijn en zeker beter dan frezen, maaien of intensiever begrazen, in ieder geval indien voldoende zink beschikbaar is en voldoende fosfaat verwijderd wordt (Lucassen et al. 2009). Door de goede ontwikkeling van de zinkflora in de proefvlakken heeft de beheerder besloten het geplagde areaal uit te breiden tot enkele duizenden vierkante meters in 2008, waarbij ook maaisel is uitgelegd. Ook hier is de zinkflora zich goed tot zeer goed gaan ontwikkelen (Bobbink et al. 2011). Drie jaar na uitvoering kwamen de zinkplanten er nog massaal voor; de toekomst zal moeten uitwijzen of de zinkflora zich op die afgeplagde plekken ook op de langere termijn kan handhaven. Ook is het de moeite waard nog te onderzoeken of het verwijderen van de met fosfaat verrijkte bodem op locaties waar het zinkgehalte (iets) lager is dan 40 µmol/gram droge bodem toch niet zou kunnen leiden tot vestiging van planten van de zinkflora. Het afplaggen van de fosfaatverrijkte bodemlaag zal ook op zulke plekken de groeisnelheid van de grassen verminderen, maar het is de vraag hoe snel de zinkflora in dat geval achteruit gaat door zinkgebrek ([www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)).

Er moet wel opgemerkt worden dat plaggen een relatief kostbare maatregel is, omdat de grond vanwege het hoge zinkgehalte apart afgevoerd en verwerkt zal moeten worden (Van de Riet et al. 2005). Indien de geplagde bodem binnen het terrein zelf verwerkt kan worden (bv het opvullen van een geul) kunnen de kosten sterk gereduceerd worden. Daarnaast is het noodzakelijk dat plantenmateriaal met zaden aangevoerd wordt, omdat de zaden van de typische soorten slechts kort kiemkrachtig zijn en er dus geen hervestiging uit zaadbank mogelijk is. Bovendien zijn dispersie mogelijkheden van deze soorten beperkt, dispersie is slechts over korte afstand mogelijk (Klimkowska et al. 2011).

### 5.5 Overige maatregelen

- Voor het behoud van de restanten van de zinkflora is het noodzakelijk dat de zink- en de fosfaatbeschikbaarheid in het gebied niet nog ongunstiger worden. Dat betekent dat er niet alleen in de zinkweidereservaten, maar ook in de graslanden die daaromheen liggen geen bemesting en bekalking meer mag plaatsvinden. Alleen zo is toevoer van mest via grond- en oppervlaktewater te voorkomen ([www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)).

- Het kappen van bomen en bosschages langs de Geul op voor zinkflora geschikte of geschikt gemaakte plaatsen kan extra bijdragen aan het herstel van de zinkweiden. Dit levert minder beschaduwing op voor de lichtminnende zinkplanten en de fosfaatverrijking door bladval wordt beperkt (Van de Riet et al. 2005, Lucassen et al. 2009). Op plaatsen waar de bodem nog te rijk is aan fosfaat geeft het kappen van bomen weinig verbetering (Bobbink et al. 2011).
- Uit het oogpunt van de bescherming van de zinkflora dient verstoring van de koepelnesten van de Gele weidemier voorkomen te worden, omdat deze een belangrijke microhabitat zijn voor de zinkflora. Dit geldt in het bijzonder voor Zinkschapengras, van welke de enige vindplaatsen in Nederland koepelnesten in het reservaat waren (Van de Riet et al. 2005). Zo nu en dan treedt grootschalig roof van mierenbulten op in het zinkreservaat. Dit heeft te maken met het feit dat de eieren en poppen van weidemieren geliefd voer zijn voor huisdieren (o.a. vogels).
- Erosie van de oever waar het voorkomt beperken, dan wel door de oever vast te leggen, dan wel door het uitdiepen van een oude Geularm, zodat een deel van het water kan worden omgeleid (Van de Riet et al. 2005)

## 6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

Voor voortbestaan en uitbreiding van de zinkflora is het van belang dat de verschillende voorkomens langs de Geul (in Nederland én België) (beter) verbonden worden. De zaden zijn slechts kort kiemkrachtig, dus hervestiging uit de zaadbank komt niet voor. Bovendien hebben de zaden een beperkt dispersievermogen, waardoor dispersie slechts over korte afstand mogelijk is. De verbindingen kunnen verbeterd worden door uitbreiding van de zinkweides zelf en met 'stepping stones', bijvoorbeeld op zandige oeverwallen langs de Geul, mierennesten, walletjes onder prikkeldraad, etc. Afname van areaal en kwaliteit van de Belgische zinkflora gebieden zal ook negatieve effecten hebben op de Nederlandse gebieden. Grensoverschrijdende samenwerking en gecoördineerde acties met België zijn dan ook nodig (Klimkowska et al. 2011).

## 7. Maatregelen voor uitbreiding

Uitbreiding is alleen mogelijk op direct langs de Geul gelegen graslanden ten zuiden van Mechelen. In het verleden heeft het habitatype ook nooit noordelijker voorgekomen. Gezien de aanvoer van kalk uit zijbeekjes (Willems 2004) en de zinkconcentraties in de bodem is het niet zinvol om het habitatype verder noordelijk of verder van de Geul af te ontwikkelen. De kansen op uitbreiding nemen toe richting de Belgische grens. In een poging de zinkflora te laten hervestigen is het niet reëel om te verwachten dat het winterbed van de Geul weer gedomineerd kan worden door de zinkflora. De kans op hervestiging zal het grootst zijn wanneer kleinschalige diversiteit binnen de graslanden wordt versterkt: zandige oeverwallen langs de Geul, mierennesten, walletjes onder prikkeldraad enzovoorts (Van de Riet et al. 2005). Voor een overzicht van geschikte gebieden en noodzakelijke inrichtingsmaatregelen wordt verwezen naar Lucassen et al. (2009) en Bobbink et al. (2011).

## 8. Effectiviteit en duurzaamheid

Bij voldoende aanwezig zink in de bodem is het het belangrijkste dat het zink voor de plant beschikbaar is en dat de beschikbaarheid van voedingsstoffen (met name fosfaat) beperkt is. In deze situatie is plaggen een effectieve en duurzame maatregel voor het verschrallen van de bodem, mits plantmateriaal wordt aangevoerd ten behoeve van hervestiging van soorten. Beschikbaarheid van zink kan waarschijnlijk effectief verbeterd worden door kunstmatige verzuring.

Als de zinkvoorraad in de bodem niet voldoende is, is het toevoegen van zinkerts mogelijk een oplossing. In veel gevallen zal in deze terreinen ook (eerst) geplagd moeten worden om het overschot aan fosfaat af te voeren. In deze, ongetwijfeld verder van de laatste bronpopulaties gelegen, terreinen is aanvoer van plantmateriaal onvermijdelijk.

Maaien is noodzakelijk voor de instandhouding van het habitatype, maar voor herstel en verbetering van de kwaliteit en uitbreiding zijn deze maatregelen minder effectief.

Als het voortbestaan van specifieke locaties met het voorkomen van de zeldzame typische (zogenaamde “urgente”) soorten Zinkschapengras (*Festuca ovina* ssp. *gustphalica*) en Zinkviooltje (*Viola lutea* ssp. *calaminaria*) in hun voortbestaan bedreigd worden, kan het noodzakelijk zijn om aanvullend op de hierboven genoemde maatregelen specifieke maatregelen te treffen (Klimkowska et al. 2011).

## 9. Overzichtstabel

Deze overzichtstabel is bedoeld als ondersteuning bij de te nemen maatregelen uit paragraaf 5 en 6 en dient slechts samen met de tekst te worden toegepast.

maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Kunstmatig verzuren	H/U	Zink-beschikbaarheid vergroten	Groot	Voldoende zink aanwezig, maar niet beschikbaar voor plant; Icm plaggen? Kans op tijdelijk te zure omstandigheden in de toplaag van de bodem (shock-effect)	Op standplaats	eenmalig	Even geduld	H
Zinkerts opbrengen	H/U	Zink-beschikbaarheid vergroten	Groot	Mits onvoldoende zink aanwezig in bodem, uitvoeren icm plaggen + plantmateriaal aanvoeren; risico's: wetgeving en vervuiling met andere zware metalen	Op standplaats	eenmalig	Even geduld	H
Extra maaien + afvoeren	H	Verschralen/vervilting tegen gaan	Klein	Zaadzetting zinkflora mogelijk houden. Geen aantasting nestkoepels gele weidemier. Relatief hoge kosten maaisel ivm concentratie zware metalen.	Op standplaats	Zo lang als nodig	Lang	H
Plaggen	H/U	Verschralen/vervilting tegen gaan	Groot	Voldoende zink aanwezig, fosfaat is voornaamste probleem; kan plaatselijk te nat worden; bewezen op korte termijn; aanvoer plantmateriaal	Op standplaats	bepaalde duur	Direct	B (korte termijn)/H (lange termijn)
Stopzetten bemesting en	H/U	Verschralen/vervilting	Matig		Niet noodzakelijk	eenmalig	Lang	H

maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
bekalking in omliggende graslanden		tegen gaan						
Kappen bomen/boschages langs de Geul	H/U	Vermindering bladval + meer licht	Klein		Niet noodzakelijk	eenmalig	Even geduld	H
Bescherming koepelnesten Gele weidemier	H/U	Standplaats zinkflora in stand houden	Matig		Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Direct	B
Uitdiepen zijtak Geul	H/U	Afkalving oever Geul tegengaan	Klein		LESA	eenmalig	Even geduld	H

**Verklaring kolommen:**

**Maatregel:** soort maatregel, corresponderend met informatie uit paragraaf 5 en 6

**Type:** H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

**Doel:** beoogde effect van de maatregel (ten behoeve van behoud, herstel en/of uitbreiding)

**Potentiële effectiviteit:** klein/matig/groot. Effectiviteit van de maatregel (als regime) ten opzichte van andere maatregelen en gerelateerd aan het beoogde effect

**Randvoorwaarden / succesfactoren:** de belangrijkste randvoorwaarden en succesfactoren van de maatregel

**Vooronderzoek:** niet noodzakelijk, op standplaats (in het HT zelf of in de directe omgeving), LESA (LandschapsEcologische SysteemAnalyse: Van der Molen 2010).

**Herhaalbaarheid:** eenmalig (kan maar eenmalig worden uitgevoerd, bijv. dempen sloten); beperkte duur (bij intensivering gaan nadelen opwegen tegen voordelen) of zo lang als nodig (geen negatieve trade-off tussen intensiteit en effectiviteit. Kun je altijd mee doorgaan, geen negatieve gevolgen).

**Responstijd:** dit betreft het effect van de maatregel (regime): Direct (< 1 jr); Even geduld (1 tot 5 jr); Vertraagd (5 tot 10 jr); Lang (meer dan 10 jr).

**Mate van bewijs:**

B – Bewezen: de maatregel heeft onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) met zekerheid het in de tekst beschreven positieve effect als hij in de praktijk wordt uitgevoerd. In de regel zal dat onderbouwd moeten zijn met (OBN-)literatuur, maar het kan eventueel ook met (nog niet eerder gepubliceerde) goed gedocumenteerde waarnemingen en o.a. OBN handleidingen.

V – Vuistregel: de maatregel kan onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) in veel gevallen het in de tekst beschreven positieve effect hebben als hij in de praktijk wordt uitgevoerd, maar dat is niet zeker. Redenen voor de onzekerheid kunnen zijn dat uit monitoring is gebleken dat er ook (onverklaarde) mislukkingen zijn of dat de voorwaarden voor succesvol herstel nog niet goed bekend zijn.

H – Hypothese: door logisch nadenken is een maatregel geformuleerd die in de praktijk nog niet of nauwelijks is uitgetoetst, maar die in theorie effectief zou kunnen zijn. De aanleiding van de hypothese kan gelegen zijn in analogieën (de maatregel is een vuistregel of bewezen maatregel in een sterk verwant habitatype) of in processen waarvan we denken dat we ze goed begrijpen, maar die echter nog niet op praktijkschaal zijn getoetst.

## 11. Literatuur

- Bobbink, R., E.C.H.E.T. Lucassen, & J.G.M. Roelofs 2011, in prep. Onderzoek naar herstel en (her)ontwikkeling van zinkvegetaties – Eindrapport. OBN Rapport nr. 2011/OBN146–HE.
- Bobbink, R. & J.P. Hettelingh (eds) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose–response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23–25 June 2010. RIVM rapport 680359002, 244p.
- Graitson, E., G. San Martin & P. Goffart 2005. Intérêt et particularités des haldes calaminaires wallonnes pour l' entomofaune: le cas des Lépidoptères Rhopalocères et des Orthoptères. Notes Fauniques de Gembloux 57 : 49–57.
- King, T.J. 1977. The plant ecology of ant–hills in calcareous grasslands. I. Patterns of species in relation to ant–hills in southern England. *Journal of Ecology* 65: 235–256.
- Kinraide, T.B., J.F. Pedler & D.R. Parker 2004. Relative effectiveness of calcium and magnesium in the alleviation of rhizotoxicity in wheat induced by copper, zinc, aluminium, sodium, and low pH. *Plant and Soil* 259: 201–208.
- Klimkowska, A., H. Keizer–Vlek, M. Wallis de Vries, R.J. Bijlsma, A. Schotman & H. van Dobben, 2011, in prep. Urgente maatregelen tot behoud van bedreigde typische soorten en vegetatietypen van de Habitatrichtlijn. Alterra–rapport.
- Kurris, F. & J. Pagnier 1925. Botanisch–chemische waarnemingen over de zinkvegetatie van Epen. *Natuurhistorisch Maandblad*, 14: 86–89.
- Lock, K. & C. Janssen 2000: Dagvlinders op de zinkflora van 'La Calamine'. *Vlinders* 15: 21–23.
- Lucassen, E.C.H.E.T., J. Eygensteyn, A.J.P. Smolders, B.P. van de Riet, D.J.C. Kuijpers, R. Bobbink & J.G.M. Roelofs 2010. Causes for the decline of metallophytes in tertiary polluted floodplain grasslands: field investigations.
- Lucassen, E.C.H.E.T., J. Eygensteyn, R. Bobbink, B.P. van de Riet, A.J.P. Smolders, D.J.C. Kuijpers & J.G.M. Roelofs 2008. The decline of metallophyte vegetation in floodplain grasslands: implications for conservation and restoration. *Applied Vegetation Science* 12: 69–80.
- Lucassen, E.C.H.E.T., J.G.M. Roelofs & R. Bobbink 2009. Casus herstel en herontwikkeling van zinkvegetatie. *De Levende Natuur* 110: 116–117.
- McDowell, L.R. (ed.) 1985. *Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates*. Academic Press, Orlando, FA, USA.
- Pedler J.F., T.B. Kinraide & D.R. Parker 2004. Zinc rhizotoxicity in wheat and radish is alleviated by micromolar levels of magnesium and potassium in solution culture. *Plant and Soil* 259: 191–199.
- Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. KWR 09–018, 45 pp.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda 1996. *De Vegetatie van Nederland deel 3. Graslanden, zomen en droge heiden*. Opulus press, Uppsala/Leiden.
- Van de Riet, B.P., E.C.H.E.T. Lucassen, R. Bobbink, J.H. Willems & J.G.M. Roelofs 2005. Preadvies zinkflora. Ministerie van LNV, Directie Kennis, Ede.
- Van der Ent, A. 2007. Kansen voor herstel van zinkflora in het boven–Geuldal. *De Levende Natuur* 108: 14–19.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink, A. van Hinsberg & D. Bal 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Alterra–rapport, Wageningen.

- Verbaarschot, E., J. Roelofs, E. Brouwer & E. Lucassen 2011. Herstel van zinkflora in het Geuldal: nieuwe inzichten in relatie tot overstromingen. Vakblad Natuur Bos Landschap september 2011: 14-17.
- Weissenhorn, I., C. Leyval & J. Berthelin 1995. Bioavailability of heavy metals and abundance of arbuscular mycorrhiza in a soil polluted by atmospheric deposition from a smelter. *BiolFertil Soils* 19: 22-28.
- Willems, J.H. 2004. Hoe is het eigenlijk met onze zinkflora gesteld? *Natuurhistorisch Maandblad* 93: 21-25.
- [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl). Website Ontwikkeling + Beheer Natuurkwaliteit.