

Mies van Aar, Juul Limpens
& Jasper van Ruijven

De stad heeft natuur nodig, en natuur heeft de stad nodig. Groen in de stad is belangrijk voor het welzijn van bewoners en het dynamische karakter van de stad creëert nieuwe habitats voor (soms zeldzame) plant- en diersoorten. Braakliggende terreinen zijn misschien wel de plek bij uitstek waar de diversiteit en dynamiek van de stad ten goede komen aan de natuur. Deze terreinen kunnen een grote rijkdom aan zowel inheemse als exotische plantensoorten bevatten, niet alleen in vergelijking met andere groene ruimte in de stad, maar ook in vergelijking met natuurlijke gebieden buiten de stad (foto 1). De vraag is wat de drijvende krachten zijn achter de plantendiversiteit op deze terreinen.

Recent onderzoek naar plantendiversiteit op braakliggende terreinen in een aantal Europese steden laat zien dat een groot aantal factoren de plantendiversiteit kan beïnvloeden. Het gaat hierbij om factoren op terreinniveau, zoals bodemeigenschappen, verstoring, terreinleeftijd, terreingrootte en microklimaat, en factoren op landschapsniveau, zoals de hoeveelheid groen of bebouwing in de omgeving (Bonthoux et al., 2014; Godefroid et al., 2007). Of deze factoren ook voor de Nederlandse situatie van belang zijn, is nog niet eerder onderzocht. Om deze vraag te beantwoorden hebben we in de zomer van 2015 onderzoek gedaan naar de plantendiversiteit op braakliggende terreinen in Almere, Amsterdam en Nijmegen.

Zandige terreinen

Voor dit onderzoek hebben we tussen juli en september 2015 28 braakliggende terreinen onderzocht, 9 terreinen in Almere en Amsterdam en 10 in Nijmegen. De onderzochte terreinen waren allemaal onverhard, niet ingezaaid (voor zover na te gaan was), hadden een zandige bodem en werden niet intensief beheerd of gemaaid. We hebben enkel relatief jonge terreinen bezocht (1 tot 12 jaar), omdat uit eerdere onderzoeken is gebleken dat terreinen in jongere successiestadia een hogere biodiversiteit hebben



Drijvende krachten achter plantendiversiteit op braakliggende terreinen in Nederlandse steden

(Angold et al., 2006; Muratet et al., 2007; Schadek et al., 2009). Het merendeel van de bezochte terreinen in Almere was opgespoten, en het merendeel van de terreinen in Nijmegen en Amsterdam was vóór braaklegging bebouwd of geasfalteerd. Binnen elk terrein hebben we een aantal plots van 2 bij 2 meter uitgezet, waarbinnen we een vegetatieopname hebben gemaakt en data voor de terreinfactoren hebben verzameld. We hebben 17 omgevingsfactoren onderzocht, waaronder bodemfactoren (zoals organische stof en zuurgraad), leeftijd en grootte van het terrein, metingen van de hoeveelheid verstoring en verharding (zoals puin en stenen) en landschapsfactoren (zoals de hoeveelheid bebouwing en groene ruimte in de omgeving). De bodem van de terreinen had doorgaans een laag organische stofgehalte (0,8 tot 6,0%) en de terreinen varieerden in zuurgraad van zwak zuur tot basisch (pH: 5,9 - 8,5). De grootte van de terreinen varieerde van 0,05 tot 2,08 hectare. De verstoring op de terreinen bestond onder andere uit het rijden en lopen over terreinen; het percentage verstoord opper-

Foto 1. Biodiversiteit in de stad. Sint-Jansvliender (*Zygaena filipendulae*) op Akkerdistel (*Cirsium arvense*) op één van de onderzochte braakliggende terreinen vlak bij de RAI in Amsterdam. Net als veel van de onderzochte terreinen bevindt dit terrein zich in een dynamische omgeving; het gebouw op de achtergrond is in aanbouw (foto: Mies van Aar).

vlak varieerde tussen gemiddeld 3 en 85% per plot. Daarnaast is ook ingeschat welk percentage van een plot bedekt was door afval, stenen en puin, dit was 0% tot respectievelijk 4% (afval), 20% (stenen) en 34% (puin). De data van de vegetatieopnamen zijn gebruikt om de soortensamenstelling en de plantendiversiteit te analyseren. De indicator voor plantendiversiteit die in dit onderzoek gebruikt wordt is de diversiteitsindex 'evenness'. 'Evenness' is een maat voor de gelijkmatigheid in de verdeling van het aantal individuen over het aantal soorten. Bij een lage 'evenness' zijn enkele soorten dominant; dit levert minder diversiteit op dan bij een hoge 'evenness', waar geen van de soorten dominant is.

Soortensamenstelling

In de 147 onderzochte plots zijn in totaal 247 plantensoorten gevonden. Het aantal soorten per plot varieerde tussen 5 en 41, en het gemiddelde aantal soorten per plot was 18. De meeste gevonden soorten behoren tot de ruigtesoorten, en de gevonden gemeenschappen behoren tot de Klasse der Ruderaal gemeenschappen. De gevonden soorten zijn vooral soorten van droge ruderaal standplaatsen. Er is een aantal eenjarige pionierssoorten gevonden die doorgaans voorkomen in milieus die door gebrek aan natuurlijke dynamiek en verstoringen in veel Nederlandse natuurgebieden zeldzaam zijn, zoals Sierlijke vetmuur (*Sagina nodosa*), Rode ogentroost (*Odontites vernus* subsp. *Serotinus*) en alle drie soorten duizendguldenkruid die in Nederland voorkomen: Fraai duizendguldenkruid (*Centaurea pulchellum*), Echt duizendguldenkruid (*Centaurea erythraea*) en Strandduizendguldenkruid (*Centaurea littorale*). Deze pionierssoorten kwamen vooral voor in kalkrijke (basische), grote, relatief oude terreinen, met in een 500 m radius veel lage vegetatie en weinig bebouwing. Veel van de genoemde pionierssoorten kwamen ook voor in terreinen met relatief weinig organische stof, met uitzondering van Fraai en Echt duizendguldenkruid. Daarnaast zijn er ook veel typische stadssoorten gevonden, zoals Klein liefdegras (*Eragrostis minor*) en Bezemkruid (*Senecio inaequidens*). De laatste kwam in een derde van de plots voor en is gevonden onder uiteenlopende milieuomstandigheden. Ook is er een aantal soorten gevonden die aantrekkelijk zijn voor vlinders of bijen, zoals Vlinderstruik (*Buddleja davidii*) en Late guldenroede (*Solidago gigantea*). Vlinderstruik, een verwilderde exoot die

vaak ontsnapt is uit tuinen, is alleen gevonden in Nijmegen, op jonge, kleine terreinen, met een relatief laag organisch stofgehalte en in de omgeving (500 m radius) relatief veel bebouwing en weinig lage vegetatie. Late guldenroede is in alle drie steden gevonden, op terreinen met gemiddelde zuurgraad en organische stofgehalten.

SOORTENSAMENSTELLING VERSCHILT PER STAD

De soortensamenstelling in Almere is heel anders dan de soortensamenstelling in Nijmegen (fig. 1). De soortensamenstelling in Amsterdam heeft overeenkomsten met beide steden en vertoont relatief veel variatie. In Amsterdam en Almere zijn veel soorten van kalkrijke milieus (waaronder duingraslanden) gevonden, zoals Wondklaver (*Anthyllis vulneraria*), Sierlijke vetmuur, Strandduizendguldenkruid en Luzerne (*Medicago sativa*). Daarnaast zijn er in Amsterdam ook soorten van vochtigere ruderaal standplaatsen gevonden, zoals Harig wilgenroosje (*Epilobium hirsutum*), Gewone smeerwortel (*Symphytum officinale*), Blaartrekkende boterbloem (*Ranunculus sceleratus*), Moeraskers (*Rorippa palustris*) en Rode ganzenvoet (*Chenopodium rubrum*). De soorten die in Nijmegen zijn gevonden zijn doorgaans van zuurdere milieus dan de soorten in de andere twee steden. Zo komt in Nijmegen bijvoorbeeld Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*) veel voor, terwijl in Amsterdam en Almere Fioringras (*Agrostis stolonifera*) vaker te vinden is. In Nijmegen is daarnaast een aantal soorten die veel in het

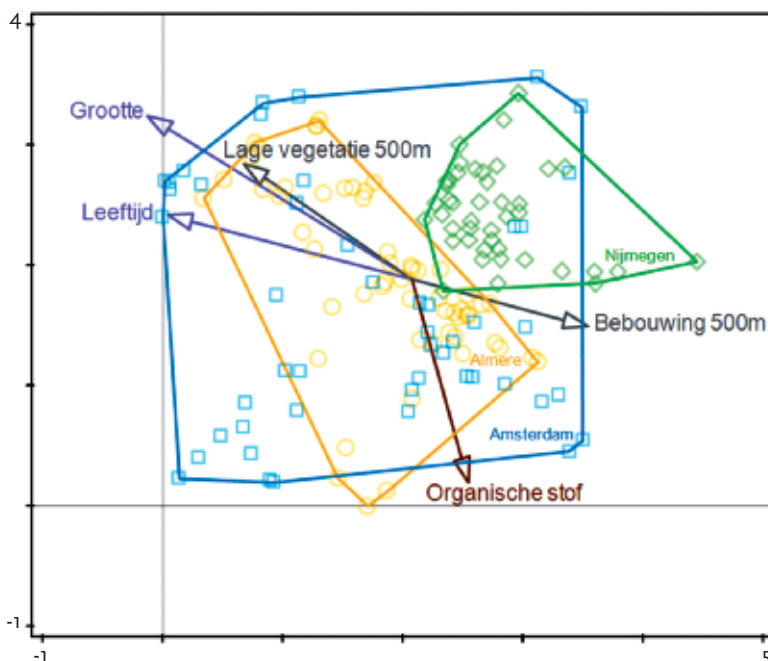
rivierengebied voorkomen gevonden, zoals Grijskruid (*Berteroa incana*), Kleine pimperl (*Sanguisorba minor*), Kaal breukkruid (*Hernaria glabra*) en Doornappel (*Datura stramonium*).

De terreinen in Nijmegen waren over het algemeen kleiner en jonger dan de terreinen in Almere en Amsterdam, de bodem was iets zuurder (gemiddeld pH 7,6 in Nijmegen versus 8,0 in Almere en Amsterdam) en bevatte minder organische stof in Nijmegen (2,3%) dan in Almere en Amsterdam (2,9%). De soortensamenstelling in de steden in het algemeen werd vooral beïnvloed door de leeftijd en grootte van het terrein, en het percentage lage vegetatie en bebouwing in een straal van 500 m (fig. 1). Ondanks de verschillen in soortensamenstelling lijkt de invloed van de omgevingsfactoren consistent voor de steden.

HERKOMST SOORTEN

Er zijn drie grote groepen te onderscheiden in de gevonden soorten. De typische stadssoorten hebben zich waarschijnlijk vanuit de directe omgeving, bijvoorbeeld uit tuinen, parken en bermen, naar de onderzochte terreinen verspreid. De windverspreiders, onder andere grassen en composieten, zoals Paardenbloem (*Taraxacum officinale*), Kleine leeuwentand (*Leontodon saxatilis*) en Bijvoet (*Artemisia vulgaris*), kunnen van een zaadbron op wat grotere afstand afkomstig zijn. De 'omgevingssoorten' zijn soorten die in het landschap rondom de stad voorkomen; in Amsterdam en Almere soorten van duingraslanden en in Nijmegen van riviergraslanden. Deze soorten hebben

Fig. 1. Ordinatiediagram gebaseerd op 'Detrended Correspondence Analysis' (DCA) van de soortensamenstelling. Weergegeven zijn de plots per stad (in blauw voor Amsterdam, geel voor Almere en groen voor Nijmegen). De omgevingsfactoren met de grootste invloed op de soortensamenstelling, gebaseerd op de data van alle drie steden, zijn weergegeven als pijlen; hiervoor geldt hoe langer de pijl hoe groter de invloed van de factor. De richting van de pijl wijst in de richting van de hoogste waarde van de betreffende omgevingsfactor en de laagste waarde voor deze factor ligt in de tegenovergestelde richting van de pijl. Plots die dicht bij het uiteinde van een pijl liggen hebben dus een hoge waarde voor die omgevingsfactor en plots die in tegenovergestelde richting liggen hebben een lage waarde voor deze factor. De pijl voor organische stof is weergegeven in bruin, leeftijd en grootte zijn weergegeven in paars en bebouwing en lage vegetatie in een 500 m radius zijn weergegeven in grijs.



zich waarschijnlijk vanuit de bredere omgeving naar deze terreinen verbreed, of komen uit de zaadbank die zich bevindt in grond die gebruikt is om deze terreinen bijvoorbeeld op te spuiten of op te hogen, of die op de terreinen is gestort.

Plantendiversiteit

De omgevingsfactoren die een significant effect hadden op de plantendiversiteit ('linear mixed models' met stad als random factor, $p < 0,05$), verschilden van de omgevingsfactoren die de soortensamenstelling beïnvloeden. Uit de analyse blijkt dat geen van de omgevingsfactoren een significant effect heeft op het soortenaantal. De variatie in soortenaantal tussen de verschillende terreinen kan met de huidige data dus niet verklaard worden door de variatie in de gemeten omgevingsfactoren. Er zijn van een aantal factoren wel significante effecten gevonden op 'evenness'. De bodemfactoren organische stofgehalte (negatief effect) en pH (positief effect) verklaren het beste de variatie in plantendiversiteit (uitgedrukt in 'evenness'). Op terreinen met lage organische stofgehaltes en hoge pH is dus een gelijkmatigere verdeling van individuen over de soorten – hogere diversiteit – gevonden dan op terreinen met hoge organische stofgehaltes en lage pH (fig. 2). Verstoring, afval en puin verklaren ook een deel van de variatie in diversiteit en hebben allemaal een positief effect: terreinen met meer verstoring, afval en/of puin zijn diverser. Leef-tijd heeft een negatief effect op de 'evenness' wanneer naar terreinen met vergelijkbare organische stofgehaltes wordt gekeken. Binnen een groep terreinen met vergelijkbare organische stofgehaltes zijn de jongere terreinen dus diverser dan de oudere (max. 12 jaar) terreinen.

Conclusie en aanbevelingen voor beheer

We concluderen dat de diversiteit het hoogste is in terreinen in vroege successiestadia: terreinen met lage organische stofgehaltes en/of jonge terreinen, waarin verstoringen, puin en/of afval aanwezig zijn (foto 2a & 2b). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat terreinen in vroege successiestadia vaak open vegetatie bevatten, waarin het voor planten gemakkelijker is zich te vestigen en waarin concurrentie nog niet zo'n belangrijke factor is. Daarom is in deze terreinen (nog) geen van de soorten dominant, wat leidt tot een hoge 'evenness'. Verstoringen dragen hier waarschijnlijk aan bij door, ook in vegeta-

ties waar wel al enkele soorten dominant zijn, ruimte open te maken voor andere soorten. Voor het beheer van braakliggende terreinen in de stad wordt de huidige praktijk van het bijmengen van slib met hoge organische stofgehaltes afgeraden. De aanwezigheid van puin kan daarentegen de diversiteit aan plantensoorten op braakliggende terreinen verhogen, net als verstoringen zoals tijdelijke opslag van materiaal of lopen of rijden over het terrein. Het gaat hierbij om lichte verstoringen, dus zonder de vegetatie geheel te verwijderen of grote stukken kale bodem te veroorzaken. Dit soort zwaardere verstoringen zijn in dit onderzoek niet meegenomen, maar zijn in feite een 'reset' van het successieproces en dus van de terreinleeftijd. Omdat de diversiteit het hoogst is in jonge terreinen en in terreinen met lage organische stofgehaltes, is de korte levensduur (enkele jaren) of het 'resetten' (kaalslaan) eens in de paar jaar van deze terreinen niet schadelijk en wellicht zelfs gunstig voor de diversiteit op braakliggende terreinen in de stad als geheel, mits er voor elk verdwenen terrein elders weer een nieuw (en bij voorkeur zandig) terrein bijkomt.

De soortensamenstelling verschilt tussen de onderzochte steden: het blijkt dat voor de identiteit van de soorten in een stad de soorten die in de omgeving voorkomen belangrijk zijn. De plantendiversiteit ('evenness') wordt echter vooral door bodemfactoren, zoals pH en organische stof, bepaald en de effecten van deze omgevingsfactoren op de plantendiversiteit gelden voor alle drie steden. De conclusies en aanbevelingen voor beheer uit dit onderzoek kunnen daarom geëxtrapoleerd worden naar steden die vergelijkbaar zijn met de onderzochte steden. Dit geldt voor het merendeel van de Nederlandse steden.

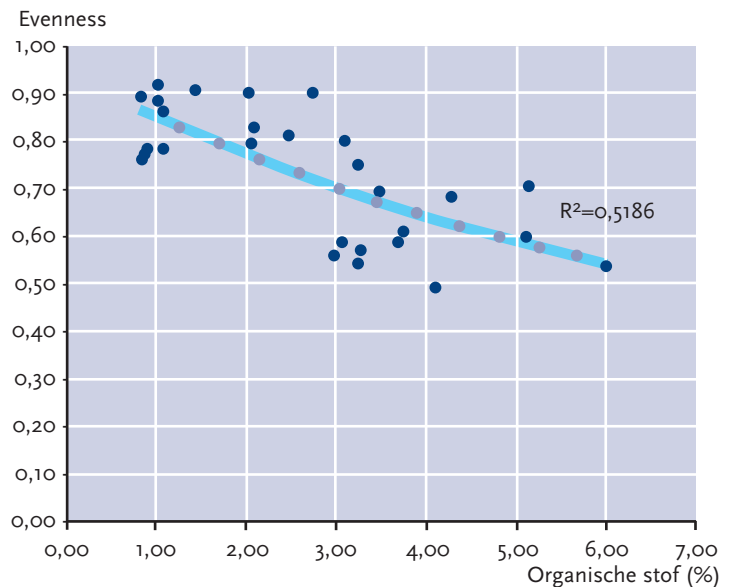


Fig. 2. Relatie tussen de gemiddelde 'evenness' (indicator voor plantendiversiteit) en het gemiddeld percentage organische stof per terrein. De 'evenness' neemt af als het organische stofgehalte toeneemt; organische stof heeft dus een negatief effect op de plantendiversiteit in de onderzochte terreinen.

Literatuur

- Angold, P., J.P. Sadler, M.O. Hill, A. Pullin, S. Rushton, K. Austin, E. Small, B. Wood, R. Wadsworth & R. Sanderson, 2006. Biodiversity in urban habitat patches. *Science of the Total Environment* 360: 196-204.
- Bonthoux, S., M. Brun, F. Di Pietro, S. Greulich & S. Bouché-Pillon, 2014. How can wastelands promote biodiversity in cities? A review. *Landscape and urban planning* 132: 79-88.
- Codefroid, S., D. Monbaliu & N. Koedam, 2007. The role of soil and microclimatic variables in the distribution patterns of urban wasteland flora in Brussels, Belgium. *Landscape and urban planning* 80: 45-55.
- Muratet, A., N. Machon, F. Jiguet, J. Moret & E. Porcher, 2007. The role of urban structures in the distribution of wasteland flora in the greater Paris area, France. *Ecosystems* 10: 661-671.
- Schadek, U., B. Strauss, R. Biedermann & M. Kleyer, 2009. Plant species richness, vegetation structure and soil resources of urban brownfield sites linked to successional age. *Urban Ecosystems* 12: 115-126.

Summary

Drivers of plant diversity in urban wildscapes
Urban wildscapes can host a remarkable amount of plant species. It is yet unknown which factors drive this observed diversity. We assessed the effect of 17 environmental factors on species composition and plant diversity (species richness and evenness) in 28 sites divided over 3 major cities in The Netherlands. We used Detrended Correspondence Analysis (DCA) to assess the variance in species composition between sites and cities and linear mixed models to determine the effect of the environmental factors on plant diversity. We found typical urban species in all three cities, as well as some annual pioneer species. Species composition clearly differed in the three cities, this variation seems based on environmental factors as well as on the spe-



A



B

Foto 2a & 2b. Twee van de meest plantendiverse terreinen uit dit onderzoek. De terreinen bevinden zich op de Amsterdamse Zuidas (a) en vlakbij station Nijmegen Goffert (b). Op de foto's zijn de zandige omstandigheden op de terreinen en de aanwezigheid van verstoring in de vorm van bandensporen en verharding in de vorm van stenen en puin te zien (foto: Mies van Aar).

cies pool in the surrounding area. We found that the environmental factors soil organic matter, age, size and low vegetation and build-up area in a 500 m radius had the biggest influence on species composition.

We found that none of the factors had a significant effect on species richness, but we did find effects on evenness. The soil factors organic matter (negative effect) and pH (positive effect) explain the most variation in evenness. The factors disturbance, rubbish and rubble all explain a part of the variation in evenness as well and have a positive effect. Age has a negative effect on evenness when looking at sites with similar organic matter content.

We conclude that the diversity is highest in sites with vegetation of early succession stages – these are sites with low organic matter content and/or young sites – where disturbances, rubble and/or waste are present. Implications for management are amongst others that a high turnover (several years) of sites can contribute to the diversity of urban wildscapes in the city in general, as long as the new sites are sandy. Even though the species composition differed between the studied cities, significant effects were still found for a number of environmental factors. Therefore the conclusions and management implications of this study can be extrapolated to cities comparable to the studied ones. This includes most Dutch cities.

Dankwoord

Dit onderzoek had niet plaats kunnen vinden zonder de nodige hulp bij het (faciliteren van) veldwerk en het determineren van planten. Wij willen dan ook Urban van Aar, Heleen de Wilde, Daniel Lamont, Lian Beijers, Sander Aldershof, Dinja Bol, Lotte Lagerwerf, Arien de Wilde, Leen de Wilde en Corry de Wilde-Hengstmengel hartelijk bedanken voor hun hulp hierbij. Voor hun hulp bij het zoeken van braakliggende terreinen in de verschillende steden willen wij Martin Melchers (Amsterdam) en Ton Eggenhuizen (Almere) bedanken. Tot slot willen wij Wiebke Klemm bedanken voor het meedenken met dit onderzoek vanuit haar expertise op het gebied van ruimtelijke ordening en stedelijk groen.

M.C.A. van Aar BSc
Vossenlaan 299
6532 BD Nijmegen
miesvanaar@gmail.com

Dr. J. Limpens & Dr. J. van Ruijven
Wageningen Universiteit en Researchcentrum
Leerstoelgroep Plantenecologie en Natuurbeheer
Postbus 47
6700 AA Wageningen