



# SHIFTING BASELINE IN PERSPECTIEF.

Onderzoek naar de ontwikkeling van biodiversiteit  
in Oost-Nederland vanaf de middeleeuwen.

Luuk van der Weijden  
Scriptie Landschapsgeschiedenis (luuk@pascoli.nl)

## Inhoud

|  |    |
|--|----|
| Hoofdstuk 1: aanleiding, stand van kennis en onderzoeksvragen.....                                   | 3  |
| 1.1: Aanleiding tot onderzoek.....   | 3  |
| 1.2: Stand van onderzoek.....  | 4  |
| Palynologisch onderzoek in Oost-Nederland.....   | 4  |
| Historische ecologie.....  | 6  |
| Biodiversiteit als onderzoeksonderwerp.....  | 7  |
| 1.3: Probleem en vraagstelling.....  | 9  |
| Afbakening onderzoek.....  | 10 |
| Hoofd- en deelvragen.....  | 12 |
| Hoofdstuk 2: theoretisch kader en methodologie.....  | 13 |
| 2.1: Landschap en biodiversiteit.....  | 13 |
| 2.2: Wat is biodiversiteit?.....   | 14 |
| 2.3: De rol van (bio)diversiteit in ecosystemen.....   | 18 |
| 2.4: Kanttekeningen bij onderzoeken in het verleden.....   | 20 |
| 2.5: Een landschapsbenadering voor biodiversiteit als oplossing.....                                 | 22 |
| 2.6: Hoe kan biodiversiteit in het verleden het best onderzocht worden? (onderzoeksmethode).....     | 25 |
| Hoofdstuk 3: van archeologie naar biodiversiteit; A-diversiteit van flora en fauna (1050-2022). .... | 27 |
| 3.1: Van archeobotanie naar A-diversiteit.....   | 27 |
| Vroege middeleeuwen.....   | 27 |
| Late middeleeuwen.....   | 32 |
| Nieuwe tijd.....   | 35 |
| Soortenrijkdom door de tijd heen.....  | 37 |
| 3.2: Van archeozoölogie naar A-diversiteit.....  | 40 |
| 3.3: Reflectie van de data (zijn rol in biodiversiteit).....   | 44 |
| Hoofdstuk 4: B-diversiteit op basis van landschapsstructuur (1850-2022). ....                        | 45 |
| 4.1: Marke Beckum als casestudie voor biodiversiteit.....  | 45 |
| Uitleg landschap van Beckum.....   | 45 |
| Uitleg landgebruik van Beckum en historische ontwikkeling.....                                       | 46 |
| 4.2: Van kaartmateriaal naar B-diversiteit.....  | 48 |
| De relatie tussen ecosystemenrijkdom en landschapstypen.....   | 52 |
| 4.3: Reflectie van de data en zijn rol in biodiversiteit.....  | 55 |
| Hoofdstuk 5: conclusie en discussie.....   | 57 |
| 5.1: Conclusie.....  | 57 |
| 5.2: Discussie.....  | 62 |
| Bronnen:.....  | 64 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| Literatuur:.....   | 64 |
| Websites:.....     | 66 |
| Afbeeldingen ..... | 66 |

# Hoofdstuk 1: aanleiding, stand van kennis en onderzoeksvragen.

## 1.1: Aanleiding tot onderzoek

Biodiversiteit is een veelgebruikt begrip tegenwoordig. De Europese Commissie definieert biodiversiteit als een manier om de rijkdom van de natuur aan te geven door middel van het aantal soorten en Habitats, en door middel van de variatie in genen.<sup>1</sup> Andere instellingen zoals WNF en natuurmonumenten hanteren soortgelijke definities waarbij soorten, Habitats en variatie in genen het uitgangspunt vormen als maatstaf voor algehele gesteldheid van de natuur.<sup>23</sup>

De consensus volgens deze instellingen is dat als de biodiversiteit hoog is, het goed gaat met de natuur. Visies verschillen echter per instelling waarom dit belangrijk is. Volgens de Europese Commissie is een gezonde natuur belangrijk voor het produceren van voedsel, schone lucht en talloze andere grondstoffen die uit de natuur voortkomen en bijdragen aan onze welvaart. Het wereld natuurfonds legt de nadruk vooral op het grootschaliger voorkomen van natuurrampen als gevolg van de klimaatcrisis en de achteruitgang van biodiversiteit. Daarnaast staan voedselonzekerheid en recordtemperaturen op hun lijst. Natuurmonumenten wijst op hun website kort samengevat de paar grootste boosdoeners op voor de achteruitgang van de biodiversiteit: intensieve landbouw, ontbossing, vervuiling, overbevising en klimaatverandering.

De oplossing wordt in verschillende hoeken gezocht. De Europese commissie zoekt de oplossing in strengere wetgeving voor visserij, landbouw en bosbouw. Natuurmonumenten zoekt de oplossing in meer natuurgebied. Zij hebben zichzelf de taak opgelegd om voor 2030, beschermd natuurgebied in Nederland te laten stijgen tot 30% van de totale oppervlakte. Het WNF spreekt eveneens over het belang van een toename van beschermd natuurgebied en van bewustwording.<sup>456</sup>

Een belangrijke discussie binnen dit thema is wanneer de biodiversiteit voldoende hersteld is. Wanneer is er sprake van een stabiel ecosysteem met een hoge biodiversiteit? Want hoog is namelijk relatief. David Attenborough spreekt in zijn boek “een leven op onze planeet” over een shifting baseline syndroom. Waarbij elke generatie een achteruitgang in de biodiversiteit meemaakt. Voor elke generatie is het nulpunt, wat zij in hun jeugd gewend waren. Dit is voor de generatie daarvoor weer een zware achteruitgang vergeleken met hun jeugd. Hierdoor verschuift het normaal elke generatie.<sup>7</sup>

Naar aanleiding hiervan wordt in het kader van de scriptie voor de master landschapsgeschiedenis een onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van de biodiversiteit vanaf de Middeleeuwen. Het idee is dat hierdoor een beter beeld wordt gecreëerd van de ontwikkeling die de biodiversiteit in Nederland heeft doorgemaakt waardoor onder andere de hierboven genoemde shifting baseline syndroom tegengegaan kan worden. Door een grotere tijdsdiepte aan biodiversiteit te geven, is het mogelijk om een realistisch en meetbare verandering aan te wijzen in het welzijn van de natuur. Hierdoor kan als het ware een referentiebeeld geschetst worden voor de gezonde natuur die Nederland in de toekomst voor ogen heeft. In deze scriptie wordt onderzocht in welke mate het

---

<sup>1</sup> ec.europa.eu

<sup>2</sup> www.Natuurmonumenten.nl

<sup>3</sup> wwf.nl

<sup>4</sup> ec.europa.eu

<sup>5</sup> www.Natuurmonumenten.nl

<sup>6</sup> wwf.nl

<sup>7</sup> Attenborough, D., 2020.

mogelijk is om op basis van historische en archeologische gegevens conclusies te over de historische biodiversiteit.

## 1.2: Stand van onderzoek

Wanneer men het over de geschiedenis vanaf het holoceen heeft, komt het begrip biodiversiteit zelden aan bod. Onderzoeken in het verleden waren vooral gefocust op hoe het landschap er in grote lijnen uit zag, en hoe deze door de mens werd geëxploiteerd. Er is dus relatief weinig onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van ecosystemen en biodiversiteit gedurende het holoceen. De laatste jaren zijn er echter ontwikkelingen gaande op dit gebied. Tot nu toe wordt getracht biodiversiteit te begrijpen door middel van palynologisch onderzoek. Voorbeelden zijn (Berglund, et al., 2008) en (Birks, et al., 1991) Zij proberen pollenmonsters te interpreteren op basis van verscheidenheid van soorten met als doel uitspraken te doen over de biodiversiteit van Noordwest-Europa. Anderen zoals (Bouwman, et al., 2013) en (Groenewoudt, et al., 2007), gebruiken grootschalig palynologisch onderzoek om de relatie tussen mens en landschap in Oost-Nederland helder te krijgen. Deze palynologische onderzoeken brengt veel nieuwe informatie aan het licht op gebied van historische ecosystemen en de rol van de mens in deze verschillende biotopen. Hoewel deze onderwerpen veel gemeen hebben met biodiversiteit, wordt de term meestal buiten beschouwing gelaten. Het proefschrift van (Smeenge, 2020) is hier een goed voorbeeld van. Dit proefschrift betreft een brede integratie van de wisselwerking tussen ecosystemen en de mens en hoe deze elkaar in het verleden hebben beïnvloed. Hij focust zich niet specifiek op de term biodiversiteit maar wanneer de definitie van de Europese commissie wordt gehanteerd (zie voorgaande paragraaf), houd ook hij zich bezig met dit ruime begrip omdat het ook Habitats en ecosystemen zou omvatten.

Er zijn maar weinig onderzoeken gepubliceerd, met name in Nederland, die historische biodiversiteit behandelen en daarbij daadwerkelijk het begrip biodiversiteit toepassen. De studies die bij de stand van onderzoek kort behandeld worden, gebruiken biodiversiteit vaak niet als uitgangspunt maar behandelen wel diversiteit van boom- of plantensoorten, ecosystemen/Habitats in het landschap en zijn daardoor wel degelijk onderzoeken naar aspecten van biodiversiteit. Dit soort onderzoeken zullen dus de voornaamste bron zijn om meer grip te krijgen op de historische biodiversiteit. Daarom zal in de stand van onderzoek niet alleen het begrip biodiversiteit behandeld worden, maar komen ook losse onderdelen die dit begrip zou moeten omvatten aan bod.

In hoofdstuk twee wordt dieper ingegaan op wat de term biodiversiteit precies inhoud. In deze paragraaf wordt in eerste instantie palynologisch onderzoek in Oost-Nederland behandeld, gevolgd door onderzoek naar historische ecosystemen. Tot slot wordt gekeken naar onderzoeken die zich wel specifiek focussen op biodiversiteit. Dit zijn voornamelijk studies uit het buitenland.

### Palynologisch onderzoek in Oost-Nederland

Palynologisch onderzoek wordt vanaf de jaren 50 van de vorige eeuw met regelmaat uitgevoerd in Oost-Nederland. Van grofweg 1950 en 1980 is stichting bodemkartering de grote initiatiefnemer. Zij hebben in deze periode enkele tientallen botanische onderzoeken verricht in het gebied. Vanaf 1995 levert BIAX-consult ook een belangrijke bijdrage aan de wetenschappelijke onderzoeken.<sup>8</sup> BIAX is echter meer op archeologische onderzoeken gericht. Veel van deze rapporten beschrijven in grote

---

<sup>8</sup> Beek van, R., 2015.

lijnen de pollen en macroresten die zijn aangetroffen in de omgeving van een vindplaats. Zij schetsen een beeld van de directe omgeving in een bepaalde periode. Vaak gaat het om resten van cultuurplanten waar de nadruk op ligt, maar de plantengroei in de directe omgeving staat ook in het belang. Hoe dit zich verhoudt tot biodiversiteit wordt echter niet genoemd omdat het niet relevant is voor de archeologische vraagstukken. Toch kan de data die voor dergelijke onderzoeken zijn verzameld wel degelijk een grote rol spelen in de reconstructie van de biodiversiteit. Een kanttekening is dat de meeste onderzoeken in of nabij nederzettingscontext zijn gedaan. Naar vermoeden wordt hierdoor een sterker door de mens beïnvloed landschap gereconstrueerd dan daadwerkelijk het geval is geweest. Toch bieden deze onderzoeken inzicht in samenstelling van vaatplanten in de omgeving, wat een wezenlijk onderdeel van biodiversiteit moet zijn.

Het gebruik van pollen en macro botanisch onderzoek op een grotere schaal om een beter beeld te krijgen van het landschap, komt in Oost-Nederland rond 2007 op gang. In onder andere het artikel; a reverse image. Botanical research into the landscape history of the eastern Netherlands, wordt voor het eerst een interpretatie gedaan van meerdere botanische onderzoeken in Overijssel.<sup>9</sup> In dit onderzoek is een selectie gemaakt van pollenmonsters die in Oost-Nederland genomen zijn uit een vergelijkbare context zodat deze geen variabele is. 32 pollenmonsters uit 14 verschillende locaties zijn hiervoor gebruikt. Hieruit werd duidelijk dat pollenonderzoek op grotere schaal de dynamiek van landschapsveranderingen kan blootleggen. Voornamelijk werd duidelijk dat de hoge drogere delen van Oost-Nederland ontbost werden terwijl de lagere nattere delen lang onaangeroerd bleven door de mens. Hoewel er grote regionale verschillen bleken te zijn in de AP en NAP-verhouding van vegetatie leek er wel een goede trendlijn waarneembaar. Hierdoor werd naar aanleiding van deze studie geconcludeerd dat er als het ware een landschapsinversie ontstond waarin voornamelijk bos/wildernis met kleine eilandjes cultuurgrond omsloeg naar kleine eilandjes bos/wildernis in een zee van cultuurgrond. Wat deze ontwikkeling heeft betekend voor de biodiversiteit is niet vermeld. Wel is hiermee een belangrijke stap gezet in het onderzoek op dit gebied omdat met deze studie duidelijk is geworden welke veranderingen er in het landschap zijn opgetreden. Hierdoor krijgt de ontwikkeling in soortenrijkdom context. Stressoren in ecosystemen hebben vaak een specifieke reactie. Door dit soort onderzoeken krijgt men een beeld van stressoren die plaatsgevonden hebben in een bepaald ecosysteem en wat dit betekende voor de biodiversiteit. Wederom wordt de term biodiversiteit achterwege gelaten en vormde dit niet het uitgangspunt, maar is dit wel een wezenlijk onderdeel van biodiversiteit.

Vervolgens is door Bouwman et al., in 2013 een belangrijk onderzoek gepubliceerd: van wildernis naar cultuurlandschap; een reconstructie van de regionale vegetatieontwikkeling van Twente in het holoceen. In dit onderzoek is voor het eerst geprobeerd om alle palynologische onderzoeken die in Twente en omstreken zijn uitgevoerd, te gebruiken voor een grote diachrone landschapsreconstructie. Concreet betekende dit dat de patronen en veranderingen van het landschap op grote schaal in zes reconstructiekaarten omgezet werden. Hierbij zijn maar liefst 125 onderzochte locaties gebruikt. Er is dus geen selectie gemaakt van context. Zowel antropogene als natuurlijke contexten in alle vormen en maten zijn geïmplementeerd.<sup>10</sup> Wel is er rekening gehouden met het soort pollenonderzoek voor de reconstructie van bepaalde thema's. Een vegetatiereconstructie is echter niet hetzelfde als de reconstructie van de biodiversiteit. Dit geeft de onderzoeker zelf ook aan, maar een reconstructie van de biodiversiteit is onmogelijk zonder enige vorm van vegetatiereconstructie.

---

<sup>9</sup> Groenewoudt, *et al.*, 2007.

<sup>10</sup> Bouwman, *et al.*, 2013.

Tot zover is voornamelijk de nadruk gelegd op onderzoek van archeologische bronnen. De reden hiervoor is dat veruit de meeste botanische- en archeozoologische onderzoeken in Nederland zijn uitgevoerd om een archeologisch vraagstuk te beantwoorden. Een uitzondering is echter het onderzoek naar de historische ecologie van het Reestdal, die is bedoeld om inzicht te krijgen in de manier waarop de Reest ecologisch functioneerde voordat het onderhevig was aan menselijke invloeden. Dit is een van de weinige onderzoeken waarin de nadruk van het onderzoek duidelijk op het ecosysteem ligt waardoor deze studie andere mogelijkheden biedt dan archeologische onderzoeken. Er is gebruik gemaakt van pollen- en macroresten in combinatie met booronderzoeken en referentiebeelden. In dit geval wordt een referentiebeeld verkregen door de vertaalslag van pollentypen naar vegetatieklasse te maken. Deze staan beschreven in het handboek natuurdoeltypen in Nederland. Daarnaast zijn in dit onderzoek pollenmonsters genomen in de bovenloop, middenloop en benedenloop van de Reest. De monsterlocatie is zorgvuldig gekozen op basis van niet verstoorde gronden. Het is echter niet altijd gelukt om onverstoorde monsters te bemachtigen.<sup>11</sup> Toch biedt deze studie een goed overzicht van ecosystemen op lokaal niveau. Dit is eveneens een belangrijk onderdeel van biodiversiteit.

### Historische ecologie

In het proefschrift over de historische landschapsecologie van Noordoost-Twente, acht interdisciplinaire studie op het snijvlak van aardkunde, ecologie en cultuurhistorie (c.a. 12.000 v.C. tot – heden), is een hoofdstuk gewijd aan de ontwikkeling van een methode om palynologische datasets op een planten-sociologische wijze te interpreteren.<sup>12</sup> Bij deze methode wordt de trouwgraad gebruikt waarmee achterhaald kan worden in welke mate planten tegenwoordig voorkomen in dezelfde biotoop. Door de aangetroffen pollen in een monster te analyseren en vervolgens de trouwgraad met andere soorten te onderzoeken, kan een betrouwbare reconstructie gemaakt worden van een plantengemeenschap. Een plantengemeenschap heeft vaak herkenbare structuren en een relatief consistente samenstelling, dat vaak het resultaat is van zaken als waterhuishouding, landgebruik, zuurgraad en voedselrijkdom.<sup>13</sup> Een plantengemeenschap zegt dus veel over de omgeving. Ook geeft het een goede indicatie van soortenrijkdom van planten. Hierdoor lijkt deze methode goed gereedschap om historische biodiversiteit te achterhalen. Een valkuil is echter het gebrek aan taxonomische resolutie van pollenmonsters waardoor er veel fouten in de vertaling naar plantengemeenschappen kunnen zitten. De trouwgraad is achterhaald met behulp van de landelijke vegetatiebank, waarin deze samenstelling van soorten door middel van talloze veldonderzoeken is vastgelegd. Het resultaat is een aantal klasse van biotopen gebaseerd op het vochtgehalte (van open water naar rijke bossen). Een vervolgstap dat als een verdere vertaalslag dient, is het gebruik van actuo-referenties. Dit zijn referenties naar plekken elders op de wereld dat het beste vergelijkingsmateriaal vormt voor de aangetroffen biotoop. Wederom wordt de term biodiversiteit niet gebruikt maar gaat het om een onderzoek dat wel degelijk wat zegt over dit onderwerp.

---

<sup>11</sup> Dirx, *et al.*, 1998.

<sup>12</sup> Smeenge, H., 2020.

<sup>13</sup> [www.floravannederland.nl](http://www.floravannederland.nl)

## Biodiversiteit als onderzoeksonderwerp

Het eerste Nederlandse artikel dat gericht onderzoek deed naar biodiversiteit, verscheen als onderdeel van de reeks; tot op het bot onderzocht in 2020. In dit artikel is geprobeerd om archeobotanische en archeozoologische data in een nieuw perspectief te bekijken met oog op biodiversiteit. Dit is gedaan door de databases BoneInfo en RADAR te raadplegen.<sup>14</sup> Hiervan is een diagram gemaakt door de gegevens van soorten die in de context van een bepaalde periode zijn aangetroffen, bij elkaar op te tellen. Vervolgens wordt er ingegaan op de haken en ogen die bij deze data komen kijken. De grootste kritiek van een dergelijk perspectief is dat archeozoologische data voornamelijk aanwijzingen zijn van sociaaleconomische factoren en niet van biodiversiteit omdat diersoorten die niet binnen economische grenzen vallen, vaak niet gerepresenteerd worden in de data. Met andere woorden: wilde dieren worden zelden gevonden. Volgens de auteurs biedt archeobotanisch onderzoek meer perspectief omdat deze ook de directe omgeving van een vindplaats weergeeft, dus niet alleen dat wat wordt geconsumeerd door de mens. Hoewel ook bij archeobotanisch onderzoek haken en ogen wel degelijk aanwezig zijn, zoals de introductie van exoten bijvoorbeeld.<sup>15</sup> Dit is het eerste Nederlandse onderzoek dat specifiek naar biodiversiteit kijkt in een historische context. Voor alle redenen die de auteurs zelf ook benoemen moeten de resultaten met de nodige voorzichtigheid behandeld worden, maar een goede eerste stap is door middel van dit artikel gezet. Door alle data samen te voegen, is een indicatie van soortenrijkdom door de tijd heen gegeven. Hier mist echter de context want alleen ruwe data zegt niet zoveel over de complexe dynamiek van de natuur. Het geeft alleen een trend weer.

Wanneer wordt uitgezoomd naar het buitenland, zijn er verschillende publicaties aanwezig over de relatie van pollenonderzoek en biodiversiteit. Zo is tijdens het onderzoek van (Berglund, et al., 2008) geprobeerd om de ontwikkelingen in diversiteit van vaatplanten te reconstrueren vanaf de laatste ijstijd. Dit werd gedaan door twee monsters te nemen uit grote meren en te analyseren met de zogenaamde rarefaction techniek. Dit is een methode om de pollensom van verschillende monsters met elkaar te kunnen vergelijken door de pollensom gelijk te stellen op een wiskundig onderbouwde manier. Dit is niet makkelijk omdat de relatie tussen soortenrijkdom en het aantal pollen niet lineair is. De rarefaction techniek zorgt er dus voor dat het aantal pollen in een monster niet van invloed is op de interpretatie van soortenrijkdom.<sup>16</sup> In dit artikel wordt deze rarefaction techniek dus gebruikt om de ontwikkeling van taxa door de tijd heen te analyseren. Hiermee werden twee hypothesen getest. De eerste is de intermediate-disturbance hypothesis welke ervan uitgaat dat biodiversiteit het hoogst is bij gematigde verstoring. Hiermee wordt het idee bedoeld dat wanneer er te weinig verstoring plaatsvindt, de zwakkere soorten worden verdrongen door de sterkere soorten. Maar bij te veel verstoring raakt het hele ecosysteem uit balans. Een gematigde verstoring zou volgens deze theorie zorgen voor een optimale balans in een ecosysteem. Daarnaast is in dit onderzoek de hypothese bevestigd dat een hoger aantal landschap/vegetatie eenheden samengaat met een hogere biodiversiteit. Uiteindelijk werd geconcludeerd dat op basis van de pollensom, biodiversiteit het hoogst was vanaf de bronstijd tot 1850. Dit komt overeen met extensief grondgebruik. Ook is op basis van deze studie geconcludeerd dat flora hard achteruit is gegaan als gevolg van het intensiveren van de landbouw na 1850.

Door (Birks, et al.) is ook op grotere schaal onderzoek verricht naar de ontwikkeling van de biodiversiteit in Noordwest-Europa gedurende het holoceen. Zij baseerden hun onderzoek eveneens op pollenonderzoek. In dit artikel is beargumenteerd dat het alleen mogelijk is om op zeer globaal

---

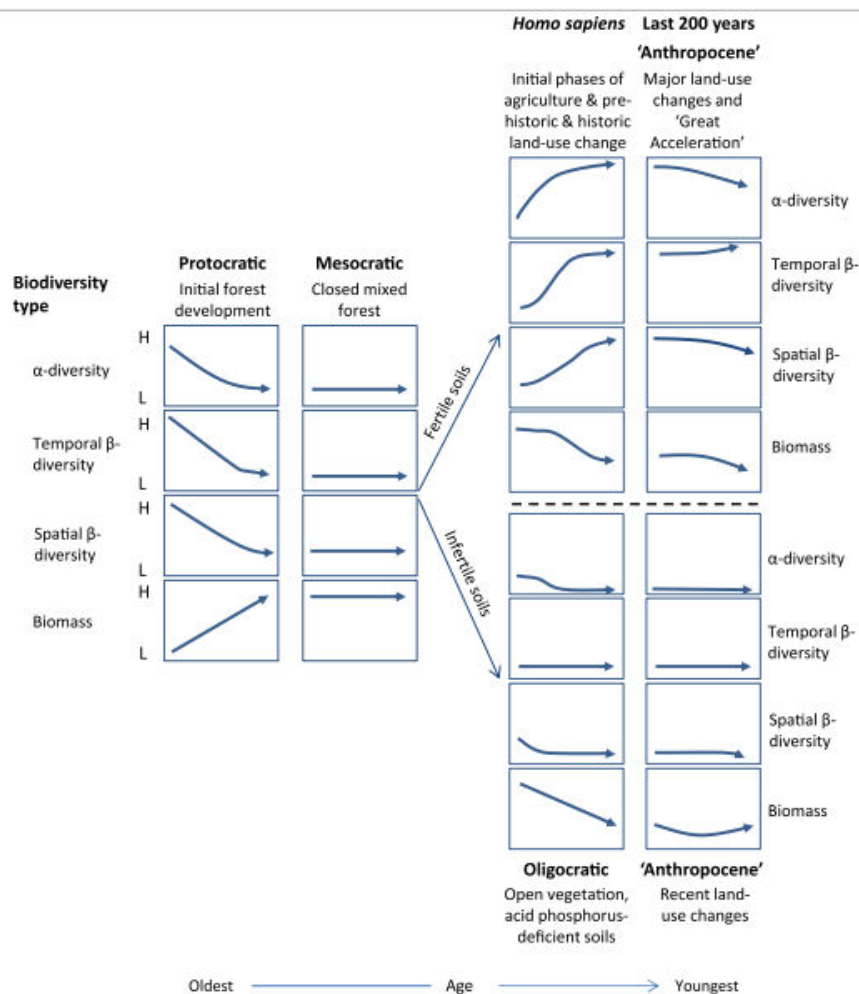
<sup>14</sup> Haaster van, H./O., Brinkkemper, 1995.

<sup>15</sup> Jagt van der I./O. Brinkkemper 2020.

<sup>16</sup> Birks H.J.B./J.M. Line, 1991.



taxonomisch niveau uitspraken te doen over biodiversiteitstrends in noordwest Europa vanwege de verschillende onderzoeksmethoden in verschillende laboratoria. Biodiversiteit is gemeten in vier verschillende waarden namelijk: de absolute biodiversiteit die is bepaald door het aantal taxa dat in een bepaalde periode voorkomt ((a) diversity), de zogenoemde spatiaal (B) diversity berekent verschillen in diversiteit binnen een bepaalde periode. (Zie hoofdstuk 2 voor meer uitleg over deze begrippen). Daarnaast is biomassa bijgehouden. Deze is berekend op basis van een statistische schatting. De waarden zijn in grofweg vier periodes gevisualiseerd, gebaseerd op grote veranderingen in het Holoceen (omslag van toendra naar gesloten bosvegetatie, introductie van de landbouw, en de laatste 200 jaar, zie figuur 1). Tot slot is een verdeling gemaakt voor de laatste twee periodes in vruchtbare en niet vruchtbare gronden. Ook hieruit kan geconcludeerd worden dat de intermediate disturbance hypothesis geldig lijkt omdat er bij de vruchtbare gronden een stijging in biodiversiteit te zien is wanneer men aan landbouw begint. In grote lijnen komen deze gegevens dus overeen met het onderzoek van (Berglund, et al., 2008.)



Figuur 1: naar resultaten van Birks et al 2016. De langetermijntrend van biodiversiteit wordt weergegeven in vier periodes in het holoceen. De gegevens vertonen de losse ontwikkelingen van A-, B-diversiteit en biomassa. Voor de laatste twee periodes, is onderscheid gemaakt tussen vruchtbare en onvruchtbare gronden.

In 2013 is een artikel gepubliceerd over de ontwikkeling biodiversiteit in Zuid-Europa aan de hand van paleo-ecologisch onderzoek.<sup>17</sup> Biodiversiteit is onderzocht door naar klimaatverandering, landgebruik en de impact van vuur op het landschap te kijken. Er is gebruik gemaakt van verschillende sites in Zwitserland en Italië. Voor het onderzoeken van klimaat, is gebruik gemaakt van

<sup>17</sup> Colombaroli, D./W., Tinner, 2013.

sedimenten van meren, diatomeeën en soortgelijke indicatoren. Palynologisch materiaal is gebruikt om inzicht te krijgen in de openheid van het landschap, en over landgebruik is informatie verzameld door naar gewassen te kijken die bij de palynologische monsters aanwezig waren. Vervolgens zijn rarefaction en de probability of interspecific encounter (PIE) gebruikt om de pollenmonsters om te zetten in een dataset die soortenrijkdom beter weergeeft.

In dit artikel uit 2013 wordt geconcludeerd dat verandering in biodiversiteit samengaat met klimaatfactoren, maar ook dat landgebruik een grote impact heeft gehad op de biodiversiteit in het mediterrane gebied. Door de tijd heen had de mens er baat bij om ecosystemen zo divers mogelijk te maken. Wederom blijkt dat de hoogste biodiversiteit aanwezig is op plekken die extensief onderhouden zijn. Dit sluit wederom aan bij de Intermediate disturbance hypothesis. Zij maken duidelijk onderscheid in natuurlijke (pre-neolithische) en antropogene ecosystemen. Hierdoor concluderen zij dat biodiversiteit het best behouden kan blijven door de oude landschapsmozaïek aan te houden met verschillen in verstoring. Waarbij sommige delen van het landschap helemaal met rust gelaten worden, sommige intensief worden beheerd en bij de meeste extensief beheer plaatsvindt.<sup>18</sup>

Tot slot moet een artikel genoemd worden van (Birks, et al.) uit 2016 waar de stand van zaken omtrent palynologisch onderzoek wordt behandeld. Hierin wordt Palynologisch onderzoek als een belangrijke potentiële meetwaarde voor biodiversiteit beschouwd.

In dit artikel wordt wederom ingegaan op Alpha, Beta en Gamma diversiteit. Er wordt gesteld dat bij grootschalig palynologisch onderzoek in een gebied, de Gamma diversiteit achterhaald kan worden, en dat A diversiteit op lokale schaal een goede indicatie kan geven van specifieke stressoren op het gebied waardoor de impact van landgebruik of klimaatverandering onderzocht kan worden.<sup>19</sup> Het is ingewikkelder om B-diversiteit goed te onderzoeken. B-diversiteit is een differentiatiewaarde in plaats van een inventariswaarde. Het gaat om de reikwijdte verschil tussen meerdere lokale A-diversiteitmonsters. Hierdoor gaat B-diversiteit gepaard met wiskundige formules waarvan er meerdere opties mogelijk zijn. Meningingen over de dynamiek verschilt ook. Sommige onderzoekers menen dat B-diversiteit is af te leiden van A en G, diversiteit. Anderen gaan uit van  $A + B = G$ -diversiteit. In principe vertegenwoordigt B-diversiteit het aantal verschillende gemeenschappen of samenstellingen in een onderzoeksgebied. Hier nog geen consensus over. De rol van deze verschillende soorten diversiteit wordt in het volgende hoofdstuk uitvoerig besproken. Daarnaast wordt gepleit om meer naar functionele diversiteit te kijken (de functiever verschillen van soorten in een ecosysteem). ook is het steeds meer mogelijk om onderzoek te doen naar fylogenie (afstammingsgeschiedenis). Er wordt beweerd dat dit verschillende meetwaardes zijn voor biodiversiteit die nu aanvullend onderzocht kunnen worden met behulp van palynologisch onderzoek

### 1.3: Probleem en vraagstelling

Op basis van de stand van onderzoek kan geconcludeerd worden dat onderzoek naar landschappen, ecosystemen en soortenrijkdom nog volop in ontwikkeling is. De nadruk ligt vaak voornamelijk op het reconstrueren van het directe vegetatiebeeld en dient als beeldvorming van het landschap waar de mens zich in een bepaalde periode in bevond. Vervolgens heeft hier een verschuiving plaatsgevonden naar de wisselwerking tussen mens en landschap waarin voornamelijk de vraag was:

---

<sup>18</sup> Colombaroli, D./W., Tinner, 2013.

<sup>19</sup> Birks, et al., 2016.

hoe heeft de mens het landschap beïnvloed en andersom. Vanuit archeologisch oogpunt ligt de nadruk vooralsnog op de mens.

De publicaties die de nadruk leggen op de natuur zijn relatief schaars maar nemen wel exponentieel toe. Deze artikelen leggen de nadruk vaak meer op ecosystemen. Er is steeds meer aandacht voor historische ecologie, maar een vertaling naar de daadwerkelijke biodiversiteit is nagenoeg niet uitgevoerd in Nederland. Het artikel van (Van der Jagt en Brinkkemper, 2020), is de enige uitzondering op dit gebied, maar de representativiteit van de gegevens voor de daadwerkelijk biodiversiteit in Nederland is laag. Daarbij zegt deze studie erg weinig over de Oost-Nederlandse zandgronden omdat in dit artikel heel Nederland als onderzoeksgebied is gebruikt. Hierdoor valt dus niets te zeggen over de dynamiek binnen een van de verschillende landschappen, ecosystemen en vormen van landgebruik dat Nederland heeft gekend. Het artikel van (Berglund, et al., 2008) en (Birks, et al., 2016), zijn enkele onderzoeken in Noordwest-Europa die een poging hebben gewaagd om een diachroon perspectief te realiseren van de historische biodiversiteit in vaatplanten. Dit artikel is echter weer eenzijdig vergeleken met onderzoeken zoals (Dirkx, et al., 1998), of het proefschrift van Smeenge omdat de ecologische variatie niet wordt blootgelegd en de preciezere dynamiek van de biodiversiteit niet nader wordt gedefinieerd. (Dirkx, et al., 1998) en het proefschrift Van Smeenge gaan daarentegen relatief ver in het vertalen van de pollenonderzoeken naar plantengemeenschappen en geven daardoor een goed beeld van de diversiteit in flora, en plaatsen dit een breder context. Deze onderzoeken zijn echter heel casus-specifiek. Daarnaast blijft ook in dit soort publicaties de vertaalslag naar biodiversiteit nog uit, althans de term blijft achterwege.

Het lijkt erop dat onderzoek naar historische biodiversiteit een kennislacune is in het onderzoek naar historische landschappen en ecosystemen. Wellicht dat de kritiek zal zijn dat het moeilijk is om biodiversiteit te meten. Zelfs hedendaags onderzoek naar biodiversiteit gaat gepaard met veel obstakels. In deze scriptie wordt getracht om zoveel mogelijk puzzelstukjes van de historische biodiversiteit van Oost-Nederland aan elkaar te plakken met als doel een zo goed mogelijk beeld te vormen op basis van de huidige stand van kennis en beschikbare data. Hierdoor luidt de onderzoeksvraag als volgt: Hoe heeft de biodiversiteit zich ontwikkeld op de zandgronden van Oost-Nederland vanaf de middeleeuwen tot de 21<sup>e</sup> eeuw en in welke mate is deze ontwikkeling beïnvloed door landgebruik? Door deze hoofdvraag te beantwoorden kan een bijdrage geleverd worden aan het wegwerken van deze kennislacune. De scriptie is onderverdeeld in drie thema's. De eerste dient als theoretische fundering, de tweede behandelt de ontwikkeling van de biodiversiteit op basis van bio archeologisch materiaal. Het derde thema richt zich voornamelijk op casusgerichte studies met behulp van kaartmateriaal. In de conclusie en discussie worden de thema's samengebracht tot een synthese.

### Afbakening onderzoek

Deze scriptie zal zich richten op de zandgronden van Oost-Nederland. Twente dient hier als kerngebied maar ook de Achterhoek en Salland vallen onder dit gebied (zie figuur 2). De aangrenzende delen van Duitsland worden echter niet opgenomen in het onderzoeksgebied vanwege praktische redenen. De afbakening heeft een aardwetenschappelijke basis vanwege de aanname dat op deze zandgronden, de ontwikkeling van de biodiversiteit redelijk uniform is. Daarnaast wordt er vanuit gegaan dat landgebruik en cultuur in deze regio uniforme ontwikkelingen hebben doorgemaakt.



*Figuur 2: het onderzoeksgebied voor deze scriptie*

## Hoofd- en deelvragen

Naar aanleiding van de probleemstelling, is de volgende vraagstelling geformuleerd.

### *Hoofdvraag:*

Hoe heeft de biodiversiteit zich ontwikkeld op de zandgronden van Oost-Nederland vanaf de middeleeuwen tot de 21<sup>e</sup> eeuw en in welke mate is deze ontwikkeling beïnvloed door landgebruik?

### *Deelvragen:*

Thema 1: theoretisch aspect van biodiversiteit.

- 1. Wat is biodiversiteit en hoe kan deze term het best toegepast worden in dit onderzoek?

Thema 2: de relatie tussen biodiversiteit en landgebruik vanaf de middeleeuwen.

- 2. Wat voor kenniswinst levert bio-archeologisch onderzoek op over de historische biodiversiteit van Oost-Nederland?
- 3. Wat voor kenniswinst leveren historische gegevens op over de historische biodiversiteit van Oost-Nederland.

## Hoofdstuk 2: theoretisch kader en methodologie.

In de basis is deze scriptie conceptueel. Hierdoor is een uitgebreid theoretisch kader onmisbaar. In eerste instantie moet besproken worden wat biodiversiteit nou precies betekent. Omdat deze term de hoofdrol heeft in deze scriptie, is een duidelijke definitie onmisbaar. Vervolgens moet duidelijk worden welke rol biodiversiteit heeft in een ecosysteem en in de natuur in het algemeen. Dit is belangrijk voor de interpretatie van het onderzoek en biedt context aan de resultaten. Indirect is het doel van dit onderzoek om te achterhalen hoe het met de natuur gesteld was in het verleden. Hiervoor moet dus eerst duidelijk worden welke rol biodiversiteit hier precies in heeft. Vervolgens wordt kort ingegaan op de kanttekeningen die bij de huidige stand van onderzoek geplaatst kunnen worden. Deze vloeit voort uit paragraaf een en twee van dit hoofdstuk. Ook wordt naast de huidige methode een nieuwe methode voorgesteld dat niet als plaatsvervangend alternatief moet dienen voor onderzoek naar biodiversiteit, maar als aanvullende onderzoeksmethode mogelijk waardevol kan zijn in het onderzoek naar het verleden van biodiversiteit. Tot slot wordt kort aandacht besteed aan de manier waarop deze methode praktisch ingezet kan gaan worden in combinatie met bio-archeologisch en historisch onderzoek.

In dit hoofdstuk komen enkele begrippen aan bod waarvoor een duidelijke definitie onmisbaar is. Het landschap is de basis voor deze scriptie. De raad van Europa definieert landschap als volgt: “een gebied zoals dat door mensen wordt waargenomen en waarvan het karakter bepaald wordt door natuurlijk en/of menselijke factoren en de interactie daartussen”.<sup>20</sup> Binnen het landschap speelt natuur een grote rol. Met natuur wordt bedoeld: alle organismen en de ecosystemen waarin zij leven. Een andere definitie is; de wereld zoals die is zonder mensen. Milieu wordt gebruikt om de totale omgeving aan te duiden, dus mens en natuur gezamenlijk.<sup>21</sup> Binnen de natuur komen ecosystemen en habitats voor. Met een ecosysteem wordt de wisselwerking tussen organismen in een bepaald gebied bedoeld wat verwijst naar het systeem van samenleving. Met een habitat wordt de wisselwerking tussen een specifiek organisme en een gebied bedoeld waarbij het organisme centraal staat.

### 2.1: Landschap en biodiversiteit.

In zijn proefschrift beschrijft Smeenge een conceptueel model dat hij als basis gebruikte voor zijn onderzoek naar de landschappen van Noordoost-Twente. In dit model is de vorming van het landschap het resultaat van de wisselwerking tussen mens, natuur en de aarde. Hiermee wordt bedoeld dat deze drie factoren invloed op elkaar uitoefenen, en dat bij gedegen landschapsonderzoek, een goede balans gevonden moet worden tussen deze factoren en de wetenschappelijke disciplines die daar onderdeel van zijn. Zo valt onder categorie mens, de volgende disciplines: archeologie, geschiedenis, cartografie etc., onder de categorie natuur vallen disciplines als botanie en zoölogie, onder de categorie aarde vallen aardwetenschappen zoals bodemkunde, hydrologie en geomorfologie.<sup>22</sup> Op het eerste aanzicht lijkt het alsof alleen de categorie natuur van toepassing is voor deze scriptie. Biodiversiteit wordt echter voor een belangrijk deel beïnvloed door de wisselwerking tussen alle drie de factoren. Alle categorieën (zie figuur 3) komen dus aan bod tijdens deze scriptie. Oost-Nederland is een relatief groot gebied met veel landschappelijke variatie waarin stuwwallen, dekzandruggenvlaktes, beekdalen en zelfs tertiaire plateaus voorkomen. En

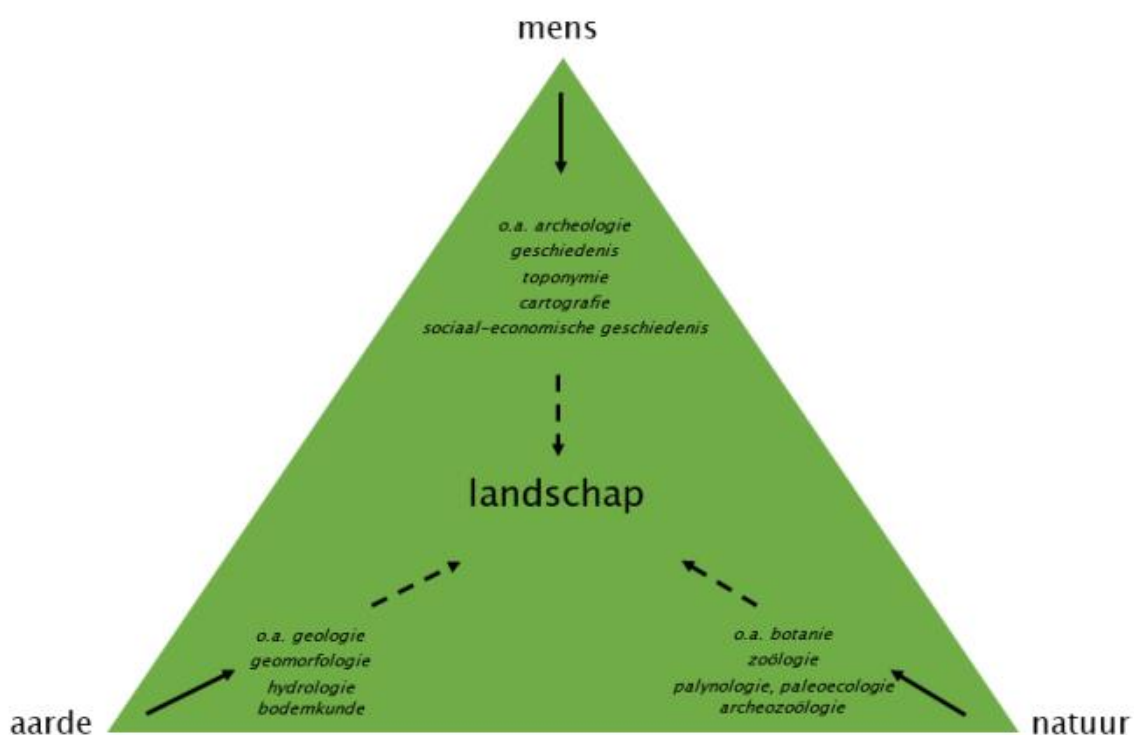
---

<sup>20</sup> [www.commissiener.nl](http://www.commissiener.nl)

<sup>21</sup> [www.Milieutotaal.nl](http://www.Milieutotaal.nl)

<sup>22</sup> Smeenge, H, 2020.

wanneer naar biodiversiteit van een geografisch gebied gekeken wordt, zal landschap een grote rol spelen. Bodemvorming, geomorfologie, hydrologie hebben veel invloed op de vorming van het landschap en zijn een zeer belangrijke factor in het voorkomen van planten. Hierdoor hebben zij een grote invloed op de soortenrijkdom. De menselijke invloed door middel van de inrichting van het landschap heeft minstens evenveel impact. Het wel of niet aanhouden van houtwallen, het aanleggen van akkers en weilanden of het bebouwen van een gebied heeft enorme gevolgen voor het lokale milieu. Daarom is de driehoek dat Smeenge als uitgangspunt gebruikt voor zijn onderzoek ook meer van toepassing voor deze scriptie dan in eerste instantie het geval lijkt. Een verband tussen landschap en biodiversiteit is namelijk geen punt van debat en omdat de biodiversiteit van een landschap onderzocht wordt, lijkt het erop dat het conceptueel model van Smeenge (zie figuur 3) ook voor deze scriptie een belangrijke basis zal vormen. Daarom wordt in deze scriptie rekening gehouden met een gedegen balans tussen deze factoren. Naar verwachting is dit de beste optie om een zo compleet mogelijk beeld van de wisselwerking tussen biodiversiteit en landgebruik te krijgen.



Figuur 3: het conceptueel model van Smeenge, H., 2020. De drie factoren die de grootste invloed hebben op de vorming van het landschap en zijn wetenschappelijke disciplines worden door middel van deze driehoek gevisualiseerd.

## 2.2: Wat is biodiversiteit?

Het idee dat biologische diversiteit een belangrijke rol speelt in het functioneren van de natuur is van alle tijden. Voordat dit idee zijn weg vond in de wetenschap werd hier al veel over gedebatteerd door theologen en filosofen.<sup>23</sup> Hoewel de term biodiversiteit niet werd toegepast, formuleerde Whittaker al in de jaren 70 de termen A, B en G diversiteit om soortenrijkdom van een gebied te onderzoeken.<sup>24</sup> De term biologische diversiteit is pas in 1980 in de wetenschap geïntroduceerd door Thomas. E. Lovejoy. De definitie die hij hiervoor hanteerde was in principe het aantal diersoorten dat aanwezig is

<sup>23</sup> Kurt, J., 2010.

<sup>24</sup> Whittaker, R.H., 1972.

in een bepaald gebied.<sup>25</sup> Hoewel Lovejoy bekend staat als de onderzoeker die deze term introduceerde was het principe dus zeker niet nieuw. Het succes van de term biologische diversiteit is waarschijnlijk te danken aan de goede timing. In deze periode groeide de aandacht voor het behoud van dier- en plantensoorten sterk onder wetenschappers. De term biodiversiteit is hieruit voortgekomen. Deze term is echter niet bedacht om een wetenschappelijk doel te dienen, maar werd geïntroduceerd als titel voor een grootschalige bijeenkomst om het uitsterven van diersoorten tegen te gaan. De oorzaak was dat vanaf 1986 genoeg data waren verzameld om met zekerheid te kunnen zeggen dat ecosystemen en de diersoorten die daarin leven onder zware stress stonden door toedoen van de mens. Met name het Amazoneregenwoud lag onder een vergrootglas destijds. Om dit probleem meer onder de aandacht te brengen werd in 1986 *the national forum on BioDiversity* georganiseerd in Washington D.C. Tientallen in hun vakgebied leidende wetenschappers kwamen hiervoor bijeen. De term biodiversiteit werd door middel van dit forum geïntroduceerd met het doel om de grote hoeveelheid gerelateerde onderwerpen die op deze bijeenkomst behandeld werden aan te duiden.<sup>26</sup> Biodiversiteit is dus in het leven geroepen als containerbegrip. Het is zo ruim gedefinieerd dat de term niet erg beladen is, en voor iedereen wat anders kan betekenen zonder dat iemand net de plank mis slaat. In principe is biodiversiteit dus een overkoepelende term die in alle soorten en maten is aan te passen om een punt duidelijk te maken. Aan de hand van de artikelen die in de stand van onderzoek aan bod komen, wordt dit eveneens duidelijk.

Smeenge hanteert de definitie van biodiversiteit zoals is te vinden op [rijksoverheid.nl](http://rijksoverheid.nl).<sup>27</sup> Hier wordt biodiversiteit voornamelijk als begrip gebruikt voor alle variaties binnen de natuur waaronder de variatie van ecosystemen.<sup>28</sup> Wanneer deze definitie wordt gehanteerd, besteedt Smeenge inderdaad aandacht aan historische biodiversiteit omdat ecosystemen daar onderdeel van zijn. Berglund en Birks hanteren een simpelere definitie van biodiversiteit.<sup>29,30</sup> In hun artikelen wordt biodiversiteit als de variatie van soorten gebruikt maar wordt deze niet binnen of buiten een ecosysteem ingekaderd. Hieruit wordt duidelijk dat er verschillende definities van biodiversiteit rondgaan. Het is een erg populaire term die in ontelbaar veel vakgebieden wordt toegepast. In elk vakgebied wordt de term op een iets andere manier gebruikt. De definitie die wordt gehanteerd is afhankelijk van wat voor een bepaald vakgebied het meest voor de hand ligt. Zo gebruikt bijvoorbeeld de overheid de term biodiversiteit om al de verscheidenheid aan leven aan te duiden, dus ook zaken als variatie in ecosystemen en biotopen. Een politicus geeft minder om nauwkeurigheden binnen die definitie dan een ecoloog omdat het voor diegene minder van belang is. Het doel van de term is behaald wanneer een politicus zijn standpunt tegenover de bevolking kan maken, en dat hoeft zelden specifieker dan de totale reikwijdte van het containerbegrip. Binnen ecologische kringen wordt biodiversiteit dan weer nauwkeuriger gehanteerd als de variatie aan diersoorten binnen een ecosysteem. Zij moeten veel preciezer met het begrip omgaan omdat er veel intensiever mee wordt gewerkt.

De interpretatie van deze definitie is vaak gebaseerd op schaal. Dit kan mooi geïllustreerd worden door middel van een algemene recentere definitie van biodiversiteit die wordt aangehouden in de publicatie, biodiversiteit van Nederland; *'de vormenrijkdom die zich in de levende natuur in de loop der evolutie heeft ontwikkeld'*.<sup>31</sup> De kracht van deze definitie is de vaagheid waardoor deze in alle schalen toegepast kan worden. Vormenrijkdom kan ingekaderd worden op mondiale schaal, biotoop,

---

<sup>25</sup> Harper, J.L./D.L. Hawksworth, 1994.

<sup>26</sup> Wilson, E.O./F.M., Peter, 1988.

<sup>27</sup> Smeenge, H., 2020.

<sup>28</sup> [www.clo.nl](http://www.clo.nl)

<sup>29</sup> Berglund, *et al.*, 2008.

<sup>30</sup> Birks, *et al.*, 1991.

<sup>31</sup> Noordijk, J., *et al.* (red.), 2010.



ecosysteem of kan geografisch of taxonomisch afgebakend worden. De levende natuur slaat dan op de natuur in de meest brede zin. Dit maakt biodiversiteit een zo alomvattend begrip en laat het toe dat de term toegepast kan worden door genetici om variatie in genen uit te drukken maar ook door politici om de variatie in al het leven op aarde aan te duiden. Daarnaast is alles daar tussenin ook van de partij.

Wetenschappers kunnen dus de schaal waarin zij biodiversiteit definiëren volledig naar eigen hand aanpassen op basis van wat praktisch is. In principe valt alles onder de definitie van biodiversiteit zoals hierboven is weergegeven. Strikt genomen hanteren academici die onderzoek hebben gedaan naar biodiversiteit tot nu toe taxonomische variatie. Voorbeelden hiervan zijn Berglund en Birks.<sup>32</sup> Hoewel Smeenge zich niet in directe zin met de term biodiversiteit bezig houdt, is wel duidelijk dat hij minimaal een schaal hoger zit in de definitie van biodiversiteit, namelijk: op ecosysteemniveau.<sup>33</sup> Het is niet heel gek om te denken dat de term biodiversiteit zijn succes te danken heeft aan de mogelijkheid om de schaal makkelijk aan te passen. Hierdoor leent het zich dus perfect voor biologen en ecologen wanneer het doel is om helder te krijgen hoe een ecosysteem functioneert, voor genetici is het een ideale term om variatie in genen in bepaalde soorten aan te duiden, en voor beleidsmakers en politici die zich voornamelijk met natuur bezighouden is biodiversiteit een goed begrip om op een grotere schaal variatie aan te duiden.

Door het weidverspreide gebruik wordt de term ook regelmatig vermeden. Zo komt het woord biodiversiteit (biodiversity) niet voor in het artikel van Berglund et al, maar wordt verwezen naar diversiteit in vaatplanten om specifieker aan te duiden wat bedoeld wordt. In het verdrag inzake biologische diversiteit uit 1992 wordt de term ook niet gebruikt. Hier staat biologische diversiteit gedefinieerd als; de variatie tussen levende organismen uit alle bronnen (zowel ecosystemen op land als in zee) en de verhoudingen waarin deze soorten zich bevinden. Dus diversiteit binnen soorten, tussen soorten en ecosystemen, met andere woorden: biodiversiteit.<sup>34</sup> Hierin komt wederom naar voren dat de term op verschillende schaalniveaus toegepast kan worden.

Welke definitie of beter gezegd; welke schaal van biodiversiteit gehanteerd wordt, heeft grote gevolgen voor het vervolg van dit onderzoek. Of een ecosysteem wel of niet binnen de grenzen van de term behoort, heeft grote gevolgen voor de onderzoeksmethoden. Wanneer de term niet precies wordt ingekaderd, kunnen dus communicatiefouten ontstaan.

Kritiek onder wetenschappers is ruimschoots aanwezig door de vaagheid van de term. Maar het doel van de term is om allesomvattend te zijn. Hierin is het zeker succesvol geweest. In principe is de term biodiversiteit begonnen als media-instrument en langzaam geïntegreerd in de wetenschappelijke wereld. Maar de term is niet gemaakt voor de wetenschappelijke wereld en dit zorgt voor een mismatch, want wetenschappers kunnen biodiversiteit niet onderzoeken. Zij kunnen alleen proxies onderzoeken die een indicatie geven van biodiversiteit.<sup>35</sup> De huidige consensus voor zover bekend is dat biodiversiteit niet te meten is en ook moeilijk is te definiëren. Een manier die het meest overkoepelend wordt geacht is soortenrijkdom. Maar er zijn meerdere soortenrijkdommen die gedefinieerd kunnen worden die allemaal onder de term biodiversiteit vallen. Het aantal soorten en de wisselwerking daarvan is te complex om goed in een duidelijke term samen te vatten.<sup>36</sup>

---

<sup>32</sup> Birks, *et al.*, 1991.

<sup>33</sup> Smeenge, H., 2020.

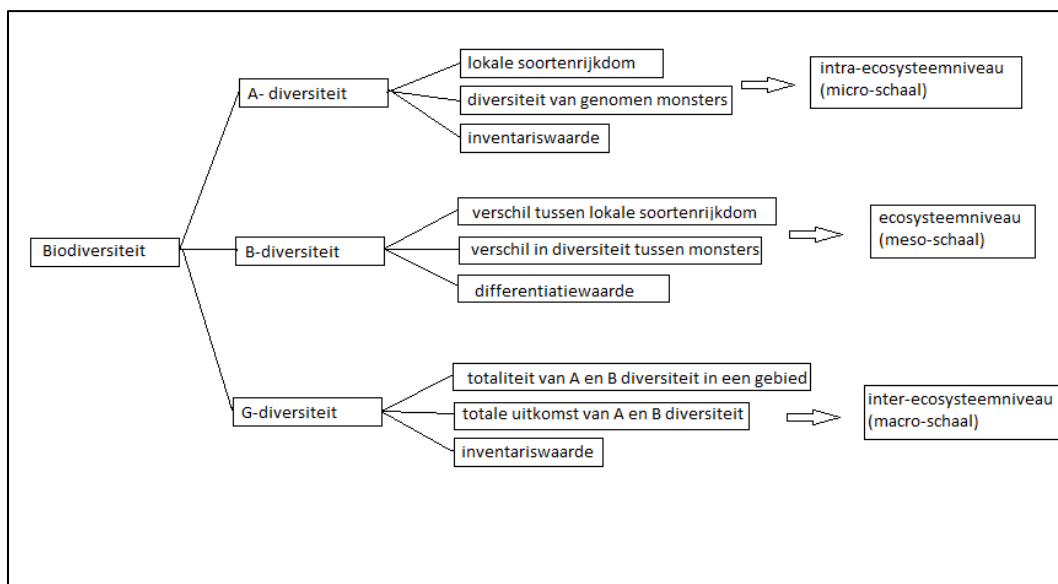
<sup>34</sup> [wetten.overheid.nl](http://wetten.overheid.nl)

<sup>35</sup> Morar, *et al.*, 2015.

<sup>36</sup> Norton, B.G., 2008.

Onderzoekers, journalisten, politici zijn met deze term aan de haal gegaan waardoor het vervolgens alle variatie binnen de natuur omvat. Vanwege de complexiteit van de natuur is het dus logisch dat biodiversiteit niet in cijfers is te bevatten en dus onmeetbaar is. Hierdoor kan de vraag gesteld worden; welke definitie van biodiversiteit moet aangehouden worden? Misschien is het een beter idee om deze term alleen toe te passen wanneer in globale zin over behoud van natuur wordt gesproken. Een ander alternatief is om de term biodiversiteit te vermijden omdat elke wetenschapper de term naar eigen hand zet op basis van wat op dat moment handig is. Een derde optie is om een duidelijk verschil aan te houden tussen de definitie, en het toepassen van het begrip, bijvoorbeeld: wanneer gesproken wordt van het vergroten van biodiversiteit door het terugbrengen van de bever, omvat dit een fractie van de biodiversiteit. Dit betekent echter niet dat het alomvattende begrip gevaar loopt om versimpeld te worden tot het voorkomen van bevers in een gebied.<sup>37</sup>

Nog voor Biodiversiteit een rage werd, introduceerde R.H. Whittaker een aantal definities voor verschillende soorten variaties van organismen. Hij introduceerde in de jaren 70 van de vorige eeuw de term alpha- beta- en gamma-diversiteit. Hierbij wordt alpha diversiteit (A-diversiteit) gedefinieerd als de soortenrijkdom van een gemeenschap. A diversiteit betreft dus de biodiversiteit binnen een lokaal ecosysteem. In artikelen zoals (Birks, et al., 2011) wordt er bij A diversiteit ook wel verwezen naar de variatie in een palynologisch monster. B-diversiteit wordt gedefinieerd als de omvang van verschillen tussen ecosystemen in een habitat. in (Birks, et al., 2011) wordt B-diversity gebruikt om de variatie tussen palynologische monsters aan te duiden. Gamma diversiteit wordt ook wel de totale diversiteit genoemd en verwijst naar de biodiversiteit van een landschap of geografisch gebied. Volgens Whittaker bepaalt zowel A en B diversiteit de G diversiteit.<sup>38</sup> Omdat in het kader van deze scriptie de biodiversiteit van een geografisch gedefinieerd gebied (Oost-Nederland) onderzocht wordt, zal Gamma diversiteit de beste proxy zijn voor biodiversiteit. (Zie figuur 4 voor de visualisatie van de verschillende soorten diversiteit zoals door Whittaker is onderscheiden).



Figuur 4: inkadering van biodiversiteit naar de begrippen van Whittaker. A-diversiteit omvat soortenrijkdom en slaat op biodiversiteit op microniveau, B-diversiteit omvat ecosystemenrijkdom en kan als waarde voor biodiversiteit op mesoniveau gezien worden. G-diversiteit is het totaal van A- en B-diversiteit in een gebied en kan als surrogaatwaarde gezien worden van biodiversiteit.

<sup>37</sup> DeLong, D.C., 1996.

<sup>38</sup> Whittaker, R.H., 1972.

In principe wordt hierdoor de term biodiversiteit wel gehandhaafd maar wordt deze globaal ingekaderd door het begrip in hoofdlijnen te splitsen, namelijk: ecosystemen en soortenrijkdom. Hoewel het voor deze scriptie dus beter is om het begrip biodiversiteit te vermijden tijdens het uitvoeren van het onderzoek, kan deze term gebruikt worden om in globale zin uit te drukken hoe het met de natuur gesteld is in bijvoorbeeld de conclusie. Voor het onderzoek zelf kan biodiversiteit het best ingekaderd worden door middel van de begrippen die Whittaker introduceerde in de jaren 70. Naar verwachting dekt deze inkadering enigszins de lading van dit veelzijdige begrip. G-diversiteit kan dus als surrogaatbegrip van biodiversiteit gezien worden.

### 2.3: De rol van (bio)diversiteit in ecosystemen.

Theoretisch gezien wordt er een duidelijk onderscheid gemaakt tussen ecosystemen en biologische diversiteit (soortenrijkdom). Met een ecosysteem wordt de wisselwerking tussen organismen in een bepaald gebied bedoeld wat verwijst naar het systeem van samenleving. Met biodiversiteit wordt in de ecologie vaak verwezen naar de soortenrijkdom binnen een ecosysteem. Deze zijn tot zekere hoogte niet met elkaar verbonden. Een ecosysteem kan nog helemaal intact zijn met een relatief lage biodiversiteit maar hoe meer variatie in diersoorten hoe sterkere en meer weerbaar een ecosysteem is.<sup>39</sup> In zekere zin is biodiversiteit dus een van de vele meetwaardes om de gezondheid van ecosystemen te meten. Zoals eerder uitgebreid toegelicht, is de term biodiversiteit in de wetenschap erg breed en omvat soortenrijkdom, genenrijkdom en ecosystemenrijkdom.<sup>40</sup> Dit zijn echter brede begrippen en hierdoor is het onmogelijk om biodiversiteit in de breedste zin te onderzoeken.

Volgens de huidige stand van kennis worden verschillende hypothesen over de relatie tussen ecosystemen en soortenrijkdom onderscheiden. De zogenaamde '*redundancy hypothesis*' gaat ervan uit dat er een overmaat van diersoorten in een ecosysteem aanwezig is en dat wanneer enkele soorten verdwijnen, de integriteit van het ecosysteem niet per se is verloren omdat sommige soorten taken van verdwenen soorten kunnen overnemen. Daarnaast zou het ecosysteem verzadigd zijn wanneer alle taken binnen een dergelijk systeem zijn toegedeeld aan een bepaalde diersoort. Wanneer dusdanig veel soorten verdwijnen dat taken binnen een ecosysteem niet meer vervuld kunnen worden, spreekt men van een soort drempel. Als het aantal diersoorten binnen een ecosysteem onder die drempel komt, verdwijnt de integriteit van het ecosysteem en zullen nog meer diersoorten verdwijnen omdat de wisselwerking weg is.

Daarnaast bestaat de hypothese dat elke diersoort binnen een ecosysteem een eigen belangrijke waarde vervult en dat biodiversiteit dus niet simpel in cijfers te vatten is. Zolang bepaalde soorten met een sleutelrol intact blijven zou het ecosysteem ook intact moeten blijven.<sup>41</sup>

In de praktijk wordt soortenrijkdom het meest gebruik bij wetenschappelijk onderzoek naar biodiversiteit. Het is namelijk veel praktischer om de focus te leggen op bepaalde soorten. Er kan echter beargumenteerd worden dat dit niet het volledige plaatje schept. Alleen soortenrijkdom zegt namelijk niets over het totale functioneren van ecosystemen. Processen en functionele groepen blijven onderbelicht. Het verdwijnen van diersoorten is nooit willekeurig maar het gevolg van een specifieke stress op het ecosysteem.<sup>42</sup>

---

<sup>39</sup> Kurt, J., 2010.

<sup>40</sup> Kurt, J., 2010.

<sup>41</sup> Kurt, J., 2010.

<sup>42</sup> Kurt, J., 2010.

Hoewel biodiversiteit (in dit geval soortenrijkdom) een belangrijke meetwaarde is voor hoe het er met de natuur aan toe gaat, is dit dus zeker niet de enige. Onder “*overall ecosystem functioning*” wordt verstaan hoe goed een ecosysteem functioneert en dus hoe het met de natuur gesteld is.<sup>43</sup> Dit heeft echter betrekking tot alle processen binnen een ecosysteem en staat dus niet direct in verband met soortenrijkdom maar valt idealiter wel onder biodiversiteit. Dit is echter een gevaarlijk pad om te bewandelen, want er wordt ook beargumenteerd dat het onmogelijk is om de algehele functie van een ecosysteem te waarderen. Hierdoor wordt beweerd dat bij het onderzoek naar hoe goed het gaat met de natuur, er altijd een selectie van waardes geselecteerd moet worden om te onderzoeken. Deze geselecteerde waardes zullen dan als proxy moeten dienen.<sup>44</sup> Dit is echter lastig want dit moet worden uitgevoerd door te focussen op bepaalde reactiewaardes en op diversiteit van bepaalde groepen. Een bepaalde gebeurtenis kan namelijk de soortenrijkdom verhogen voor een bepaalde groep in een trofische level van de voedselketen terwijl de ander juist lager wordt. Daarnaast hebben bepaalde veranderingen of gebeurtenissen een verschillende impact op een ecosysteem als de samenstelling van soorten anders is. De onduidelijkheden die hierdoor bij onderzoek ontstaan, worden geprobeerd tegen te gaan door een soort drempelwaarde te formuleren dat als referentiekader kan dienen. Het doel is dus om een paar goede factoren te definiëren die indicatief zijn voor het hele ecosysteem. De natuur kent echter een oneindigheid aan processen die allemaal als potentiële meetwaarde kunnen dienen.<sup>45</sup> Soortenrijkdom is hierin een van de factoren en is heel breed geformuleerd.

Tabel 1: de twee belangrijkste theorieën over ecosystemen en de bijbehorende drempelwaardes, overzichtelijk in een tabel.

| Ecosysteem            | De belangrijkste theorieën | Mogelijk te berekenen drempelwaardes voor algehele kwaliteit van een ecosysteem |
|-----------------------|----------------------------|---|
| Ecosystem functioning | Redundancy-hypothese       | Soortenrijkdom  |
|                       |                            | Rol van verschillende soorten   |
|                       | Sleutelsoortenhypothese    | Wisselwerking tussen ecosystemen  |
|                       |                            | Reactiewaardes van bepaalde groepen   |
|                       |                            | Verhouding van soorten  |
|                       |                            | Etc.  |

Dit betekent dat soortenrijkdom (wat vaak wordt gebruikt als synoniem voor biodiversiteit) maar één meetwaarde is binnen het functioneren van een ecosysteem. En een ecosysteem is een door de mensen bedachte inkadering van natuur. Er zal dus geen sprake zijn van een direct causaal verband tussen de kwaliteit van een ecosysteem in het landschap en de soortenrijkdom. Hierover is echter nog geen consensus want visies verschillen tussen onderzoekers. De betekenis van soortenrijkdom als enige waarde moet dus niet overschat worden.

Een voordeel is dat ook in onderzoeken die de afgelopen decennia zijn uitgevoerd naar biodiversiteit, vanwege praktische redenen vooral kruidachtige planten gebruikt werden om de diversiteit te meten. Dit zou pollenonderzoek dus een erg geschikte methode maken om historische biodiversiteit te achterhalen. Uitsluitend palynologisch onderzoek vertelt echter niet het complete verhaal. Door alleen met name kruidachtige planten als proxy te gebruiken, wordt maar een van de vele trofische

<sup>43</sup> Kurt, J., 2010.

<sup>44</sup> Kurt, J., 2010.

<sup>45</sup> Kurt, J., 2010.

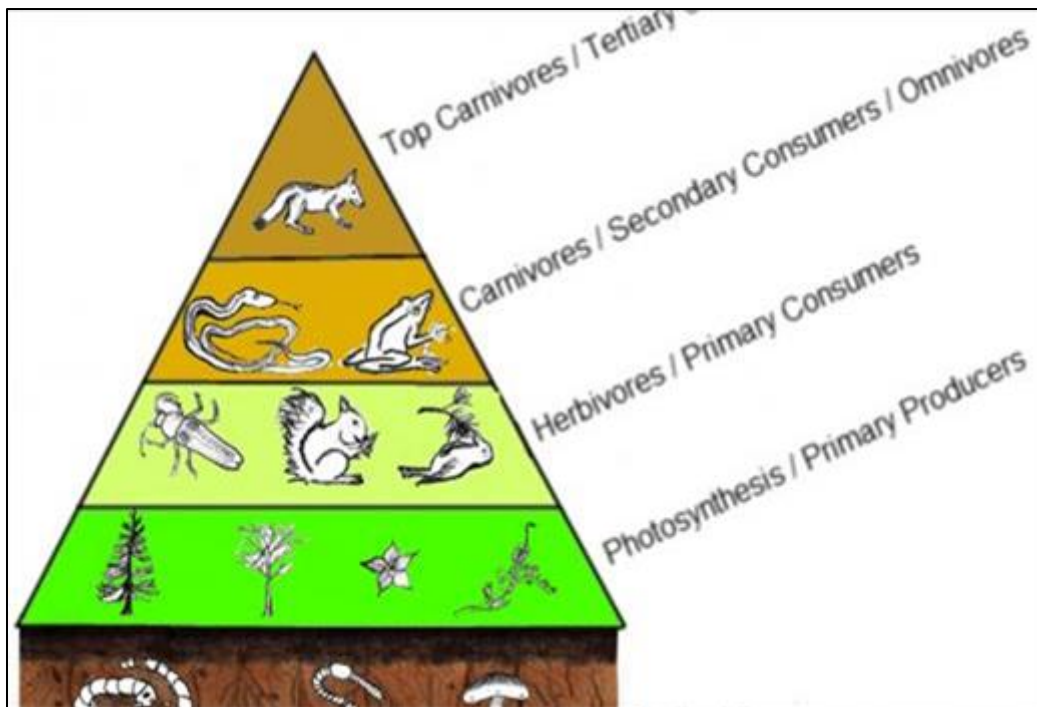
niveaus van een ecosysteem onderzocht. Dit zal mogelijk het totale plaatje tekortdoen. Dit is een van de redenen dat alleen pollenonderzoek niet volstaat voor de reconstructie van de biodiversiteit. De ontwikkeling van fauna is even belangrijk, maar blijft dan onderbelicht. Het is in het verleden namelijk gebeurd dat als gevolg van extensief grondgebruik door de mens, er een stijging in soortenrijkdom van planten plaatsvond, en een daling in fauna. Een voorbeeld dat hiervoor van toepassing kan zijn is het verdwijnen van groot wild in Nederland. Dit zal wel degelijk impact hebben gehad op het hele ecosysteem, of was misschien zelfs het gevolg van aantasting van een ecosysteem terwijl dit niet terug is te vinden in het pollenbestand.

#### 2.4: Kanttekeningen bij onderzoeken in het verleden.

Op basis van voorgaande paragrafen is het onderzoeken van biodiversiteit dus niet zo makkelijk als het lijkt. In geen enkel geval zal biodiversiteit in de meest brede zin onderzocht kunnen worden omdat het geen meetbaar begrip is. Daarom moet gekozen worden voor meerdere meetwaardes die naar verwachting de beste indicatie geven van een goed functionerend milieu, want dat is uiteindelijk wat getracht wordt te meten als men over biodiversiteit spreekt. In het verleden is biodiversiteit vooral onderzocht door middel van palynologisch onderzoek. In deze paragraaf wordt kort besproken waarom alleen palynologisch onderzoek niet toereikend is om meer te weten te komen over biodiversiteit.

Palynologisch onderzoek is waardevol gereedschap om inzicht te krijgen in de biodiversiteit van het verleden. Deze zin lijkt tegenstrijdig met de alinea hierboven, maar palynologisch onderzoek biedt een relatief goed beeld van de soortenrijkdom van een bepaald gebied in de laagste trofische niveau. Om binnen de termen van Whittaker te blijven, kan A-diversiteit van een gebied gemeten worden van de laagste

trofische niveau. Deze totale ruwe soortenrijkdom is een belangrijke meetwaarde voor biodiversiteit. Voor archeozoologische data geldt grofweg hetzelfde. Ook hierbij wordt een beeld geschetst van A-diversiteit, maar afhankelijk van de data, kan een overzicht verkregen worden van meerdere trofische niveaus. Botanische en archeozoologische data, vormen samen dus een belangrijke meetwaarde voor biodiversiteit. Door grip te krijgen op zowel de flora als de fauna door middel van bio-archeologische data, worden meerdere trofische levels van de voedselketen vertegenwoordigd. In theorie zal door middel van deze samenstelling van data, de A-diversiteit van de complete keten van een ecosysteem onderzocht kunnen worden. Een kanttekening is dat strikte ruimtelijke verspreiding in deze gevallen niet aanwezig zal zijn. Dit heeft gevolgen voor het onderzoeken van B-diversiteit.



Figuur 5: een voorbeeld van een voedselweb met verschillende trofische niveaus, bron: Nederlandse instituut voor ecologie (NIOO-KNAW)

Een deel van het probleem dat wetenschappers ondervinden aan de term biodiversiteit is dat deze term naast alleen soortenrijkdom, ook de dynamiek en complexiteit van soorten bevat. Om een beeld te krijgen van biodiversiteit voor zover dat kan, moeten deze aspecten ook onderzocht worden. In theorie dekt B-diversiteit enigszins die lading. B-diversiteit omschrijft de verschillen in A diversiteit op interlokale schaal (dus de verschillen en overeenkomsten tussen A-diversiteit in een bepaald gebied). In minder abstracte taal kan dit omschreven worden als de verschillen in soortensamenstelling van verschillende ecosystemen binnen een landschap. Hierdoor krijgt men een beeld van de relatieve kracht van diersoorten in een bepaald gebied en laat daarbij zien hoe verschillende ecosystemen hier effect op hebben. B-diversiteit is dus onmisbaar voor een enigszins goed beeld van de biodiversiteit, en komt niet tot uiting aan de hand van bio-archeologisch onderzoek. In (Birks, et al., 1996), wordt B-diversiteit gebruikt om de verschillen in de palynologische monsters uit te drukken. Het lappendeken van ecosystemen dat een landschap bevat komt echter niet volledig tot uiting in de B-diversiteit van palynologische monsters omdat het aantal ecosystemen en de soortenrijkdom binnen een gebied niet afgeleid kan worden van deze data. Hierdoor is Palynologie niet toereikend voor B-diversiteit. In de volgende paragraaf wordt hiervoor een oplossing gesuggereerd.

Volgens Whittakker vormen A- en B-diversiteit samen de G-diversiteit. Gamma-diversiteit omvat de diversiteit van soorten en ruimtelijke verschillen daarvan in een bepaald geografisch gebied. Naar verwachting is dit de beste graadmeter voor biodiversiteit omdat het gericht is op diversiteit maar ook de complexiteit en dynamiek daarvan binnen een landschap redelijk goed omvat. Palynologisch onderzoek zou dus een belangrijke schakel vormen in het onderzoek naar biodiversiteit maar vormt niet een compleet beeld. Omdat het onderzoek hierdoor de focus verlegt naar ecosystemen en daardoor een meer landschappelijke tint krijgt, lijkt het erop dat een meer holistische benadering noodzakelijk zal zijn wanneer het onderzoek zich op biodiversiteit richt.

## 2.5: Een landschapsbenadering voor biodiversiteit als oplossing.

In voorgaande paragraaf is aandacht besteed aan waar precies het pijnpunt ligt bij het onderzoeken van historische biodiversiteit. Zoals hierboven behandeld is, is een variatie aan ecosystemen ook een belangrijke waarde die in onderzoek vaak door middel van een proxy wordt uitgedrukt in B-diversiteit. Maar dit kan niet achterhaald worden door middel van bio-archeologisch onderzoek. Ter aanvulling moet dus een manier gevonden worden om de lading van B-diversiteit te dekken. B-diversiteit is echter een proxy voor ecosystemenrijkdom. Wellicht kan deze proxy ingeruild worden voor de bron, namelijk: diversiteit aan ecosystemen. In principe zou meer soorten ecosystemen, een hogere biodiversiteit op grotere schaal moeten betekenen. Meerdere onderzoeken die in de stand van onderzoek behandeld zijn, wijzen dat uit. Dit zou zich vertalen naar een meer gevarieerd landschap. Een analogie hierop is dat een onderzoeker die zich bezighoudt met een landschapsgericht onderzoek, zich ook niet beperkt tot de losse elementen binnen dat landschap van alleen beekdalen of stuwwallen. Juist de dynamiek van deze typen is belangrijk om het landschap te leren begrijpen. Wellicht is dit ook het geval met biodiversiteit in Oost-Nederland. In deze paragraaf wordt kort de mogelijkheid onderzocht om biodiversiteit op een schaalniveau hoger te onderzoeken. Hiervoor staat de diversiteit van ecosystemen centraal.

Naast biodiversiteit, loopt de term ecosysteem hetzelfde gevaar om conceptueel andere betekenissen te hebben binnen verschillende wetenschappelijke disciplines. Zo wordt er een statische variant onderscheiden zoals een plant- of bodem gebonden ecosysteem. Dit is een duidelijke afbakening gebaseerd op historische ontwikkelingen (zowel aardwetenschappelijk als diversiteit in planten). Een tweede mogelijkheid is een mobiele definitie die vaak wordt toegepast om ecosystemen van diersoorten helder te krijgen. Hierdoor wordt ecosysteem een vaag abstract iets en is deze afhankelijk van waar diersoorten zich op dat moment bevinden. De tweede variant is organisme georiënteerd waardoor beter naar de term habitat verwezen kan worden. De eerste variant kan dan als ecosysteem beschouwd worden met als definitie: een volumetrisch gelaagd en plaatsgebonden object.<sup>46</sup> Ecodiversiteit is dus het aantal soorten gebieden waar door aardwetenschappelijke en historische ontwikkeling in plantensoorten (zowel natuurlijk als antropogeen) een eenheid is gedefinieerd. Zoals de wisselwerking tussen landschappen veel invloed op elkaar hebben, geldt dat ook voor ecosystemen. Zo kan gesteld worden dat biodiversiteit direct afhankelijk is van ecodiversiteit. Een lappendeken van landschappen/ecosystemen dat op dynamische wijze verandert in tijd en ruimte zoals dat gedefinieerd wordt in (Rowe 1992).<sup>47</sup>

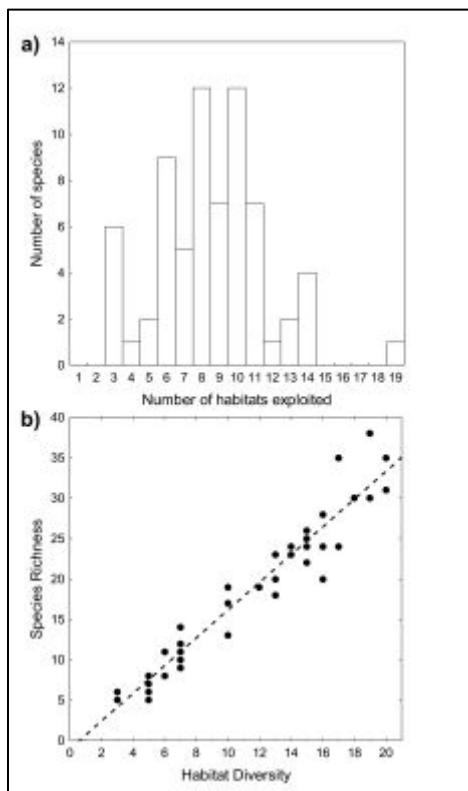
Deze benadering op ecosystemen in landschappelijke context, is getest op basis van de diversiteit van diersoorten en ecosystemen in een gebied.<sup>48</sup> Hieruit blijkt dat er een directe link is tussen soortenrijkdom en ecosystemenrijkdom, en dat ecosystemen afhankelijk zijn van abiotische factoren zoals geomorfologie en bodemvorming. In dit genoemde onderzoek zijn in een afgebakend gebied 21 ecosystemen onderscheiden gebaseerd op voornamelijk vochtgraad en vruchtbaarheid van de bodem. In deze ecosystemen zijn de boom- en plantensoorten gekarteerd. Op basis hiervan is A-diversiteit en B-diversiteit berekend. Hieruit blijkt dat er een groot verschil is in A-diversiteit tussen de ecosystemen. Dit betekent dat sommige ecosystemen veel meer soorten waarborgen. Dit zijn voornamelijk de nattere ecosystemen. B-diversiteit laat zien dat alle ecosystemen een verschillende soortensamenstelling hebben. De meest vergelijkbare ecosystemen zijn maar voor 53% gelijk. Het lijkt erop dat de grootste verschillen tussen ecosystemen bepaald zijn door een vruchtbare of zure

---

<sup>46</sup> Rowe, J.S./B.V., Barnes, 1994.

<sup>47</sup> Rowe, J.S., 1992.

<sup>48</sup> Lapin., M/B.V. Barnes, 1995.



Figuur 6: statistisch verband tussen habitats en soortenrijkdom. Deze figuren laten zien dat een groter aantal habitats, ook een grotere soortenrijkdom betekend. (Hortal, et al., 2009).

bodem. Hoewel veel ecosystemen planten herbergen die niet uniek zijn binnen dat systeem, vervullen deze vaak wel een andere rol in de wisselwerking tussen de soorten.

Wanneer uitgezoomd wordt op een landschappelijke schaal, blijkt dat het aantal verschillende soorten ecosysteemgroepen binnen een bepaald gebied een goede schatting is van de gamma diversiteit. Alleen A-diversiteit meten zou een te oppervlakkig beeld geven van de biodiversiteit. Het grootste argument dat hiervoor gegeven wordt is dat soortenrijkdom een systeem-gerelateerd attribuut is van een ecosysteem. Het totale functioneren van het ecosysteem is iets dat plant- of diersoorten zelf niet kunnen reguleren maar is alleen mogelijk door de wisselwerking tussen soorten.<sup>49</sup> Dit zou betekenen dat het functioneren van een ecosysteem belangrijker is dan soortenrijkdom. Dit is potentieel gunstig omdat hiermee gesuggereerd wordt dat het aantal ecosystemen binnen een gebied een betrouwbaardere manier is om gamma diversiteit te meten dan A- en B-diversiteit omdat deze heel afhankelijk zijn van de genomen monsters. Dit betekent dat historisch- en aardwetenschappelijk kaartmateriaal potentieel een belangrijke bron kan zijn om Gamma diversiteit in het verleden te achterhalen. Geomorfologie en bodemvorming zijn belangrijke factoren voor de vorming

van een plantendeck welke gebruikt wordt om een ecosysteem te definiëren. Het onderzoeken van deze drie factoren door middel van kaartmateriaal kan dus veel informatie opleveren over het aantal ecosystemen dat in een gebied aanwezig is.

Meerdere onderzoeken belichten het belang van habitat diversiteit voor de totale soortenrijkdom van een gebied. Een habitat verwijst echter naar de verspreiding van een soort en dus niet naar een ecosysteem. Het principe is echter hetzelfde. Meer variatie in leefomgeving betekent meer diversiteit. De variatie in habitats binnen een gebied wordt habitat-heterogeniteit genoemd. Het lijkt erop dat er vrijwel altijd een positieve correlatie is tussen habitat-heterogeniteit en soortenrijkdom binnen een gebied. Dit is onder andere getest door (Hortal, et al., 2009) (zie figuur 6), waarbij meerdere eilanden zijn onderzocht om te ontdekken of er een relatie is tussen habitat types en soortenrijkdom. Van de 23 onderzochte gebieden was er bij geen enkel geval sprake van een negatieve correlatie tussen soortenrijkdom en habitat-heterogeniteit. In de meeste gevallen was die positief en lineair. In enkele gevallen niet significant. In de niet significante gevallen ging het om soorten die in meerdere habitattypes kunnen leven. Het is echter niet zo dat meer habitatvariatie altijd meer diversiteit betekent. Het lijkt er namelijk op dat wanneer habitat-heterogeniteit een bepaalde waarde bereikt, er sprake is van verzadiging van ecosystemen.<sup>50</sup> Hier wordt ook wel gesproken van de “area-heterogeneity tradeoff” gesproken.

Naast habitatrijkdom, heeft de omvang van het gebied ook een grote impact op de gamma diversiteit. In theorie betekent een groter gebied een grotere capaciteit om populaties te onderhouden. Maar de omvang van een gebied en het aantal ecosystemen moet in verhouding zijn.

<sup>49</sup> Lapin., M/B.V. Barnes, 1995.

<sup>50</sup> Hortal, J., et al., 2009.



Wanneer in een vast gebied te veel verschillende ecosystemen ontstaan, wordt het voor organismen moeilijker om een duurzame populatie te onderhouden. Te veel variatie zou dus de kans kunnen vergroten voor het uitsterven van bepaalde soorten, voornamelijk soorten met een hele specifieke niche zullen gevoeliger zijn voor een te hogere heterogeniteit. Ook zou de totale biomassa achteruit kunnen gaan omdat bepaalde habitats te klein worden voor bepaalde soorten.<sup>51</sup> Hoewel dit theoretisch logisch lijkt is bewijs hiervoor controversieel.<sup>52</sup> Wel is zeker dat een groter aantal Habitats in de regel meer diversiteit betekent. Dit zou betekenen dat er een direct verband is tussen Habitats en soortenrijkdom. Er kan aangenomen worden dat dit verband ook aanwezig is tussen ecosystemen en soortenrijkdom omdat het achterliggende principe hetzelfde is.

Onderzoek naar vroegere ecosystemen leent zich hierdoor wellicht voor het onderzoek naar historische biodiversiteit. Het kan een mooi middel zijn om een goede indicatie te krijgen van de Gamma diversiteit van een plek. Voornamelijk wanneer topografische kaarten aanwezig zijn van een bepaalde periode kan dit een goede aanvulling zijn op bio-archeologisch onderzoek. Hierdoor wordt een landschapsbenadering op biodiversiteit haalbaar. Er moet echter rekening gehouden worden met een paar zaken. Wanneer op basis van kaartmateriaal een aantal ecosystemen worden vastgesteld, is er nog te weinig bekend over de kwaliteit van het ecosysteem. De kwaliteit van een landschapstype en de bijbehorende habitat kan door de tijd heen sterk verschillen. Dit is bijvoorbeeld overduidelijk in de transitie van blauwgraslanden naar uitgestrekt raaigras wat ten koste is gegaan van de biodiversiteit in Friesland.<sup>53</sup> In Twente is ditzelfde proces terug te zien waar zelfs in natuurgebieden een achteruitgang is waar te nemen in soortenrijkdom. Zo is bijvoorbeeld in een natuurgebied nabij Hengelo een duidelijke achteruitgang van soortenrijkdom waar te nemen op basis van vegetatieopnamen tussen 1939 en 1974. Verschillende oorzaken als verdroging, vermessing en verzuring liggen hieraan ten grondslag.<sup>54</sup>

Het nadeel van een landschapsbenadering voor biodiversiteit is dat het een indicatie geeft van de biodiversiteit op meta niveau, maar de kwaliteit van de ecosystemen zelf niet wordt achterhaald. Wanneer naar biodiversiteit wordt gekeken op een landschapsschaal, is onderzoek doen op twee schaalniveaus de beste optie: de heterogeniteit van het landschap als overkoepelend niveau en de daarin aanwezige ecosystemen op lokaal niveau. In theorie zal hierdoor een goede indicatie ontstaan van biodiversiteit. Idealiter zou per gedefinieerd ecosysteem een bio-archeologisch onderzoek plaatsvinden om een goede ruimtelijke verspreiding van A- en B-diversiteit van een gebied te krijgen. Ondanks dat de ruimtelijke verspreiding van A-diversiteit niet aanwezig zal zijn, zal het definiëren van Ecosystemen op basis van kaartmateriaal, als B-diversiteit kunnen fungeren waardoor biodiversiteit wordt onderzocht op basis van soortenrijkdom (bio-archeologisch onderzoek), en ecosystemenrijkdom (historisch en aardwetenschappelijk kaartmateriaal).

Hoewel hiermee nog steeds niet de lading volledig is gedekt wat biodiversiteit betreft, worden de belangrijkste waarden wel onderzocht. Na de volgende hoofdstukken moet blijken of deze methode bruikbaar kan zijn voor toekomstig onderzoek. Tot slot moet gemeld worden dat deze methode voor ecosystemenrijkdom alleen mogelijk is vanaf 1850 omdat het kaartmateriaal vanaf dat moment van voldoende kwaliteit is. Voor onderzoek naar A-diversiteit is de volledige tijdspanne vanaf de Middeleeuwen wel mogelijk.

---

<sup>51</sup> Allouche, *et al.*, 2012.

<sup>52</sup> Hortal, *et al.*, 2013.

<sup>53</sup> Braaksma, M., 2019.

<sup>54</sup> Dirx, J., 2002.

## 2.6: Hoe kan biodiversiteit in het verleden het best onderzocht worden? (onderzoeksmethode)

In principe bestaat er dus geen enkele opzichzelfstaande meetmethode om biodiversiteit te onderzoeken. De beste manier om globaal een indicatie te krijgen van biodiversiteit in een gebied, is door de inkadering van Whittaker te gebruiken. Hierdoor wordt biodiversiteit onderzocht door middel van twee proxies. De eerste is een goede schatting van de A-diversiteit, de tweede is een duidelijk beeld van de B-diversiteit. In minder abstracte termen kan gezegd worden dat hiermee soortenrijkdom en ecosystemenrijkdom onderzocht worden.

Bio-archeologische datasets zullen de voornaamste bron zijn voor A-diversiteit. Door zoveel mogelijk archeobotanische en zoöarcheologische gegevens uit de zandgronden van Oost-Nederland te combineren kan een diachrone weergave gemaakt worden van de ontwikkeling van soortenrijkdom. Dit komt in principe overeen met wat voorgaande studies voornamelijk hebben uitgevoerd.<sup>55</sup> Naar het voorbeeld van Brinkkemper en van der Jagt 2021, zal de database RADAR voor archeobotanie en BoneInfo voor archeozoölogie de voornaamste bron zijn. Het verschil in dit geval is dat uitsluitend naar data uit Oost-Nederland gekeken wordt (regio Twente, Salland en Achterhoek). Daarnaast zal de prehistorie en Romeinse tijd niet meegenomen worden in de analyse. De middeleeuwen zal dus als startpunt fungeren. Deze methode zal geen complete weergave bieden van de A-diversiteit maar zeker wel een goede indicatie geven. In hoofdstuk 3 van deze scriptie worden de mogelijkheden onderzocht om de A-diversiteit van Oost-Nederland vanaf de middeleeuwen in kaart te brengen.

Met behulp van bio-archeologische gegevens wordt een goed beeld gegeven van de variatie van soorten maar biodiversiteit omvat ook ecosystemenrijkdom en de wisselwerking daarvan. Hiervoor is een meer landschappelijke benadering nodig zoals in voorgaand paragraaf beschreven. Ecosysteemrijkdom zal dus gemeten worden aan de hand van landschapsheterogeniteit. De beste methode die vandaag de dag hiervoor beschikbaar zijn, zijn oude kaarten (militaire topografische kaart 1850) en aardwetenschappelijke kaarten (geomorfologische kaart en bodemkaarten). Omdat de mens het lappendeken van ecosystemen in het landschap naar eigen hand heeft gezet voor zover dat mogelijk is, zal de door de mens ingerichte landschappen veel informatie bieden over de verschillende habitattypen. Dit is voornamelijk in de vorm van heide, bossen, hooi en weilanden, akkers etc. Maar bodem speelt een vergelijkbaar belangrijke rol. Hierdoor zullen geomorfologische en bodemkaarten ook een belangrijke rol spelen. Verschillende bodems in het landschap zullen kleine verschillen weergeven in Habitats en ecosystemen. Door deze verschillen samen te voegen en overzichtelijk te maken, kunnen verschillende tijdsbeelden van ecosystemenrijkdom vervaardigd worden van 1850, 1900, 1950, en 2000. Daarnaast is het mogelijk om een soortgelijke grafiek te maken zoals dat bedoeld is voor de A-diversiteit. Het nadeel is dat het met deze methode alleen mogelijk is om ecosystemenrijkdom te reconstrueren vanaf 1850. Daarnaast is het erg tijdrovend werk om op deze manier grip te krijgen op de B-diversiteit. Daarom zal onderzoek op dit gebied, zich beperken tot een casestudie. Dit onderwerp zal in hoofdstuk 4 aan bod komen.

Door de A-diversiteit te koppelen met B-diversiteit zijn soortenrijkdom en ecosystemenrijkdom inbegrepen. Door dit samen te voegen en te vertalen naar een zogenaamde G-diversiteit wordt een goede indicatie gegeven van de algehele biodiversiteit. Uit de komende hoofdstukken moet blijken of hierdoor ook specifieke veranderingen aan te wijzen zijn die het resultaat zijn van specifieke stressoren. Idealiter zal ter aanvulling een landschapshistorisch onderzoek plaatsvinden dat zich richt

---

<sup>55</sup> Zie stand van onderzoek.

op biodiversiteit waarbij bronnen als Synbiosys van Alterra, markeboeken, en andere historische bronnen toegepast worden. In het kader van deze scriptie is hier geen tijd voor.

Een casestudie wordt op Markenniveau uitgevoerd. Een Marke leent zich voor een vertaalslag naar de grootschaligere ontwikkeling en dynamiek van het onderwerp omdat marken in grote lijnen relatief gelijke beheersvormen kenden. Daarnaast wordt aangenomen dat de denkwijze over processen die de basis vormde voor het handelen ten opzichte van natuurbeheersing en exploitatie, gelijk waren in de zandgronden van Oost-Nederland.

Niet in alle marken is botanisch onderzoek verricht. Dit maakt wellicht niet uit wanneer aangenomen wordt dat ontwikkelingen bij de ene Marke, in meer of mindere mate ook op andere markegronden van toepassing is. Specifieker onderzoek zal altijd wenselijk zijn maar is in dit geval niet haalbaar.

Uiteindelijk worden alle bovenstaande punten samengebracht tot een synthese. Door soortenrijkdom en ecosystemenrijkdom in combinatie te onderzoeken, kan naar verwachting een globaal beeld gegeven worden over de ontwikkeling van biodiversiteit in Oost-Nederland en hoe deze beïnvloed is geweest door landgebruik. Hiermee wordt dus antwoord gegeven op de hoofdvraag.

*Tabel 2: overzicht van bronnen die per onderdeel van deze scriptie geraadpleegd gaan worden.*

| <b>Aspecten van Biodiversiteit</b> | <b>Bronnen</b>                      | <b>Specifiek</b>                     |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| A-diversiteit                      | Palynologische bronnen              | RADAR database                       |
|                                    | Zoölogisch onderzoek                | BoneInfo database                    |
| B-diversiteit                      | Historisch kaartmateriaal           | Militaire topografische kaarten 1850 |
|                                    | Aardwetenschappelijk kaartmateriaal | Geomorfologische en bodemkaarten.    |
| G-diversiteit                      | Alle bovenstaande bronnen           | Alle bovenstaande bronnen            |

## Hoofdstuk 3: van archeologie naar biodiversiteit; A-diversiteit van flora en fauna (1050-2022).

In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden onderzocht voor een vertaalslag van bio-archeologische gegevens naar soortenrijkdom. Dit wordt gedaan door middel van archeobotanie en archeozoölogie waardoor zowel flora en fauna vertegenwoordigd zijn. In de eerste paragraaf zal een vertaalslag worden gemaakt van botanische onderzoeken naar soortenrijkdom. Vervolgens wordt hetzelfde gedaan voor archeozoölogisch materiaal. Tot slot wordt kort gereflecteerd op wat deze gegevens kunnen betekenen voor onderzoek naar biodiversiteit van Oost-Nederland.

### 3.1: Van archeobotanie naar A-diversiteit.

Alle gegevens met betrekking tot A-diversiteit van flora in deze studie zijn afkomstig van de macrobotanische analyses die zijn verzameld in de database RADAR. In deze database zijn alle botanische data verzameld van archeologische opgravingen uit Nederland. Om de vertaalslag naar A-diversiteit te maken, moeten een paar stappen ondernomen worden. Het opvragen van de juiste data was de eerste stap. Hiervoor is een query gemaakt waarbij de criteria was afgestemd op archeologisch gebied (in dit geval de zandgronden van Oost-Nederland), en datering (tussen 450 en 2020 na christus). Vervolgens zijn alle eenheden die niet binnen het onderzoeksgebied vallen, handmatig uitgefilterd. Voorbeelden zijn plaatsen als Zutphen en Deventer. Deze zijn niet meegenomen omdat het om Hanzesteden aan de rivier gaat. Deze zullen een compleet andere dynamiek hebben gehad dan het binnenland waar nog lang het markesysteem in zwang was. Hierdoor is de totalselectie uitgekomen op een dataset van 2018 resultaten. Deze zijn onderverdeeld in de vroege- en late middeleeuwen, en de nieuwe tijd. Wanneer een dataset in meerdere periodes gedateerd is, zal deze in alle overlappende periodes worden opgenomen. De uitwerking van de dataset wordt eerst per periode geanalyseerd en besproken.

De verzamelde data bestaan uit 3 kolommen namelijk: naam van de soort, in hoeveel monsters deze soort is aangetroffen, en hoeveel pollen of macroresten er in totaal zijn aangetroffen. Er wordt dus met twee meetwaardes gewerkt. Hierdoor zijn er meerdere mogelijkheden voor de interpretatie van een dataset. In dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat wanneer een soort bij een groot aantal monsters is aangetroffen en ook de absolute aantallen hoog zijn, de desbetreffende soort in heel Oost-Nederland dominant was. Wanneer beide waardes laag zijn, was de soort in het gehele onderzoeksgebied spaarzaam aanwezig. Wanneer een soort in veel monsters aanwezig is maar een laag aantal botanische resten weergeeft, kan dit meerdere betekenissen hebben. Zo kan dit duiden op een soort die weinig pollen uitstoot, of op grotere afstand van de monsternamen groeide. Wanneer een groot aantal botanische resten van een soort aanwezig zijn, maar deze niet in veel monsters is teruggevonden, duidt dit op een uitzonderlijk geval. Het is dan waarschijnlijk dat er een monster is genomen in de directe omgeving van de groeiplaats of dat het om macroresten gaat.

#### Vroege middeleeuwen

Uit de selectie van de meest vroege periode die in dit onderzoek wordt behandeld, komen 176 verschillende plantensoorten naar boven die in de vroege middeleeuwen gedateerd zijn. Voordat inhoudelijk op de resultaten wordt ingegaan, moet gemeld worden dat er flinke uitschieters in de

data aanwezig zijn. Zowel het aantal monsters waarin een soort voorkomt als de absolute aantallen kunnen erg verschillen. Zo komt Knopherik voor in 18 losse monsters en telt in totaal 43 botanische resten. Een ander uiterste is Bleke Klaproos die in één los monster voorkomt maar wel 100 stuks telt. Er zit dus een groot verschil in het aantal monsters en absolute hoeveelheden in de data. Van de 2 waardes die voornamelijk gemeten zijn (frequentie en contexten) hebben beide gegevens een hoge standaarddeviatie waarbij de grootste en kleinste aantallen aanzienlijk ver van elkaar verwijderd zijn. Een voorbeeld van een extreme uitbijter is bijvoorbeeld rogge welke in 41 afzonderlijke monsters is aangetroffen. Met een standaarddeviatie van 6 voor de hele dataset valt deze soort dus ver boven de standaardafwijking. Dit hoeft niet per se nadelig te zijn want Rogge is een cultuursoort. Omdat vrijwel alle botanische onderzoeken in een nederzettingcontext zijn uitgevoerd, hoeft deze afwijking niet kwalijk te zijn voor de interpretatie van de dataset. Het is echter alsnog verstandig om alle extremen nader te bekijken om na te kunnen gaan of er een logische verklaring is voor het voorkomen van een soort in hoge mate. Een scheidslijn die hiervoor aangenomen kan worden is 2x hoger dan de standaarddeviatie. Hierdoor blijven 13 soorten over in de vroege middeleeuwen (zie tabel 3).

Rogge, Haver, Gerst en Vlas zijn echte cultuurindicatoren. Dat deze soorten uitzonderlijk vaak voorkomen in deze dataset is dus zeker niet gek. Schapenzuring is echter niet een cultuurindicator maar wordt na rogge het meest frequent aangetroffen in een monster. Deze soort floreert op droge zure, schrale en kalkarme bodems met een relatief hoge stikstofneerslag. Het gaat vaak om de meest arme schrale bodems waar alleen schapen nog op kunnen grazen. Vandaar de naam schapenzuring.<sup>56</sup> Schapenzuring zal naar verwachting een plant zijn die floreert in of nabij een nederzetting vanwege de verhoogde stikstofneerslag van vee. Daarnaast zal deze plant eventueel op de woeste gronden van Oost-Nederland gegroeid hebben. Naar verwachting zal het aandeel van deze plant alleen nog maar toenemen in latere periodes. Gewone spurrie is eveneens een cultuurindicator. Deze soort is minder bekend maar valt onder inheemse gewassoorten en diende als groenbemesting en voedergewas op de meest arme gronden. Tegenwoordig groeit gewone spurrie langs en op zandige akkers. Daarnaast wordt deze soort gezien als pionierssoort op braakliggende gronden, of langs bermen van zandwegen.<sup>57</sup> Melganzenvoet is een soort die zeer snel opkomt op braakliggend terrein en wordt eveneens gezien als een cultuurvolger. Beklierde duizendknoop is net als schapenzuring een soort die het goed doet in combinatie met een hoog gehalte ammoniak, mest of stikstof en komt veel voor in gebieden waar intensieve veehouderij of akkerbouw plaatsvindt. Knopherik is eveneens een soort die op omgewerkte of geploegde bodems groeit. Voornamelijk op akkers en bermen. Zwaluw tong is tot slot ook een pionierssoort en kan als akkeronkruid beschouwd worden. Waterpeper groeit op vochtige plekken zoals langs water, maar ook op vochtige lage gronden in loofbossen of kapvlaktes. Daarnaast kan ook deze soort floreren op akkers wanneer water stagneert. In principe kan dus gesteld worden dat alleen hazelaar een echt vreemde eend in de bijt is. Deze soort is kenmerkend voor bosranden of ondergroei van bossen maar komt ook voor in struikgewas.

---

<sup>56</sup> [www.floravanNederland.nl](http://www.floravanNederland.nl)

<sup>57</sup> [www.FloravanNederland.nl/www.Ecopedia.be](http://www.FloravanNederland.nl/www.Ecopedia.be).

Tabel 3: soorten uit vroeg middeleeuwse context die het meest frequent in monster zijn aangetroffen. De selectie is gerangschikt van boven naar beneden. De soorten verwijzen naar de plantensoorten, verschillende context verwijst naar het aantal monsters uit verschillende sites, en frequentie verwijst naar de ruwe botanische data.

| Soort                  | Verschillende context | frequentie |
|------------------------|-----------------------|------------|
| Rogge                  | 41                    | 581        |
| Schapenzuring          | 40                    | 777        |
| Haver                  | 28                    | 592        |
| Gewone spurrie         | 27                    | 304        |
| Gerst                  | 25                    | 267        |
| Melganzenvoet          | 20                    | 731        |
| Beklierde duizendknoop | 20                    | 93         |
| Knopherik              | 18                    | 43         |
| Grassenfamilie         | 17                    | 55         |
| Vlas                   | 15                    | 148        |
| Waterpeper             | 14                    | 283        |
| Zwaluwtong             | 14                    | 53         |
| Hazelnoot              | 12                    | 66         |

Kort samengevat: van de 13 soorten die dubbel zo vaak voorkomen als de standaarddeviatie zijn 11 van de 13 resultaten cultuurindicatoren of directe cultuurvolgers. Waterpeper behoort niet echt tot de cultuurvolgers maar kan ook gedijen op akkers wanneer water stagneert. Er kan dus geconcludeerd worden dat dit een aanwijzing is voor een sterk door de mens gedomineerd landschap.

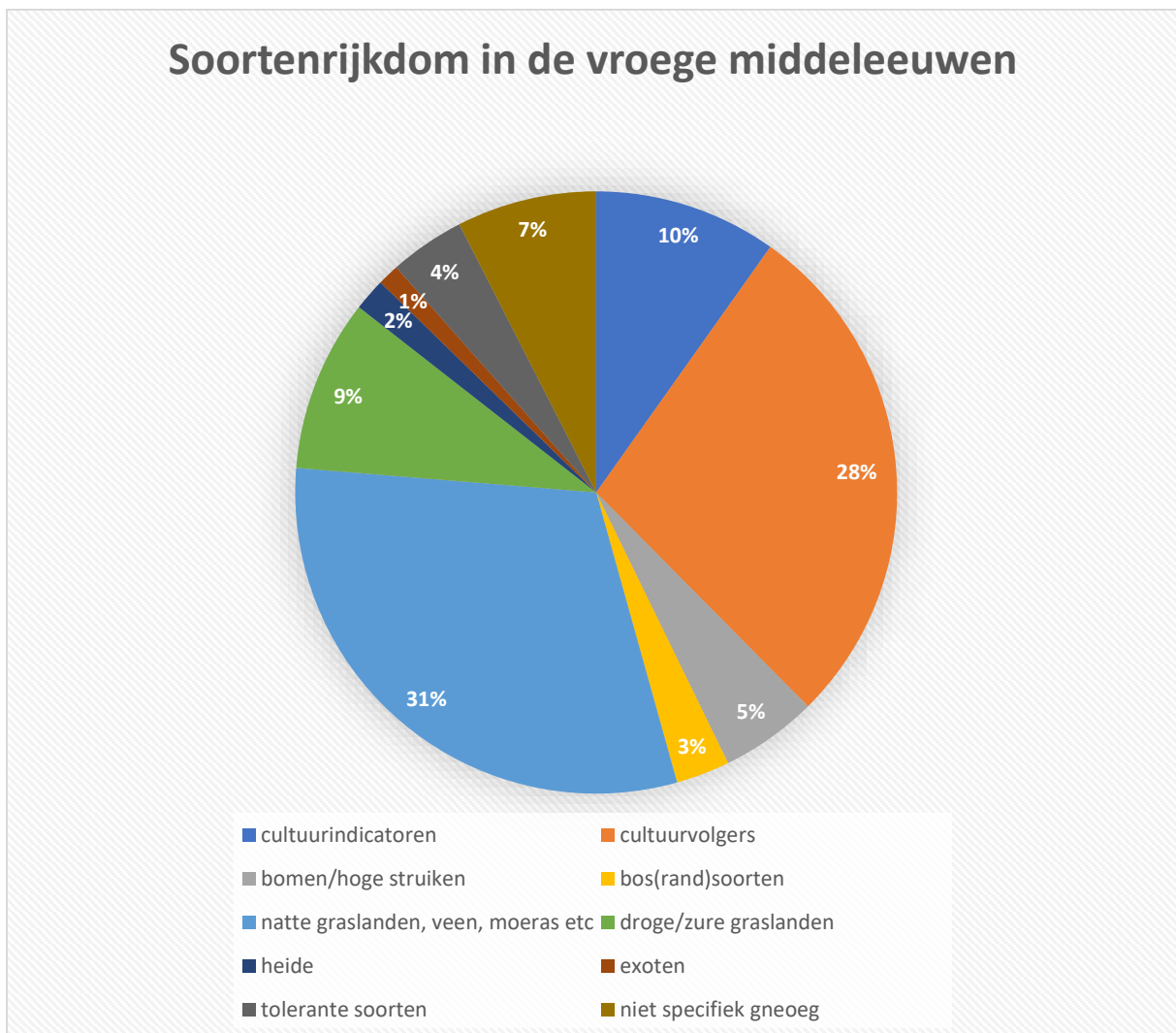
Tabel 4: soorten uit vroeg middeleeuwse context die groter zijn dan 2x de standaarddeviatie van de totale dataset uit deze periode. De soorten verwijzen naar de plantensoorten, verschillende context verwijst naar het aantal monsters uit verschillende sites, en frequentie verwijst naar de ruwe botanische data.

| Soort            | Verschillende context | frequentie |
|------------------|-----------------------|------------|
| Eik              | 11                    | 1009       |
| Greppelrus       | 8                     | 2304       |
| Melganzenvoet    | 20                    | 731        |
| Schapenzuring    | 40                    | 777        |
| Witte waterlelie | 2                     | 1000       |
| Zomprus          | 5                     | 2370       |
| Zwarte els       | 6                     | 2690       |

Wanneer op 2x de standaarddeviatie van frequentie (het absolute aantal aangetroffen botanische resten) wordt geselecteerd (zie tabel 4), komt een ander beeld naar voren. Cultuurindicatoren zoals haver, gerst en tarwe komen niet meer voor. Hieruit blijkt dat Schapenzuring, en Melganzenvoet de enige twee soorten zijn die voor zowel monsteraantal als frequentie hoog scoren. Wat opvalt is dat boompollen zoals Eik en Zwarte Els nu wel duidelijk naar voren komen. Waarschijnlijk niet geheel toevallig zijn dit de twee soorten die in Oost-Nederland een lange geschiedenis kennen in de vorm van hakhoutbeheer. Witte waterlelie moet genoemd worden omdat deze soort een indicatie is van

goede waterkwaliteit.<sup>58</sup> Deze soort komt echter maar in 2 botanische monsters voor waardoor de kans aanwezig is dat alleen op die locatie veel waterlelie voorkwam maar dat hoeft niet per se indicatief te zijn voor heel Oost-Nederland.

Om een beeld te krijgen van de A-diversiteit van de vroege middeleeuwen in Oost-Nederland zijn de aangetroffen taxa onderverdeeld in categorieën, namelijk: bomen en hoge struiken, cultuurindicatoren, cultuurvolgers, heide, natte gebieden, droge- en zure grasland, tolerante soorten, bosrandsoorten, exoten en soorten die taxonomisch niet duidelijk genoeg gespecificeerd kunnen worden om in een categorie op te delen (zie figuur 7). Deze categorieën zijn gebaseerd op standplaats aan de hand van de website Floravannederland. De categorie bomen en hoge struiken wijkt hiervan af. Deze is toegevoegd vanwege de impact op het landschap. Een kanttekening aan deze categorieën is dat ze niet helemaal strikt zijn. Sommige soorten die in nattere graslanden zijn onderverdeeld kunnen ook op drogere graslanden groeien en soorten die gedijen op en langs akkers kunnen ook langs bosranden opkomen. Dit zal echter minder gebruikelijk zijn. Wanneer een soort te veelzijdig is, wordt deze bij de categorie tolerante soorten gevoegd.



*Figuur 7: geeft de soortenrijkdom van de categorieën in de vroege middeleeuwen aan. Dit diagram toont de variatie in soorten aan terwijl de frequentie van de soorten is weggelaten. Hierdoor visualiseert dit diagram welke categorieën de meeste diversiteit herbergden in deze periode.*

<sup>58</sup> [www.floravannederland.nl](http://www.floravannederland.nl)

Figuur 7 visualiseert de soortenrijkdom van de botanische data verdeeld in de eerdergenoemde categorieën. Figuur 7 creëert het beeld van een open en relatief nat karakter van het landschap dat tevens sterk door de mens is beïnvloed. 38% van de soorten die in deze periode zijn aangetroffen vallen onder cultuurindicatoren zoals haver, tarwe, gerst, of cultuurvolgers (soorten die gedijen op braakliggende- of landbouwgronden). De volgende groep met een hoge soortenrijkdom zijn de natte graslanden, veen en moerassoorten. Dit zijn veelal soorten die gedijen onder natte tot zeer natte omstandigheden met periodiek dan wel een vaste hoge grondwaterstand. Bomen en hoge struiken lijken maar beperkt vertegenwoordigd met 4% van alle soorten. Ook lijkt het erop dat grasland, heide en droge graslandsoorten maar beperkt aanwezig zijn. Toch geeft figuur 7 niet een compleet beeld. Wanneer naar de verhouding van deze categorieën gekeken wordt met betrekking tot de frequentie in plaats van soortenrijkdom, (zie figuur 8) lijkt het landschap een stuk minder open met een vertegenwoordiging van 24% van bomen en hoge struiken. Vermoedelijk is de strenge selectie van de mens de oorzaak van deze discrepantie. Voornamelijk Eik en Zwarte Els was in trek voor hakhout en Wilg werd op de nattere plekken gebruikt. Hierdoor is er sprake van een lage diversiteit aan boomsoorten maar komen deze wel in relatief hoge aantallen voor. Het aandeel van cultuurindicatoren en cultuurvolgers zakt daarentegen van 41% naar 29%. Terwijl de frequentie van natte graslanden, veen, moeras etc. van 31% naar 45% stijgt. De oorzaak kan hier liggen in het feit dat natte soorten vaak beter bewaard blijven. De oorzaak zou dus gezocht kunnen worden in post-depositionele processen.

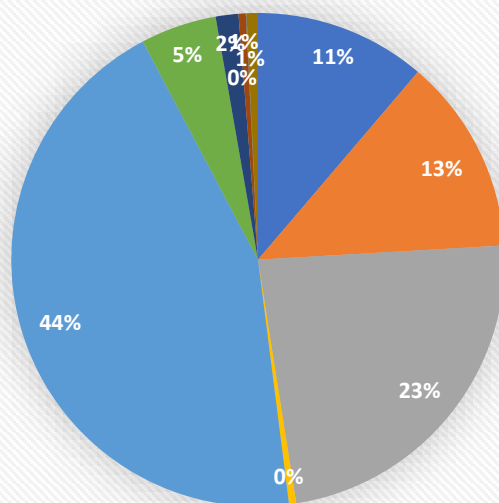
Tot slot moet genoemd worden dat zoals eerder besproken, er enorme verschillen aanwezig zijn tussen verschillende soorten. Sommige soorten zijn verantwoordelijk voor een enorm hoge frequentie terwijl veruit de meeste soorten maar een frequentie van 1 heeft. Voor de beeldvorming: 96 van de 176 soorten die in de vroege middeleeuwen zijn aangetroffen hebben een frequentie dat lager is dan 10. Hierdoor vertegenwoordigt de meerderheid van de soorten maar 1% van de totale botanische data. Pollenmonsters geven in de regel een goed beeld van de vegetatie van zijn directe omgeving binnen een straal van 800 meter. Omdat vrijwel alle monsters in nederzettingcontext zijn genomen, schetst dit diagram voornamelijk een goed beeld van een boerenlandschap. Waarschijnlijk bieden deze monsters uitsluitend een vage hint van de half natuurlijke of natuurlijke landschappen destijds. Dit geldt ook voor de woeste gronden waar vooral heide te vinden was. Heide is sporadisch aangetroffen in de pollenmonsters.

Figuur 8 geeft de indruk van een landschap waar op landbouwgrond erg veel verschillende soorten planten groeiden naast de verbouwde soorten. Vermoedelijk werden de nattere delen als weide of hooiland gebruikt. Juist deze natte gebieden laten een hoge soortenrijkdom zien. Langs percelen zullen Eik, Wilg, Els en Hazelaar aanwezig zijn geweest.

Het is opmerkelijk dat 38% van de soorten die in de vroege middeleeuwen zijn aangetroffen, direct al dan niet indirect verbonden zijn aan de landbouw. Dit suggereert dat landbouw goed is voor de soortenrijkdom en sluit aan bij de intermediate disturbance hypothesis. Dat landbouw een positief effect heeft op de biodiversiteit lijkt zeer tegenstrijdig vandaag de dag maar de kleinschaligheid en de lagere intensiteit van de landbouw destijds zal naar vermoeden een compleet andere impact op de omgeving gehad moeten hebben dan landbouw in de 21<sup>e</sup> eeuw. Een theorie hiervoor is dat het welbekende drieslagstelsel waarbij altijd een op de drie percelen braak lag om te herstellen van de landbouw, een hoge soortenrijkdom onder cultuurvolgers veroorzaakte.



## Frequentie van de verschillende categorieën



Figuur 8: visualiseert de frequentie van de botanische data uit de vroege middeleeuwen, verdeeld in categorieën. Hier is de soortenrijkdom niet in meegenomen waardoor dit diagram de verhouding van de ruwe botanische data in categorieën weergeeft.

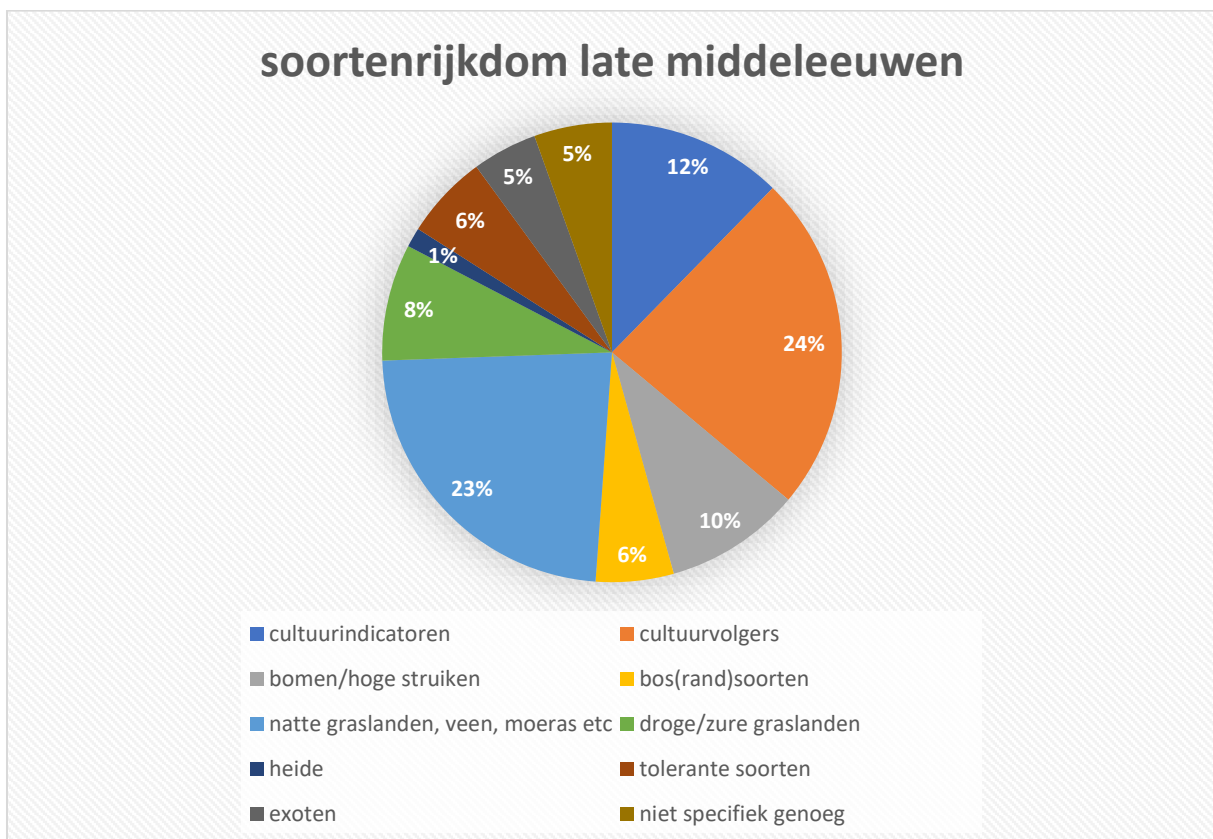
### Late middeleeuwen

Er zijn 219 verschillende soorten aangetroffen die binnen de late middeleeuwen gedateerd kunnen worden. Dit is een stijging van 19% ten opzichte van de vroege middeleeuwen. Niet alleen het absolute aantal soorten is toegenomen, maar ook de spreiding is aanzienlijk groter. Zo is de standaarddeviatie van de botanische data nu maar liefst 2050. Deze afwijking maakt het noodzakelijk om de enorme uitschieters enigszins te normaliseren. Wanneer alle soorten die meer dan 5% van de totale frequentie bevatten in een lijst worden gezet, ontstaat tabel 5.

Tabel 1: soorten uit laat middeleeuwse context die uit meer dan 5% van de totale dataset bestaat. De soorten verwijzen naar de plantensoorten, verschillende context verwijst naar het aantal monsters uit verschillende sites, en frequentie verwijst naar de ruwe botanische data.

| Soort              | Verschillende context | frequentie |
|--------------------|-----------------------|------------|
| Druif/Krent/Rozijn | 8                     | 10507      |
| Granen             | 23                    | 19494      |
| Grote brandnetel   | 14                    | 5710       |
| Schapenzuring      | 36                    | 17307      |
| Vijg               | 6                     | 10539      |

Hieruit valt op de meeste soorten die uitzonderlijk hoog scoorden in de vroege middeleeuwen, het aanzienlijk slechter doen in deze periode. Schapenzuring is de enige constante gebleven. Deze heeft een hoge frequentie maar komt ook in maar liefst 36 monsters voor. Grote brandnetel is de laagste van de groep en komt in 14 monsters voor (maar liefst 2,85x de standaarddeviatie). Granen, druif en vijg hebben de grootste impact op de data. Zowel druiven als granen zijn een optelsom van meerdere monsters maar beide halen het meeste uit 1 monster. Zo is 51% van de data afkomstig van granen uit de ganzenmarkt in Oldenzaal en 95% van de rozijnen komt uit een beerput uit Oldenzaal. Wanneer deze uitschieter met een frequentie van 10000+ worden vervangen met de standaarddeviatie, zakt de deviatie van 2050 naar 1121. Hierdoor is de totale frequentie gezakt van 90127 naar 58327. Deze handeling is belangrijk om een verkeerde representatie van de samenhang van de frequentie weer te geven. Voor de soortenrijkdom is de impact van deze handeling zeer beperkt.

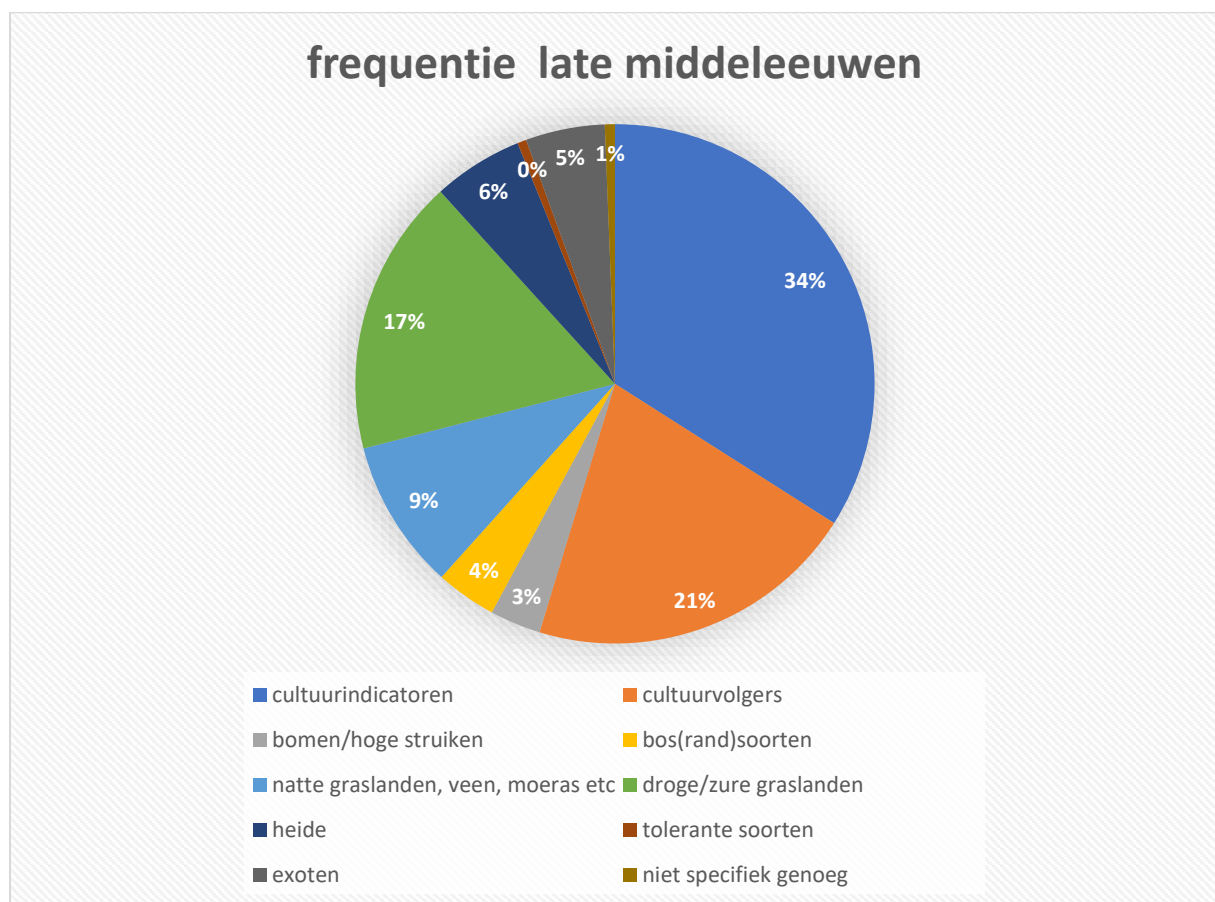


*Figuur 9: geeft de soortenrijkdom van de categorieën in de late middeleeuwen aan. Dit diagram toont de variatie in soorten aan terwijl de frequentie van de soorten is weggelaten. Hierdoor visualiseert dit diagram welke categorieën de meeste diversiteit herbergden in deze periode.*

In figuur 9 is wederom een diagram weergegeven dat de soortenrijkdom in bepaalde categorieën weergeeft. 36% van de soorten vallen onder cultuurindicatoren en bijbehorende cultuurvolgers die in verband staan met landbouw. 16% van de soorten zijn bomen, hoge struiken en bosrandsoorten. Daarnaast lijkt het erop dat men zich veelal in een natte omgeving bevond. Dit blijkt uit de verhoudingen van graslanden; 8% voor droge zure graslanden en 23% voor natte graslanden en moerassoorten. Wat hieruit opvalt is dat het aandeel natte soorten afneemt met 8% ten opzichte van de vroege middeleeuwen. Deze verandering kan verschillende oorzaken hebben. Wellicht is het toevallig dat er meer monsters zijn genomen in of nabij natte milieus waardoor de kans op meer soorten stijgt. Een andere mogelijkheid is dat in deze periode verzuring of verdroging optrad. Mogelijkheden kunnen gezocht worden in klimaatschommelingen. Het middeleeuwse klimaatoptimum veroorzaakte een aanzienlijk stijging in temperaturen en kan ervoor gezorgd

hebben dat natte soorten het zwaarder kregen. Tot slot kunnen ingrepen in waterhuishouding een oorzaak zijn van verdroging in nattere gebieden.

Daarnaast valt op dat het aantal boomsoorten verdubbeld in de late middeleeuwen. De oorzaak hiervoor kan gezocht worden in het voorkomen van fruitboomsoorten. Waar deze in de vroege middeleeuwen uitbleven, komen deze nu veelvuldig voor. Het gaat dan onder andere om kweepeer, peer, pruim, kroosjes, appel maar ook mispel. Tot slot worden sporadisch soorten als beuk hulst, berk aangetroffen. Het feit dat algemene soorten zoals Beuk en Hulst niet voorkomen in het pollenbestand van de vroege middeleeuwen, geeft aan dat er bij lange na niet sprake is van een totaalbeeld van de soortenrijkdom van het gebied. Het gaat namelijk om algemene inheemse soorten. Dit is wederom een hint dat de pollenmonsters voornamelijk de sterk gecultiveerde landschappen rondom een nederzetting weergeven waar maar beperkt ruimte was voor wilde soorten. Een andere aanwijzing hiervoor is de lage frequentie van heide dat verder van de nederzettingen af een algemene soort zou moeten zijn geweest in de late middeleeuwen.



*Figuur 10: visualiseert de frequentie van de botanische data uit de late middeleeuwen, verdeeld in categorieën. Hier is de soortenrijkdom niet in meegenomen waardoor dit diagram de verhouding van de ruwe botanische data in categorieën weergeeft.*

Wanneer de frequentie van botanische data uit de late middeleeuwen wederom opgedeeld wordt in categorieën (zie figuur 10), valt op dat cultuurindicatoren en bijbehorende cultuurvolgers voor 55% van de totale frequentie zorgt. De droge graslanden laten daarnaast ook een veel hogere frequentie zien in verhouding tot de soorten. Bomen en struiken laten daarentegen een lagere frequentie zien in verhouding tot het aantal soorten. De grootste discrepantie behoort echter tot de natte graslanden waar de soortenrijkdom erg hoog is in verhouding tot de totale frequentie. Dit komt echter overeen met de consensus dat nattere milieus vaak een veel hogere soortenrijkdom

herbergen.

Het idee dat voornamelijk sterk gecultiveerde landschappen zijn weergegeven in de botanische data uit zich in frequentie op een andere manier dan in de soortenrijkdom. De verhouding van de frequentie geeft een veel duidelijker overzicht weer van soorten die gedijen op braakliggende terreinen, geploegd zijn, rondom of op akkers te vinden zijn (de zogenaamde cultuurvolgers).

### Nieuwe tijd

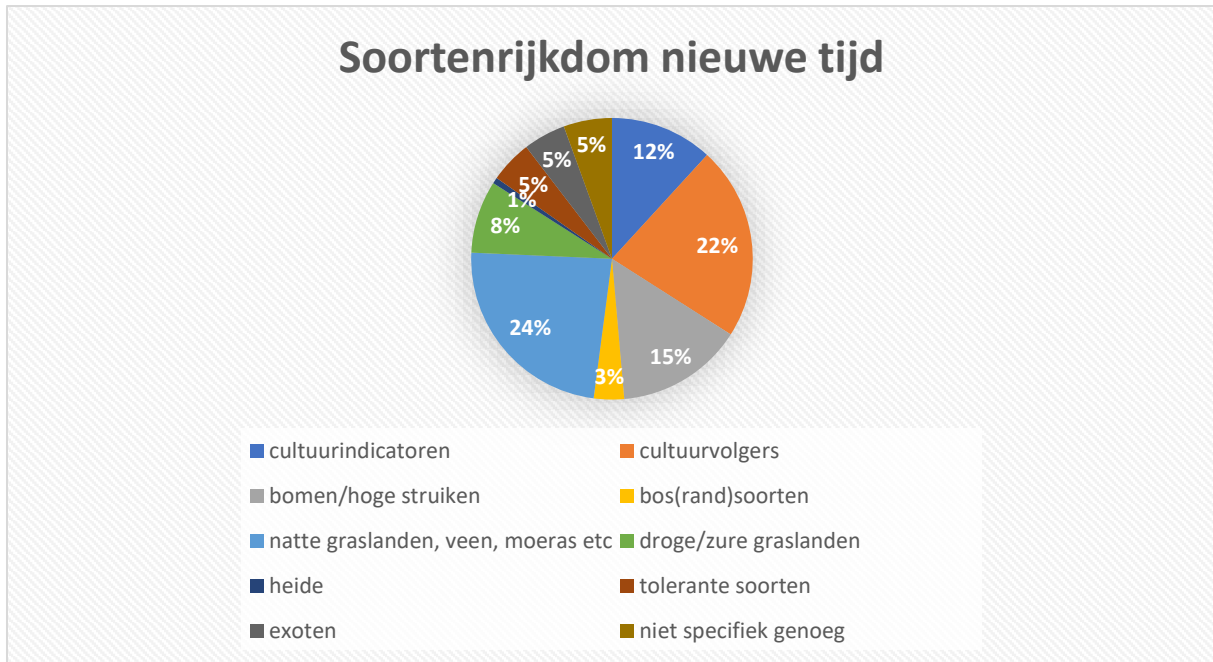
Wederom zijn de data gecontroleerd op uitschieter en vervolgens genormaliseerd. Alle soorten die meer dan 5% van de totale frequentie bevatten zijn geselecteerd (zie tabel 6). De enige soort dat echt als uitbijter wordt beschouwd is Bosaardbei omdat deze een frequentie bevat van 8836,8 en maar in 2 monsters voorkomt. Schapenzuring en granen hebben weliswaar een hogere frequentie maar worden ook in meer monsters aangetroffen. Een andere soort die de lijst haalt en maar in twee monsters voorkomt is Eendenkroos. Gemiddeld komt een monster echter overeen met de standaarddeviatie waardoor deze niet te hoog uitvalt. Alleen Bosaardbei lijkt buitensporig en wordt dan ook vervangen tot 2x de standaarddeviatie om de data te normaliseren. Deze soort blijft echter dominant aanwezig in de data.

*Tabel 6: alle soorten die meer dan 5% van de totale frequentie bevatten in de nieuwe tijd. De soorten verwijzen naar de plantensoorten, verschillende context verwijst naar het aantal monsters uit verschillende sites, en frequentie verwijst naar de ruwe botanische data.*

| Soort              | Verschillende context | frequentie |
|--------------------|-----------------------|------------|
| Schapenzuring      | 8                     | 11372,33   |
| Granen             | 10                    | 8997,67    |
| Bosaardbei         | 2                     | 8836,8     |
| Druif/Krent/Rozijn | 10                    | 3127       |
| Eendenkroos        | 2                     | 2643,2     |

In figuur 11 is de soortenrijkdom uit de nieuwe tijd verdeeld in de eerder besproken categorieën en weergegeven. Dit diagram geeft bijna identieke verhoudingen weer met de late middeleeuwen. De meeste categorieën zijn precies gelijk met de late middeleeuwen of verschillen maar 1%. De uitzondering zijn bomen/hoge struiken en bosrandsoorten. Hoewel het aantal bosrandsoorten met de helft afneemt in deze periode, stijgt het aantal soorten bomen/hoge struiken met 50%. De oorzaak is voornamelijk een verdere toename van fruitbomen. De toename is onder andere toe te schrijven aan een stijging in het aantal soorten kers.

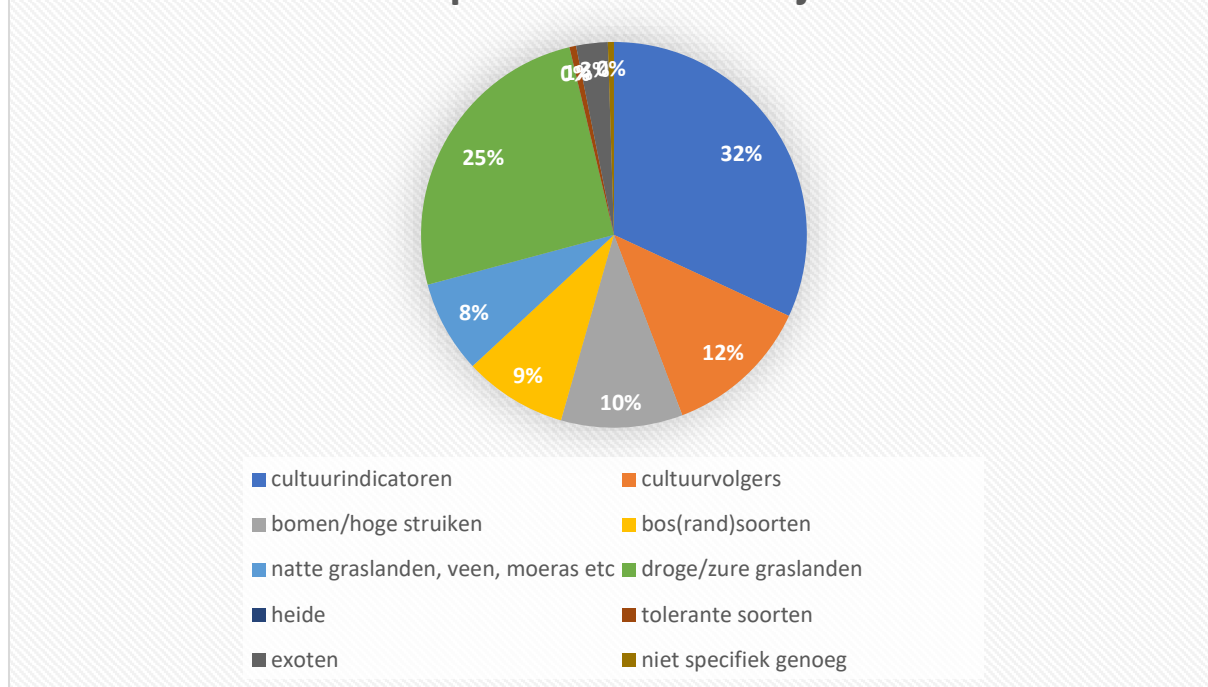
## Soortenrijkdom nieuwe tijd



*Figuur 11: geeft de soortenrijkdom van de categorieën in de nieuwe tijd aan. Dit diagram toont de variatie in soorten aan terwijl de frequentie van de soorten is weggelaten. Hierdoor visualiseert dit diagram welke categorieën de meeste diversiteit herbergden in deze periode.*

Bijzonder is dat de frequentie in deze periode erg verschilt met de voorgaande periode (zie figuur 12). De frequentie van de cultuurvolgers daalt met 9% ten opzichte van de Middeleeuwen. Voornamelijk droge graslanden komen hiervoor in de plaats. Deze categorie stijgt met 8% ten opzichte van voorgaande periode. Op basis van de percentages, lijkt het erop dat er weinig verandering heeft plaatsgevonden in deze periode, maar de frequentie is veel hoger voor de nieuwe tijd, en de soortenrijkdom neemt wel af. Dit lijken aanwijzingen voor de intensivering van zowel de landbouw als de veeteelt. Cultuurvolgers nemen gestaag af terwijl cultuurindicatoren steeds dominanter worden. Daarnaast lijken droge graslanden veel dominanter te worden onder andere ten koste van de natte graslanden. Dit suggereert eveneens een aanpassing in de waterhuishouding ten behoeve van weidegebied.

## frequentie nieuwe tijd.



Figuur 12: visualiseert de frequentie van de botanische data uit de nieuwe tijd, verdeeld in categorieën. Hierdoor wordt de verhouding van de botanische data duidelijk. Hier is de soortenrijkdom niet in meegenomen waardoor dit diagram de verhouding van de ruwe botanische data in categorieën weergeeft.

### Soortenrijkdom door de tijd heen.

Voordat een diachroon overzicht wordt gemaakt, moeten er eerst een aantal dingen besproken worden. Wanneer de verhoudingen tussen categorieën worden besproken, ontstaan er geen problemen, ook niet in diachroon perspectief. Maar voor de vergelijking van categorieën en de ontwikkeling van soortenrijkdom is wel een kanttekening nodig. De frequentie en soortenrijkdom hebben verschillende waarden in de onderzochte periodes. In theorie zou een hogere frequentie

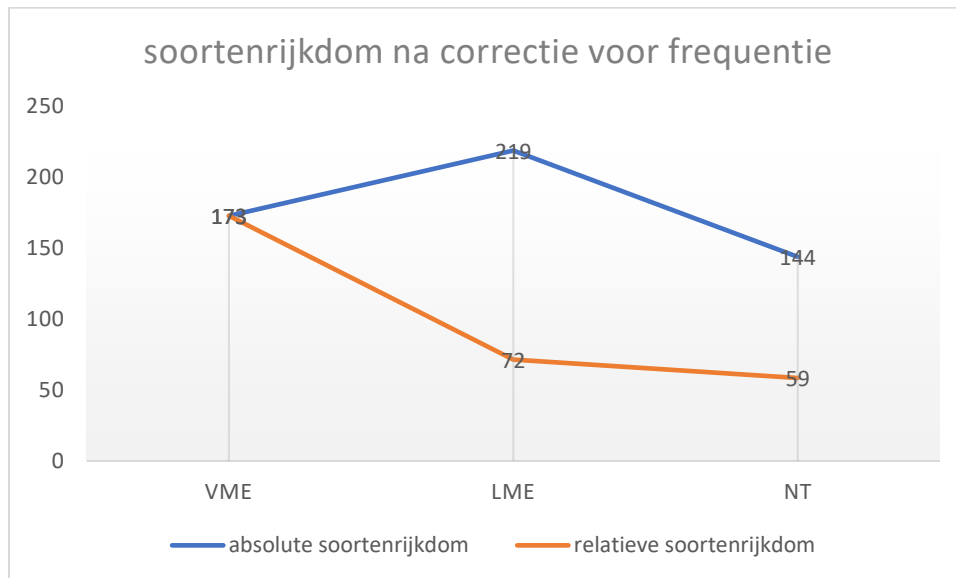
Tabel 7: de verhouding van soortenrijkdom en frequentie ten opzichte van de vroege middeleeuwen. Soortenrijkdom verwijst naar het totaal aantal soorten in een periode, frequentie verwijst naar de totale hoeveelheid botanische data. De percentages zijn ten opzichte van de vroege middeleeuwen.

| Periode | Soortenrijkdom | Frequentie |
|---------|----------------|------------|
| VME     | 100%           | 100%       |
| LME     | 127%           | 306%       |
| NT      | 83%            | 246%       |

proportioneel moeten zijn aan een hogere soortenrijkdom. Dit is echter niet het geval (zie tabel 11). Wanneer de vroege middeleeuwen als basis wordt gehanteerd, stijgt de soortenrijkdom met 27% in de late middeleeuwen, maar stijgt de frequentie 206%. Daarnaast is de soortenrijkdom maar 17% lager in de nieuwe tijd ten opzichte van de vroege

middeleeuwen maar is de pollensom wel 246% ten opzichte van de frequentie van de vroegste periode. Vanuit de palynologie heerst de consensus dat de totale frequentie gelijk moet zijn voordat er uitspraken gedaan kunnen worden over diversiteit. Daarom moet de soortenrijkdom geëxtrapoleerd worden om uitspraken te kunnen doen over de ontwikkeling van soortenrijkdom. Hier zitten echter haken en ogen aan en zal veel onzekerheden toevoegen aan de interpretatie. Het is namelijk maar zeer de vraag of extrapolatie van de huidige data overeenkomt met de daadwerkelijke situatie. Dit is echter

een aanname die hiervoor genomen moet worden. Wanneer de soortenrijkdom geëxtrapoleerd wordt in verhouding tot de vroege middeleeuwen komt de volgende grafiek naar voren (zie tabel 12).



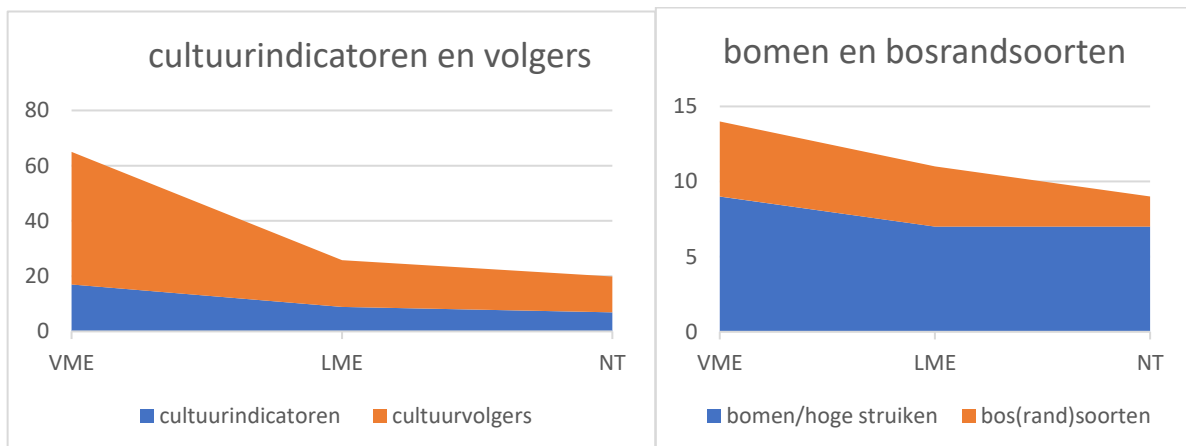
*Figuur 13: de soortenrijkdom per periode voor zowel de absolute als de relatieve soortenrijkdom. De blauwe lijn geeft de trend weer van de ruwe data. De oranje lijn geeft de trend weer wanneer de verhoudingen van de soortenrijkdom gelijk worden getrokken met frequentie van de botanische data.*

Hierin wordt de discrepantie tussen de relatieve en absolute soortenrijkdom gevisualiseerd. Voor een deel is het verschil te verklaren door het feit dat de aard van monsters veranderen. Bepaalde botanische resten komen simpelweg in grotere aantallen voor. Hoewel de frequentie uit de nieuwe tijd ongeveer gelijk was met de late middeleeuwen, is er wel een groot verschil in het aantal genomen monsters. Zo bestaan de data van de vroege en late middeleeuwen uit 15 monsters. Uit de nieuwe tijd zijn maar 6 monsters bekend van het onderzoeksgebied. In dit geval zijn voor de nieuwe tijd minder monsters nodig om dezelfde frequentie te verkrijgen. Vermoedelijk heeft dit te maken met post-depositionele processen waar resten uit jongere sporen minder aan onderhevig zijn geweest. Vermoedelijk leent het extrapoleren van soortenrijkdom met de frequentie zich beter voor een nauwkeurig diachroon overzicht dan wanneer het aantal monsters met soortenrijkdom wordt geëxtrapoleerd. De reden hiervoor is dat de frequentie uiteindelijk de dataset is dat geanalyseerd gaat worden. Als deze data een gelijke omvang heeft zijn de zogenaamde nulpunten ook gelijk. Wanneer de frequentie gelijk is getrokken, komt er op basis van figuur 13 een duidelijk beeld naar voren van een dalende trend in de late middeleeuwen die zich in lichtere mate voortzet in de nieuwe tijd.

In figuur 14 zijn de trends van verschillende categorieën weergegeven waardoor de landschappelijke veranderingen die daarbij horen duidelijk naar voren komen. Zo blijft de soortenrijkdom van cultuurindicatoren zoals graan redelijk stabiel, cultuurvolgers gaan echter wel hard achteruit. Een mogelijke oorzaak is de intensivering van landbouw waarbij de technieken om ongewenste soorten op de akkers beter te bestrijden verbeterd. Daarnaast is het niet heel gek te denken dat het welbekende drieslagstelsel in de vroege middeleeuwen voor een groot aantal cultuurvolgers zorgde omdat altijd een derde van de landbouwgronden braak stond om te herstellen. Hierdoor zou er veel meer ruimte zijn voor pionierssoorten. Wanneer men diepere ploegen en mest gaat gebruiken in de middeleeuwen, dalen de cultuurvolgers aanzienlijk omdat het braak laten liggen van een terrein, niet meer noodzakelijk is. Er is dus minder variatie op de akkers aanwezig en daardoor daalt de soortenrijkdom.

Bomen en bosranden laten een tegenstrijdig verhaal zien. Het aantal soorten bomen neemt toe wat kan duiden op een toename van bos. Dit is echter niet het geval omdat deze toename volledig is toe te schrijven aan fruitbomen die steeds meer in gebruik raken. De bosrandsoorten vertellen daarentegen wellicht een ander verhaal. Dat er grote ontbossingen heeft plaatsgevonden in de middeleeuwen is inmiddels bekend. Dit is wellicht in kleine mate terug te zien in de achteruitgang van bosrandsoorten. Deze daling is groter in de nieuwe tijd. Vermoedelijk omdat het proces van ontbossing vanaf die tijd grote stappen heeft gemaakt. Welk effect houtwallen op het voorkomen van bosrandsoorten heeft is niet duidelijk, maar logischerwijs zou er een positieve correlatie moeten zijn.

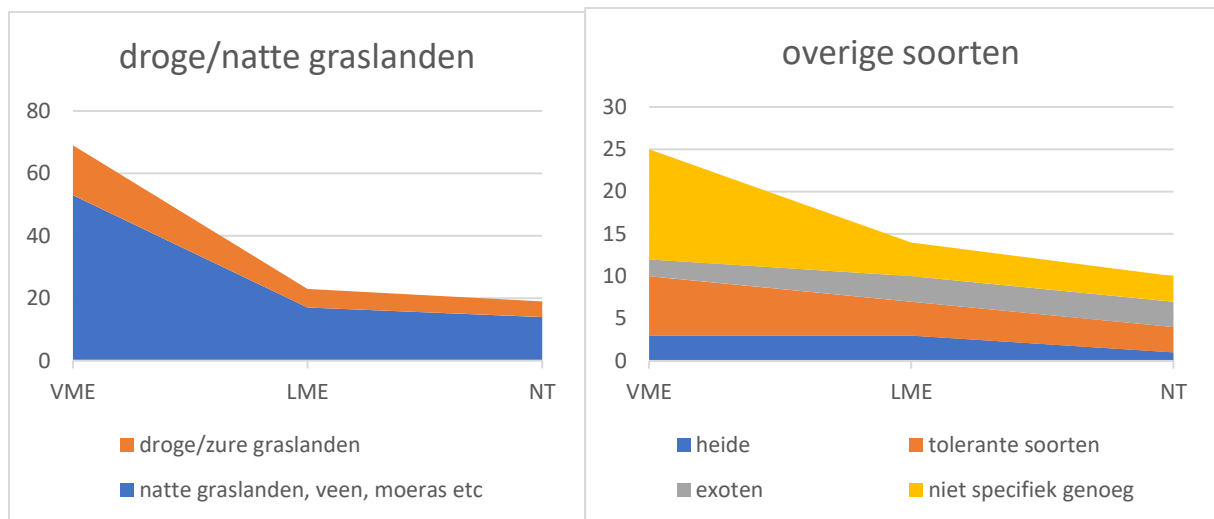
De laatste categorieën die landschappelijke veranderingen aantonen, is de verhouding van natte en droge graslanden. Hoewel het aandeel droge grasland relatief stabiel blijft gedurende alle onderzochte periodes, is er een flinke daling in soorten waar te nemen die gedijen onder natte omstandigheden. De oorzaak hiervan kan gezocht worden in een veranderende waterhuishouding. Of deze veranderende waterhuishouding antropogeen of natuurlijk van oorsprong is, is onzeker omdat de achteruitgang begon in een relatief warme periode in het holoceen. Vermoedelijk is echter een groot deel van de achteruitgang te herleiden naar de veranderende waterhuishouding. Het verdwijnen van moerassen en broekgebieden lijkt een onlogische verklaring omdat vooral cultuurlandschappen terug te zien zijn in de botanische data. De meest logische verklaring lijkt dan ook het graven van sloten rondom nattere graslandpercelen om droge graslanden te creëren. Hoe dan ook, met name natte gebieden herbergen de grootste biodiversiteit en de achteruitgang van deze categorie is verantwoordelijk voor een groot deel van de achteruitgang van de soortenrijkdom.



A:

B:





C

D

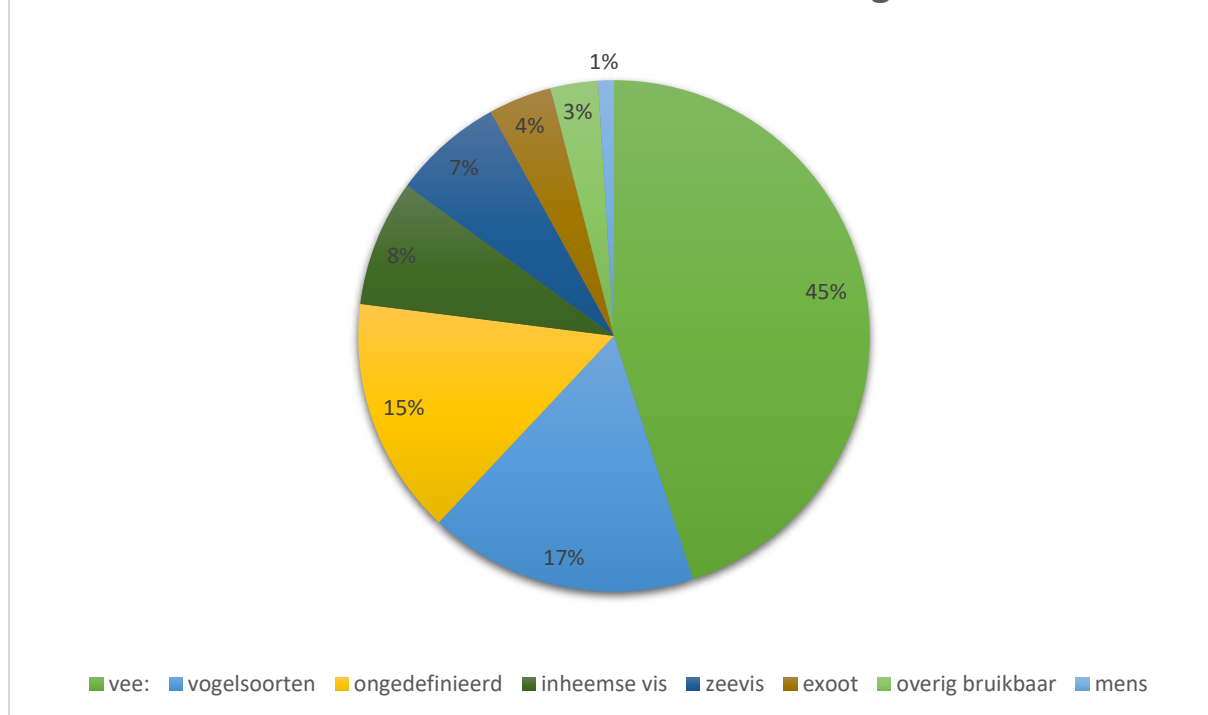
Figuur 14: de langetermijn ontwikkeling van de diversiteit van verschillende landschapstypen. A geeft de verhouding tussen cultuurvolgers en indicatoren weer, B geeft de verhouding tussen bomen en bosrandsoorten weer, C toont de verhouding tussen droge en natte graslanden, en D geeft overige categorieën weer.

De overige categorieën die verder weinig zeggen over landschappelijke veranderingen zijn de heide, exoten, tolerante soorten, en soorten die op taxonomisch gebied niet specifiek genoeg zijn gedetermineerd. Het feit dat ook tolerante soorten in diversiteit achteruitgaat is een teken dat wilde flora het in het algemeen moeilijker kreeg. Dat er ook een dalende trend voor zeer tolerante soorten aanwezig is, heeft wellicht niet zoveel te maken met veranderend landgebruik maar in een toename van landgebruik. Tot slot is het in zeer kleine mate voorkomen van heide wederom een goede indicatie dat dit botanische onderzoek voornamelijk een beeld geeft van de biodiversiteit van het directe cultuurlandschap rondom een nederzetting.

### 3.2: Van archeozoölogie naar A-diversiteit.

Zoals eerder vermeld zijn de archeozoölogische gegevens voor dit onderzoek afgeleid van BoneInfo. Dit is naar voorbeeld van het artikel van Van der Jagt en Brinkkemper 2020. In dit geval is echter een selectie gemaakt van botmateriaal vanaf de middeleeuwen tot aan de nieuwe tijd, die zijn aangetroffen tijdens opgravingen in het onderzoeksgebied (Twente, Salland of in de Achterhoek). Hieruit is een selectie naar voren gekomen van 227 individuele dierenresten. In eerste instantie lijkt dit een aardige monstergrootte om op globaal niveau uitspraken te doen over soortenrijkdom. Helaas is dit niet het geval. Van de 227 geïdentificeerde dierlijke resten, zijn 105 afkomstig van vee zoals rund, varken, kip, paard, geit, schaap en andere gedomesticeerde dieren zoals kat, hond, gans en eend. Deze gegevens zeggen dus iets over sociaaleconomische factoren maar niet over biodiversiteit waardoor deze gegevens niet bruikbaar zijn voor dit onderzoek. Van de 105 overgebleven dierlijke resten is eveneens niet alle data bruikbaar voor onderzoek naar de soortenrijkdom van het gebied. Wanneer naar visresten gekeken wordt, valt op dat bijna de helft van de aangetroffen resten uit zeevis bestaat (16 van de 34). Hier gaat het om vissoorten als kabeljauw, haring, schol, oesters, mosselen etc. 10% van de data zijn taxonomisch niet duidelijk genoeg gedefinieerd waardoor het om zowel exoten, vee of om wild kan gaan (zie figuur 15). Exoten laten wel een hogere soortenrijkdom zien in dit geval maar zijn zeker schadelijk voor het ecosysteem. Hieruit wordt dus al gauw duidelijk dat een strenge selectie van de data erg belangrijk is.

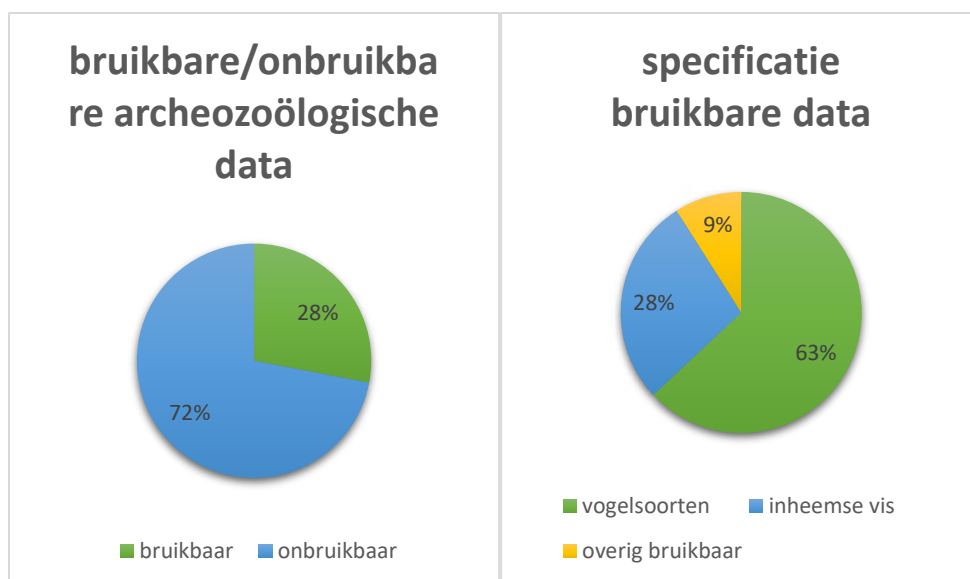
## De data uit BoneInfo verdeelt in categorieën



Figuur 15: diagram die de data uit BoneInfo weergeeft in verschillende categorieën gebaseerd op taxonomie, en of de soort wel of niet inheems is. Hierdoor wordt overzichtelijk in welke mate de data bruikbaar zijn voor onderzoek naar biodiversiteit.

Wanneer een duidelijk onderscheid wordt gemaakt tussen bruikbaar en niet bruikbare data (zie figuur 15), wordt duidelijk dat maar 28% van het archeozoologisch materiaal bruikbaar is voor onderzoek naar soortenrijkdom. Dit betekent dat van de 227 geïdentificeerde dierlijke resten, maar 64 resultaten gebruikt kunnen worden voor onderzoek.

Van de overgebleven dierlijke resten die onder de categorie wilde soorten vallen en dus bruikbaar zijn voor onderzoek naar soortenrijkdom, bestaat 63% uit bot afkomstig van gevogelte, 28% uit inheemse vissoorten en 9% uit overige (zie figuur 16). Deze laatste categorie bestaat uit enkelingen zoals zwarte rat, vos, slakken en een vlieg. Dit is een erg willekeurige selectie. In totaal gaat het dus om 25 vogelsoorten, 12 vissoorten. Daarnaast zijn 5 verschillende soorten onderscheiden bij de categorie overige zijn ingedeeld.



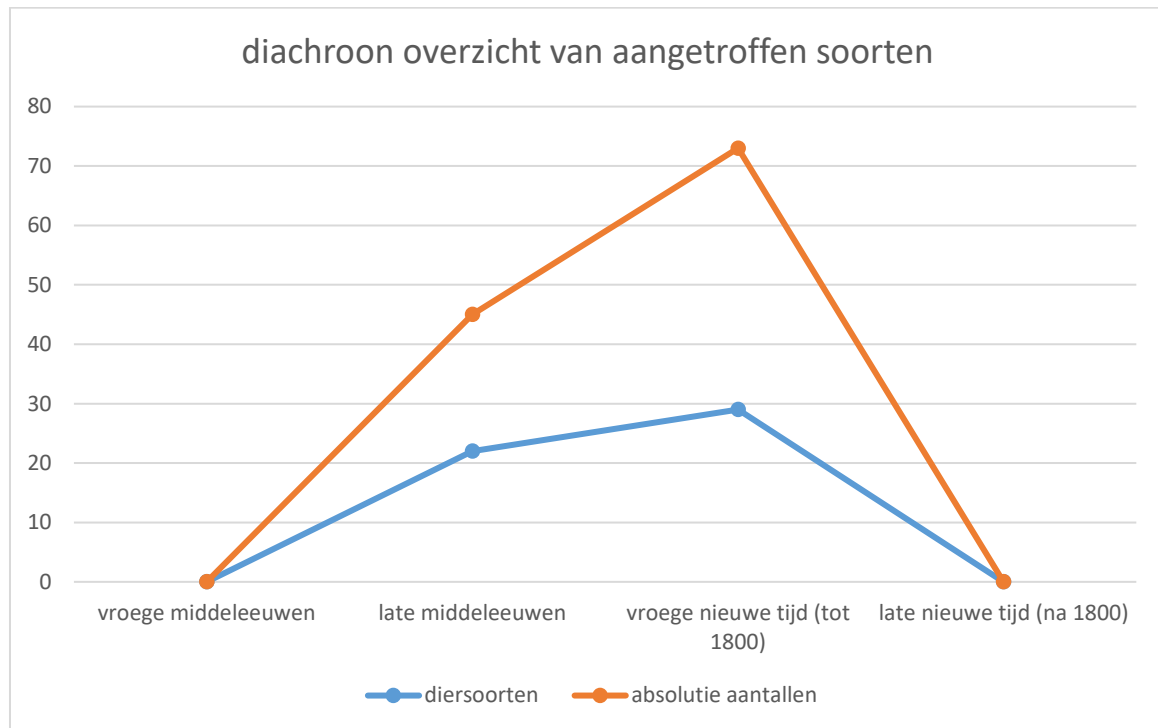
*Figuur 16: Links is de verhouding van data dat wel of niet toepasbaar is voor onderzoek naar biodiversiteit procentueel weergegeven. Rechts is de verdeling van categorieën van de bruikbare data.*

Een probleem doet zich echter voor wanneer de data worden onderverdeeld in de te onderzoeken periodes. In de meeste gevallen zijn er maar 1 of 2 individuen van een soort onderscheiden per periode. Hierdoor komen veel soorten dus niet of nauwelijks in periodes voor op basis van deze data terwijl het in sommige gevallen om soorten zou moeten gaan die algemeen aanwezig moeten zijn geweest.

In figuur 17 zijn de data overzichtelijk gemaakt in een grafiek. Hierin vallen een aantal zaken op. In de selectie komt geen materiaal voor uit de vroege middeleeuwen en uit de nieuwe tijd na 1800. Hierdoor wordt een compleet diachroon beeld van de soortenrijkdom lastig. Wat verder uit de data naar voren komt is dat soortenrijkdom stijgt vanaf de Middeleeuwen tot de Nieuwe tijd. Maar de absolute aantallen stijgen ook. In verhouding tot de absolute aantallen toont de Middeleeuwen meer diversiteit aan met een ratio van 1. Dit betekent dat elke vondst een andere diersoorten vertegenwoordigd. In de nieuwe tijd is de ratio van absolute aantallen en diersoorten 1,5. Dit betekent dat gemiddeld elke 1,5 vondst tot dezelfde diersoort behoort.

Het feit dat de vondsten uit de late middeleeuwen een aantal/soorten ratio hebben van 1 zegt genoeg over de representativiteit van de gegevens. In totaal gaat het om 12 verschillende vogelsoorten, 8 inheemse vissoorten en 3 overige. Voor de nieuwe tijd gaat het om 30 vogelsoorten, 9 vissoorten en 5 overige. Deze data bestrijkt dus een minimaal deel van de totale soortenrijkdom dat vermoedelijk aanwezig is geweest. Hierdoor kan gesteld worden dat een diachroon beeld van deze data niet veelzeggend is voor de soortenrijkdom van fauna in Oost-Nederland. Er is simpelweg te weinig informatie beschikbaar over dit gebied. Een van de oorzaken zal voortkomen uit het feit dat de data een verzameling zijn van maar 7 opgravingen waarvan minstens driekwart van de data uit 2 opgravingen afkomstig is. Vanwege het lage aantal vindplaatsen zijn de data dus ook te veel onderhevig aan kansberekening. Voornamelijk omdat post-depositionele processen een grote rol zullen spelen in het wel of niet voorkomen van diersoorten. Daarnaast geldt ook voor deze gegevens dat ze voor een groot deel wel degelijk gevormd zijn door sociaaleconomische factoren. Dieren die gegeten werden, worden teruggevonden in archeologische context. Dit betekent dat over het

algemeen de vissoorten die goed smaakte terug te vinden zijn en de minder lekkere buiten beeld blijven.



*Figuur 17: de geselecteerde data onderverdeeld in absolute aantallen per periode en het aantal verschillende diersoorten. De blauwe lijn geeft dus de soortenrijkdom weer en de oranje lijn laat de totale ruwe data zien.*

Hoewel de data dus niet toereikend zijn om duidelijke uitspraken te kunnen doen op het gebied van A-diversiteit, lijkt het waarschijnlijk dat het een kwestie van tijd is. Hoe meer data beschikbaar wordt, hoe meer trends er zijn waar te nemen.

Wanneer een vertaalslag gemaakt moet worden van archeozoologisch onderzoek naar A-diversiteit, zijn insecten eveneens onmisbaar. Vanwege het voorkomen van één wappervlieg in de data zal hier geen uitspraken over gedaan kunnen worden. Wellicht is dit in de toekomst wel mogelijk op basis van botanisch onderzoek. Insecten en planten zijn nauw verbonden. Het komt vaak voor dat bepaalde planten ook bepaalde insecten aantrekken. Verschillende onderzoeken lijken dit te aan te tonen al is hier nog wel onenigheid over. Een statistisch verband tussen insectenrijkdom en plantenrijkdom lijkt alleen aanwezig wanneer specifiek geselecteerd wordt op plantensoorten die daadwerkelijk door insecten worden gebruikt. Een algemene formule is niet aanwezig want plant en insectenrelaties zijn vaak redelijk specifiek.<sup>59</sup> Dit betekent dat het eventueel mogelijk is om door middel van bepaalde plantensoorten, globale uitspraken te kunnen doen over de soortenrijkdom van insecten. Omdat deze tak van sport in de biologie nog in ontwikkeling is, zal het nog niet mogelijk zijn om plantensoorten te extrapoleren naar soortenrijkdom van insecten. De precieze wisselwerking moet nog verder onderzocht worden. Daarnaast moet ook onderzocht worden welke invloed intensivering van de landbouw, ruimtelijke schaal, verstoringen en talloze andere factoren hebben. Toch zit hier wellicht een toekomst in voor onderzoek naar historische biodiversiteit.

<sup>59</sup> Shinohara, N./T., Yoshida, 2021.

### 3.3: Reflectie van de data (zijn rol in biodiversiteit).

Bio-archeologische gegevens kunnen erg waardevol zijn voor onderzoek naar biodiversiteit. Hieraan zit echter een kanttekening. Alleen de biodiversiteit van de meest intensief beheerde cultuurlandschappen zijn hiermee te reconstrueren. Dit was bij het palynologisch onderzoek terug te zien aan het feit dat veel wilde soorten zoals Hulst, Beuk, Es, Vogelkers en dergelijke niet of nauwelijks zijn teruggevonden in de database van RADAR terwijl dit voornamelijk in vroegere periodes wijdverspreide wilde soorten moeten zijn geweest. Daarvoor in de plaats komen in de middeleeuwen alleen Zwarte Els, Zomereik, Hazelaar en fruitbomen voor in de data. Dit zijn de meest gebruikte soorten die als hakhout fungeerden of een andere nutsfunctie hadden. Daarnaast is de consistente afwezigheid van een groot aantal heidepollen een tweede belangrijke indicatie. Heide was voornamelijk op de woeste gronden te vinden die verder van bewoning was gelegen. En omdat de meeste botanische monsters uit greppels, water of beerputten voortkomen, is het logisch dat deze soort niet goed gerepresenteerd is in de data. Er kan dus gesteld worden dat palynologisch onderzoek ontoereikend is voor de diversiteit van natuurlijke en half natuurlijke landschappen tenzij specifiek daarop bemonsterd wordt. Op basis van de data uit de database RADAR kan gesteld worden dat dit vrijwel niet is gebeurd. Om echt een volledig beeld te krijgen van de ontwikkeling van biodiversiteit, moet ook een beeld van deze wilde soorten verkregen worden.

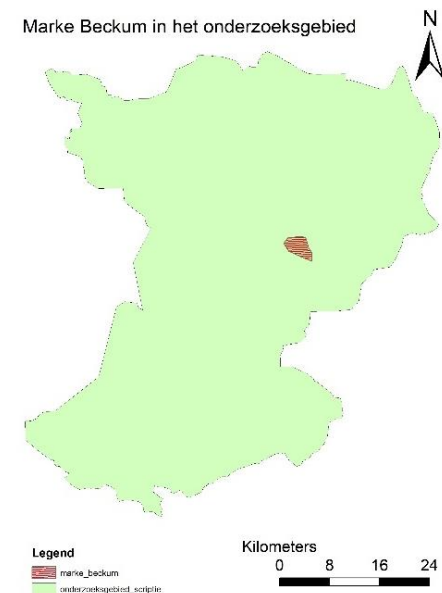
Hetzelfde probleem geldt ook voor archeozoologische gegevens. Er kan gesteld worden dat verandering in deze data volledig toe te schrijven is aan een verandering in sociaaleconomische factoren. Want er kunnen wel degelijk meerdere diersoorten teruggevonden worden in de nieuwe tijd, maar dat komt omdat meer exotische dieren werden gegeten. Wilde soorten zoals ree, hert, zwijn, eland wolf die wijdverspreid moeten zijn geweest in Nederland, komen nauwelijks tot niet terug in het archeozoologische bestand. Hierdoor kan gesteld worden dat de data uit BoneInfo niet toereikend is voor het onderzoek naar de biodiversiteit van Oost-Nederland omdat het vrijwel niets zegt over soortenrijkdom. Het idee dat archeozoölogie als proxy kan dienen voor welk wild er ruimschoots voor handen was, lijkt dus ook ongegrond.

## Hoofdstuk 4: B-diversiteit op basis van landschapsstructuur (1850-2022).

In dit hoofdstuk komt de ontwikkeling van B-diversiteit van Oost-Nederland aan bod. Zoals in hoofdstuk 2 besproken, wordt ervan uitgegaan dat er een direct verband is tussen ecosystemenrijkdom en soortenrijkdom, maar ook dat ecosystemenrijkdom minstens net zo belangrijk is als soortenrijkdom om grip te krijgen op de biodiversiteit van het onderzoeksgebied. De definitie voor ecosystemen en habitats worden gehanteerd zoals is beschreven in hoofdstuk 2. Het uitgangspunt is dat de bodem, geomorfologie en historische ontwikkeling ten grondslag liggen aan de afbakening van ecosystemen. Uitgaand van dit principe, zou het mogelijk moeten zijn om ecosystemen af te leiden uit een combinatie van bodemkaarten, geomorfologische kaarten, en historische kaarten. De Marke Beckum leent zich voor dit onderzoek omdat het boerenlandschap typische veranderingen in het landschap heeft doorgemaakt terwijl bebouwing relatief gelijk is gebleven. Hierdoor zal een veranderende soortenrijkdom voornamelijk toe te schrijven zijn aan een verandering in landgebruik of klimaat. Daarnaast gaat het om een relatief kleine Marke waar alle meest voorkomende landschapseenheden van Oost-Nederland voorkomen. De Hagmolenbeek stroomt dwars door de Marke waardoor een beekdal vertegenwoordigd is, dekzandruggen flankeren deze beekdalen. Daarnaast komen enkele droge dalen voor, dekzandvlaktes en stuwwal afzettingen. Hierdoor bezit de Marke Beckum een veelzijdig landschap waarin zich een klassieke metamorfose in het landschap heeft afgespeeld.

### 4.1: Marke Beckum als casestudie voor biodiversiteit

#### Uitleg landschap van Beckum



*Figuur 18: de casus Marke Beckum binnen het onderzoeksgebied.*

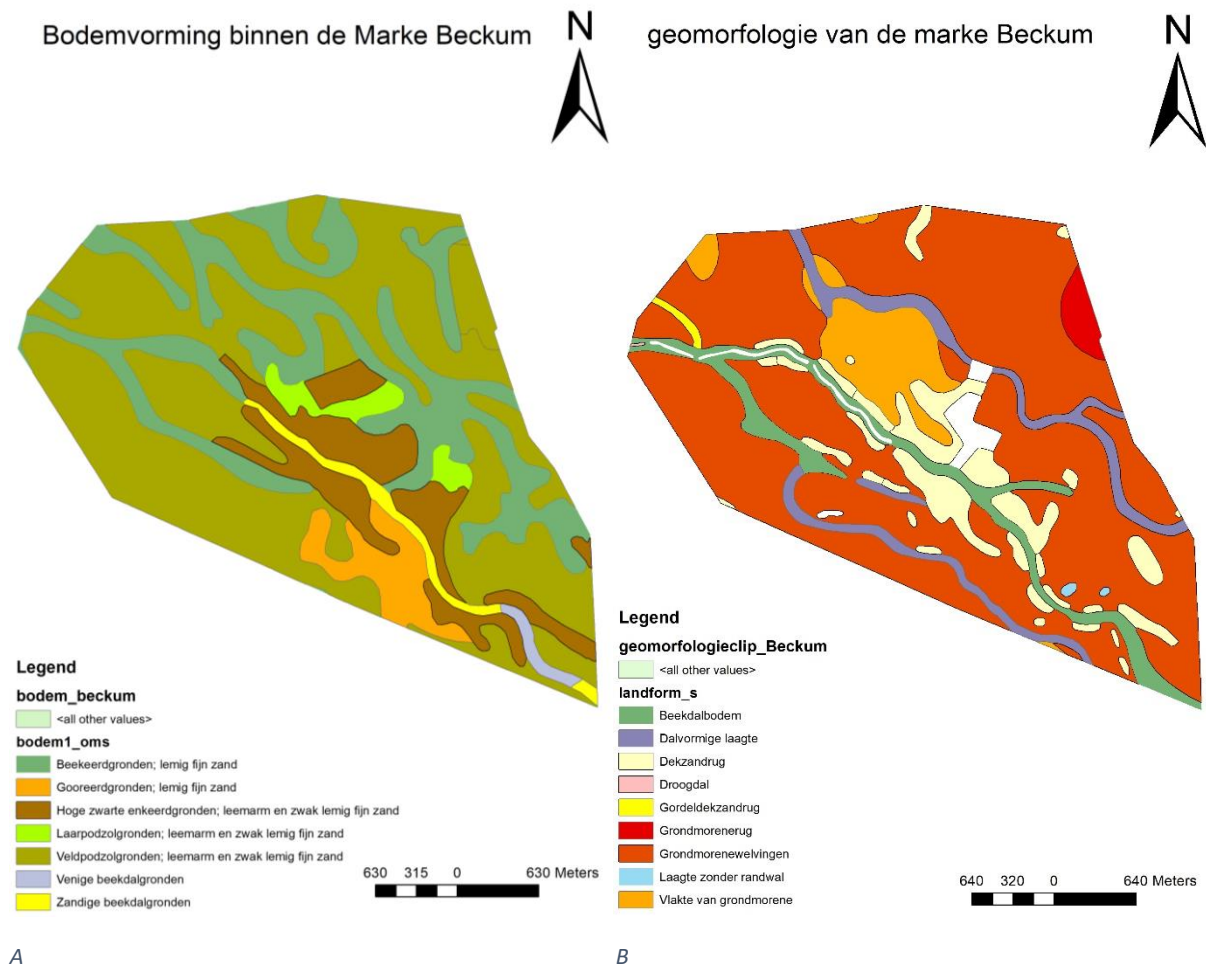
Gelegen in nagenoeg midden Twente ligt Beckum. Deze naam is vermoedelijk afgeleid van Beekheem, (nederzetting langs de beek). Heem-namen stammen voornamelijk uit de volle middeleeuwen (rond de 10<sup>e</sup> eeuw).<sup>60</sup> Beckum ligt gesitueerd op een lange dekzandrug dat omgeven wordt door grondmorenewelvingen (zie figuur 19B). De Hagmolenbeek kan als levensader gezien worden voor de nederzetting en stroomt langs deze dekzandrug. Ten noordwesten liggen grondmorenevlaktes en in het noorden loopt het uiteinde van een stuwwalafzetting net over de grens van de Marke. Tot slot zijn ten zuiden en noorden van de Hagmolenbeek nog enkele droge dalen te vinden die eveneens zijn oorsprong vinden uit de voorlaatste ijstijd.<sup>61</sup>

De bodemkaart laat een veel uitgebreider systeem zien van beekerdgronden die door het gebied kronkelen (zie figuur 19A). Vermoedelijk zijn deze kaarten niet dusdanig accuraat als gewenst aangezien dalvormige laagtes niet terug te vinden

<sup>60</sup> [www.etymologiebank.nl](http://www.etymologiebank.nl)

<sup>61</sup> Geomorfologische kaart, Esri.

zijn op de bodemkaart in de vorm van beekerdgronden. Andersom kunnen beekerdgronden ook niet verklaard worden door middel van de geomorfologische kaart. Tussen deze oude geulen komen veldpodzolgronden voor. Verder worden gronden aangetroffen die vaak gerelateerd kunnen worden aan een hoge grondwaterstand of slechte afvoer van water zoals venige beekdalbodems, Laarpodzolgronden en Gooreerdgronden. Een uitzondering zijn de hoge zwarte Enkeerdgronden die in verband gebracht kunnen worden met esdekken of oud bouwland. In totaal schetsen de aardwetenschappelijke kaarten het beeld van een relatief nat gebied dat een relatief hoge grondwaterstand kende en waar water maar moeilijk weg kon. Menselijke impact is op de bodemkaart beperkt terug te zien in de vorm van hoge zwarte enkeerdgronden. De plaggen bestaan dus voornamelijk uit heideplaggen.

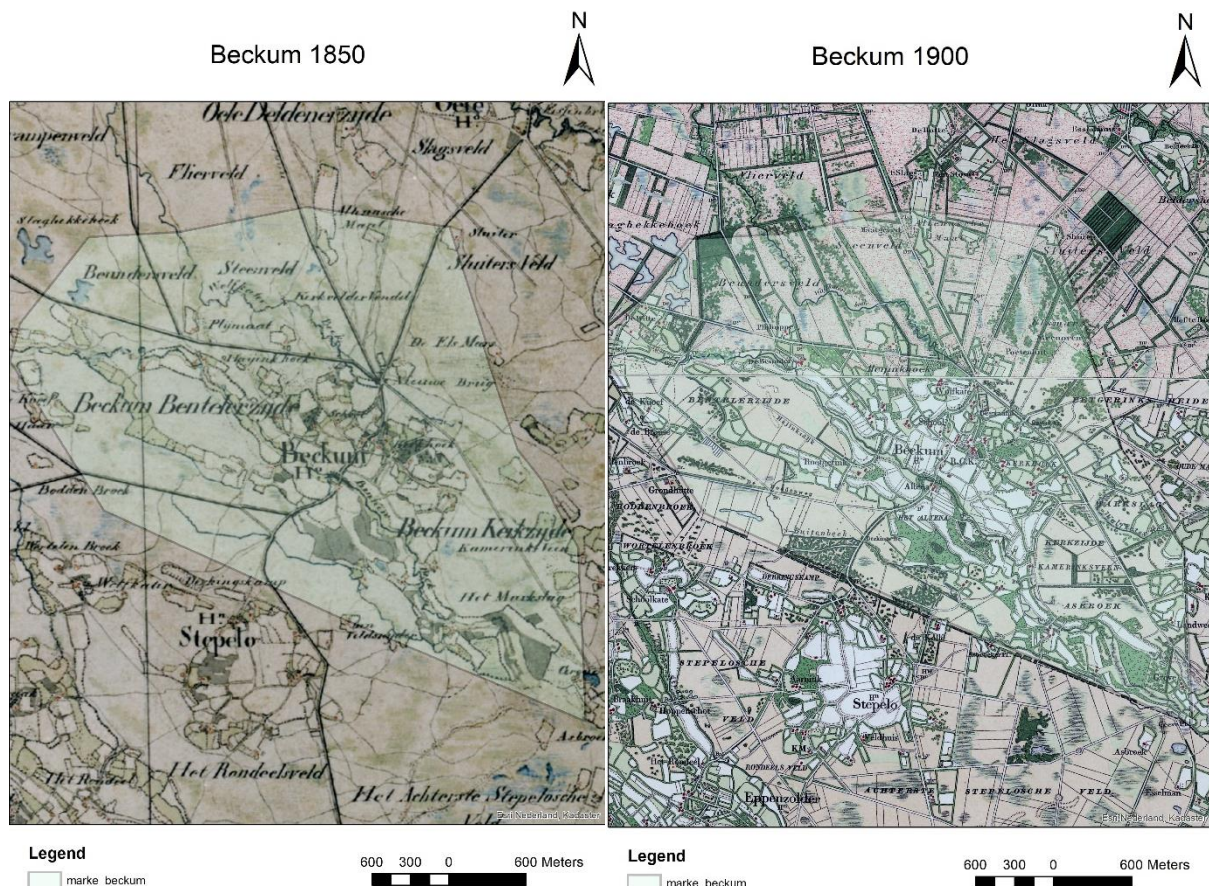


Figuur 19: A toont de bodemkaart van de Marke Beckum, en B laat de Geomorfologische kaart van Beckum zien. Bron: Esri content.

### Uitleg landgebruik van Beckum en historische ontwikkeling.

Door middel van de historische kaarten kan de landschapontwikkeling van Beckum in kaart worden gebracht. Zo zijn hieronder de kaarten van Beckum uit 1850 en 1900 weergegeven (zie figuur 20). Hoewel het landbouwareaal in de directe omgeving van de bewoningskern weinig is veranderd in de in deze periode, is het resultaat van de jonge heideontginningen als gevolg van de ontwikkeling van de kunstmest goed waar te nemen. Voornamelijk in het noordoosten zijn er veel nieuwe percelen

bijgekomen op de kaart van 1900, maar buiten de Marke Beckum vindt ook enorm veel ontwikkeling plaats. Erg opvallend is dat cultuurgrond in de vorm van percelen tot 1850 nog als eilandjes verspreid lagen in het landschap. Het verschijnsel dat eilandjes van cultuurgronden uitsluitend langs dit soort beken waren ontstaan, lijkt een standaard bewoningspatroon in dit deel van Twente. Vanaf 1900 vindt cultivering buiten deze zogenoemde eilandjes veelvuldig plaats. Deze ontwikkeling zou aanzienlijke gevolgen gehad moeten hebben voor de biodiversiteit van het gebied omdat het cultuurlandschap buiten zijn eigen traditionele grenzen begon te treden. Wat daarnaast opvalt is dat de houtwallen en groene afrasteringen van percelen veel nauwkeuriger zijn afgebeeld op de Bonnebladen uit 1900. Dit betekent in de praktijk hoogstwaarschijnlijk geen toename van bos maar eerder een andere keuze van de kaartenopmaak.



A

B

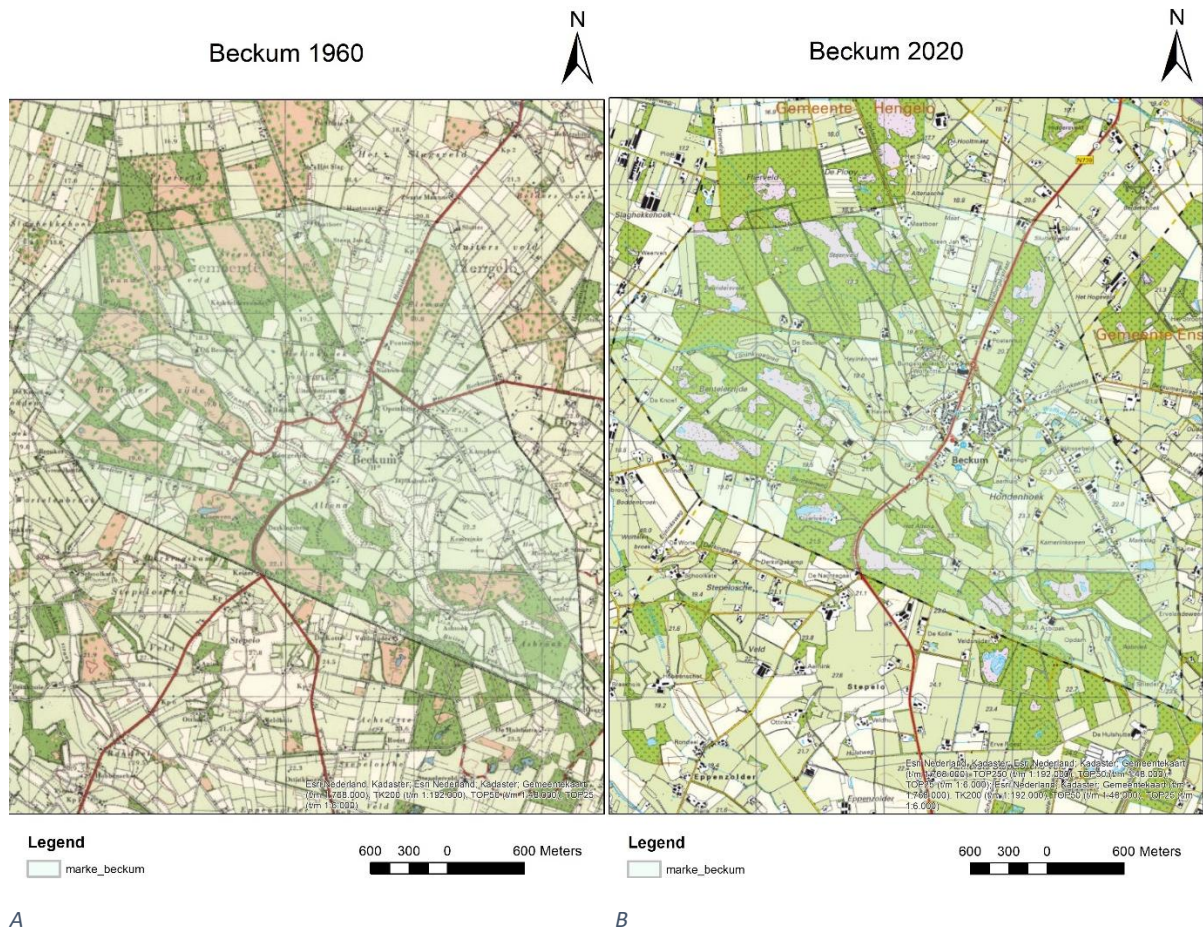
Figuur 20: de militaire topografische kaart uit 1850 (20A) en de Bonnebladen uit 1900 (20B) van de Marke Beckum.

Grote veranderingen vinden vervolgens plaats tussen 1900 en 1960 door onder andere de komst van het prikkeldraad en de ruilverkavelingen (zie figuur 21). De kleinschaligheid neemt aanzienlijk af en veel ecosystemen gaan daarmee vermoedelijk ook ten onder. Daarnaast is er een sterke toename van weidepercelen waar te nemen op de voormalige heidegebieden. Toename van akkers op deze locaties is beperkt.

Op de topografische kaarten van 1960 en 2020 is te zien dat het landschap veel grootschaliger is geworden dan voorgaande periodes. Tot slot is er een grote toename van bosgebied waar te nemen, wat voornamelijk ten koste gaat van heidegebied. In eerste instantie lijkt dit zeer gunstig voor de biodiversiteit maar uit voorgaande hoofdstukken blijkt dit helemaal niet een zekere zaak te zijn. In principe vindt er een homogenisatie van het landschap plaats. Er lijkt geen onderscheid meer te zijn



tussen hooi en weilanden, heide is nagenoeg verdwenen en het aandeel aan cultuurgrond is sterk toegenomen. Het is opmerkelijk dat bevolkingstoename relatief beperkt is gebleven. De dorpskern is wel toegenomen maar deze groei is erg beperkt wanneer deze vergeleken wordt met enkele andere dorpen of steden in de omgeving.



Figuur 21: topografische kaart uit 1960 (21A) en 2020 (21B) van de Marke Beckum. Bron: Esri content.

#### 4.2: Van kaartmateriaal naar B-diversiteit.

Om de ecosystemenrijkdom van een gebied succesvol te onderzoeken moet een duidelijk definitie gehanteerd worden. Hiervoor wordt verwezen naar hoofdstuk 2 waar een definitie is geformuleerd waarbij de nadruk ligt op de bodem en op historische factoren. Deze bepalen de basiscondities voor bepaalde plantengroei wat de basis vormt voor een ecosysteem. Wanneer zowel geomorfologie als bodemontwikkeling worden toegepast om ecosystemenrijkdom te meten valt al gauw op dat de mogelijkheden snel oplopen. Wanneer het beekdal van de Hagmolenbeek als voorbeeld wordt genomen, wordt dit al snel duidelijk. Binnen de beekdalbodem die de geomorfologische kaart definieert, zijn 6 verschillende bodemsoorten aanwezig. Dit betekent dat er in theorie van oorsprong 6 verschillende ecosystemen konden floreren in het beekdal op basis van aardwetenschappelijke kaarten. Hieraan worden ook de verschillende vormen van landgebruik toegevoegd waardoor het aantal verschillende soorten ecosystemen in rap tempo toeneemt (zie tabel 8 voor alle mogelijke

variaties). Door zowel bodenvorming, geomorfologie en landgebruik samen te voegen verschijnen gebaseerd op de historische kaart uit 1850, al 244 variaties binnen de Marke Beckum. De drie variabelen zorgen dus voor een mozaïek aan mogelijkheden.

In theorie zullen alle combinaties in meer of mindere mate een andere opbouw in de vegetatie veroorzaken want de samenstelling van de standplaats bepaald welke soorten gedijen. Het is echter waarschijnlijk dat deze variaties vaak maar kleine verschillen tot uiting laten komen in het plantendek. Wat voornamelijk zal veranderen bij deze kleine verschillen is de verhouding van bepaalde soorten in deze verschillende gebieden. Daarnaast kan de rol van een soort binnen een ecosysteem veranderen bij andere samenstellingen. In theorie zal een groter aantal variaties (of ecosystemen) meer mogelijkheden bieden aan een grotere verscheidenheid aan plantensoorten om te gedijen in een gebied. Hierdoor zal een toename of afname van de ecosystemenrijkdom naar verwachting een lineair verband laten zien met de soortenrijkdom.

*Tabel 8: de variaties die binnen de verschillende factoren voorkomen. Aan de hand van deze variaties worden in dit onderzoek ecosystemen gedefinieerd.*

| Variatie landschapsgebruik | Variatie bodenvorming      | Variatie geomorfologie |
|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| Bos                        | Beekeerdgronden            | Beekdalbodem           |
| Bouwland                   | Gooreerdgronden            | Dalvormige laagte      |
| Grasland                   | Hoge Zwarte enkeerdgronden | Dekzandrug             |
| Hakhout                    | Laarpodzolgronden          | Droogdal               |
| Heide                      | Veldpodzolgronden          | Gordeldekzandrug       |
| Natte heide                | Venige beekdalgronden      | Grondmorenewelvingen   |
| Hooiland                   | Zandige beekdalgronden     | Laagte zonder randwal  |
| Bebouwing                  |                            | Vlakte van grondmorene |
| Moeras                     |                            |                        |
| Water                      |                            |                        |

De drie variabelen (zie tabel 8) zijn door middel van ArcMap samengevoegd tot een kaart. De geomorfologische- en bodemkaarten waren beschikbaar via ArcMap online. De landschapsgebruikskaarten moesten handmatig gedigitaliseerd worden op basis van de historische kaarten. Hiervoor is HISGIS als bron gebruikt voor 1850. Daarnaast zijn de historische topografische kaarten van 1900, 1950 en 2000 gebruikt. Hierdoor wordt de volledige tijdspanne benut waarin het mogelijk is om met behulp van historisch kaartmateriaal goed onderzoek te doen. De intervallen van 50 jaar die zijn geformuleerd, zijn arbitrair maar geven wel de grote landschappelijke veranderingen in deze periode duidelijk weer.

Al het kaartmateriaal is vervolgens bewerkt met behulp van de dissolve- en uniontool. Hierdoor werd er allereerst voor gezorgd dat alle categorieën werden samengevoegd in één polygoon binnen dezelfde kaart. Vervolgens zijn alle kaarten van dezelfde periode door middel van de uniontool bij elkaar gevoegd, waardoor een lappendeken van polygonen is ontstaan. Hierdoor is dus elke mogelijke variatie (dus ecosysteem) omgezet tot een polygoon. Tot slot is de dissolve tool nogmaals gebruikt zodat al deze mogelijke variaties van bodenvorming, landschapsgebruik en geomorfologie samen werden gevoegd tot een unieke mogelijkheid. Hierdoor komt elke variatie maar 1 keer voor binnen een bepaalde periode. Dit maakt het mogelijk om de data overzichtelijk te houden en te analyseren.

De uitkomst is 244 unieke mogelijkheden binnen de Marke Beckum in 1850, Dit betekent dat er 244 verschillende ecosystemen gedefinieerd kunnen worden in dit gebied in deze periode op basis van HISGIS. Dit lijkt wellicht veel en kan een hoge diversiteit aan ecosystemen betekenen, maar het

aantal ecosystemen dat nu gedefinieerd is, zegt nog niet zoveel over de biodiversiteit want er is nog geen referentie. Wel komen enkele patronen al duidelijk naar voren.

Zo is bijvoorbeeld het aantal ecosystemen aanzienlijk hoger in het cultuurlandschap dan in de omringende half natuurlijke landschappen. Door het actief creëren van meerdere soorten landschappen, ontstaan meerdere landschapseenheden dus meer ecosystemen. Het idee dat cultuurlandschap goed is voor de soortenrijkdom wordt ook geopperd door Berglund.<sup>62</sup> Dat op basis van deze onderzoeksmethode, de hoogste ecosystemendichtheid aanwezig is op de cultuurgronden, is dus aanvullend bewijs dat cultuurlandschappen een belangrijke rol vervuld in de biodiversiteit van een gebied.

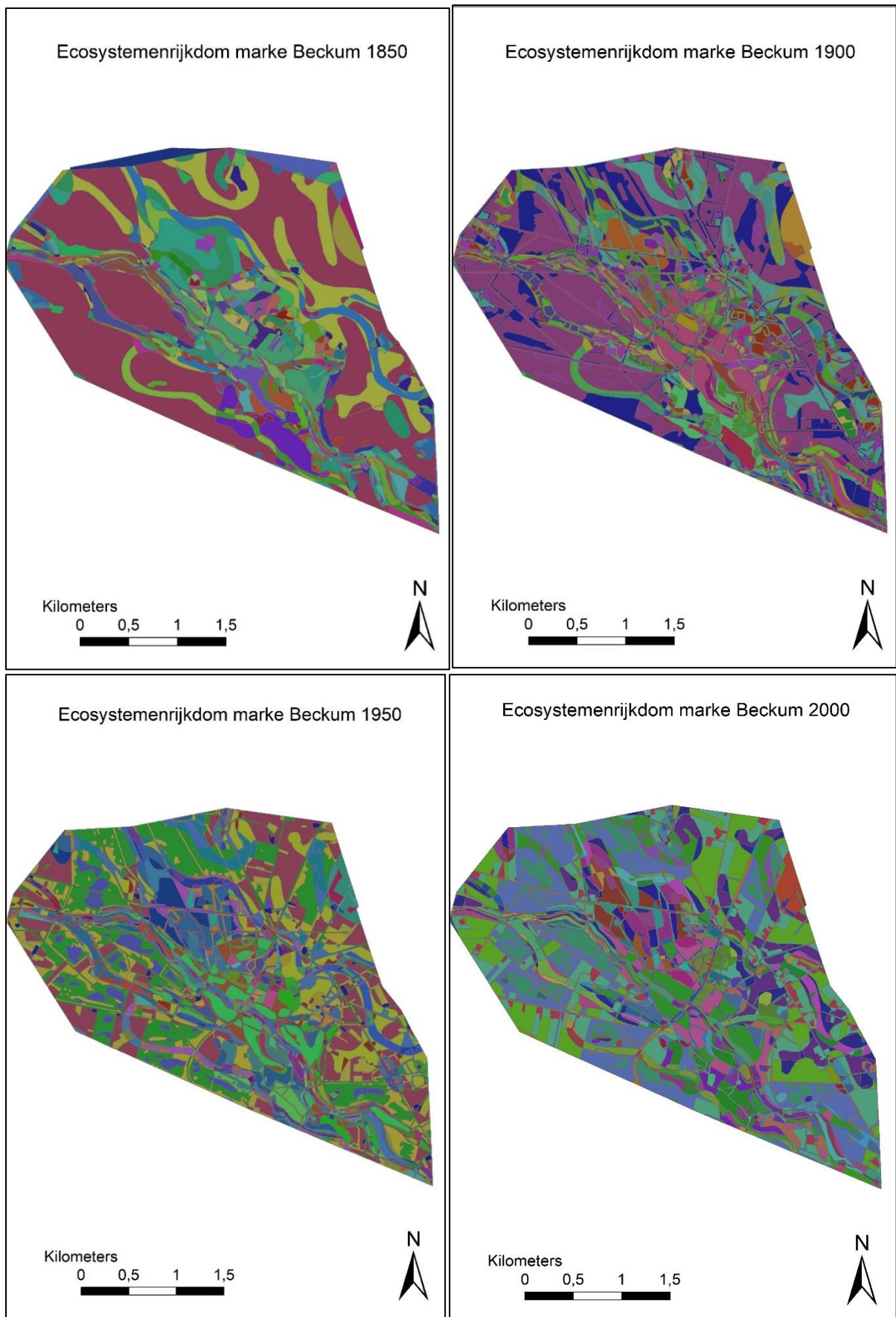
Om daadwerkelijk meer te kunnen zeggen over ecosystemenrijkdom, zal het nuttig zijn om meerdere historische kaarten op dezelfde manier te onderzoeken. Hierdoor zal geen totale referentie van een hoge of lage ecosystemenrijkdom naar voren komen van het onderzoeksgebied, maar zal wel een waarde naar voren komen dat relatief is aan Beckum in diachroon perspectief. Hierdoor kan een duidelijke trend naar voren komen over de ontwikkeling van ecosystemenrijkdom.

In figuur 22 zijn de vier tijdsopnames te zien van de ecosystemenrijkdom zoals eerder beschreven. Door middel van deze visualisaties lijken de kaarten een onherkenbaar mozaïek. In principe hebben alle ecosystemen een iets andere kleur. Maar deze kleuren zijn zo moeilijk te onderscheiden dat veel onder dezelfde eenheid lijken te vallen. Op basis van deze visualisaties lijkt het erop dat de grootste diversiteit in 1950 aanwezig was en dat juist 1850 een erg lage variatie in het landschap laat zien. Dit is echter niet het geval. Wel zijn de ecosystemen meer versnipperd waardoor stukken bos of heide in latere periode een gevlekt patroon laten zien. Dit zorgt voor een meer versnipperd gevarieerd uiterlijk maar het aantal soorten ecosystemen neemt hierdoor niet toe. Op de kaart van 1850 is namelijk nog te zien dat de chaos van cultuurgrond binnen het beekdal blijft. De heidegebieden worden in deze periode nog met rust gelaten, waardoor de verschillende ecosystemen alleen worden gedefinieerd door de bodemkaart en de geomorfologie. Uit de achterliggende data lijkt duidelijk naar voren te komen dat vanaf 1850 de ecosystemenrijkdom achteruitgaat. Deze zakt van 244 in 1850 naar 218 in 2000. Dit is een daling van 11% in anderhalve eeuw (zie figuur 23).

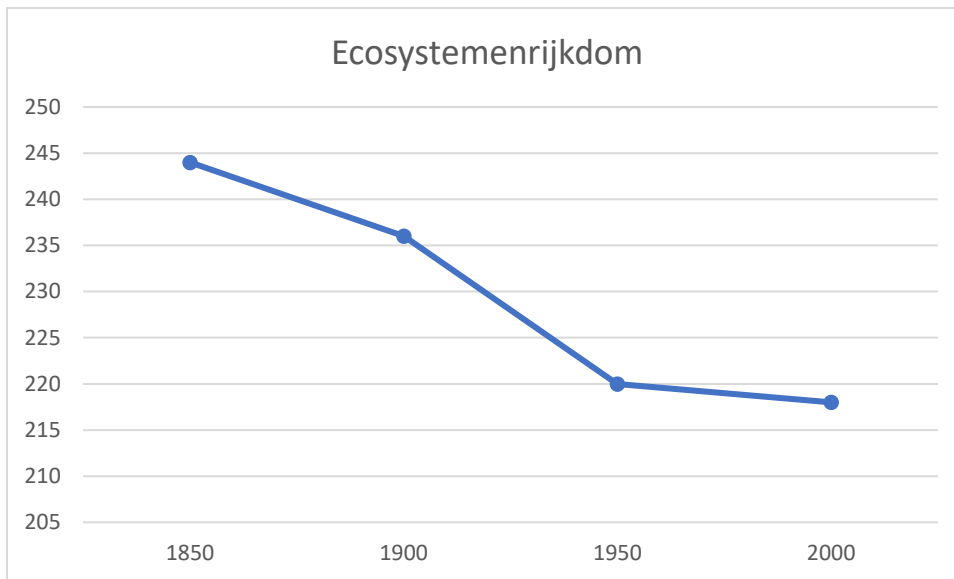
Hier zijn echter een aantal kanttekeningen bij te plaatsen. Zo is alleen in HISGIS onderscheid gemaakt tussen hooi en weiland, en tussen hakhoutbos en normaal bos. Dit zorgt waarschijnlijk voor een hogere ecosystemenrijkdom. Anderzijds zijn de historisch topografische kaarten veel gedetailleerder waardoor onderscheid gemaakt kon worden in natte heide en gewone heide. Daarnaast zijn houtwallen vanaf 1900 duidelijk te onderscheiden, net zoals boomgaarden. In de volgende paragraaf wordt de achterliggende dynamiek van de veranderende ecosystemenrijkdom blootgelegd waardoor getoetst kan worden of HISHIS in combinatie met de topografische kaarten werkbaar is voor deze onderzoeksmethode.

---

<sup>62</sup> Berglund *et al.*, 2007.



*Figuur 22: de ecosystemenrijkdom van de Marke Beckum in alle onderzochte periodes. De mozaïek aan kleuren geven de unieke variaties van de factoren landgebruik, bodem en geomorfologie weer.*



*Figuur 23: geeft de achterliggende data van het kaartmateriaal uit figuur 22 weer in een diachroon perspectief. Dit figuur laat een dalende trend zien in de ecosystemenrijkdom binnen de marke Beckum vanaf 1850.*

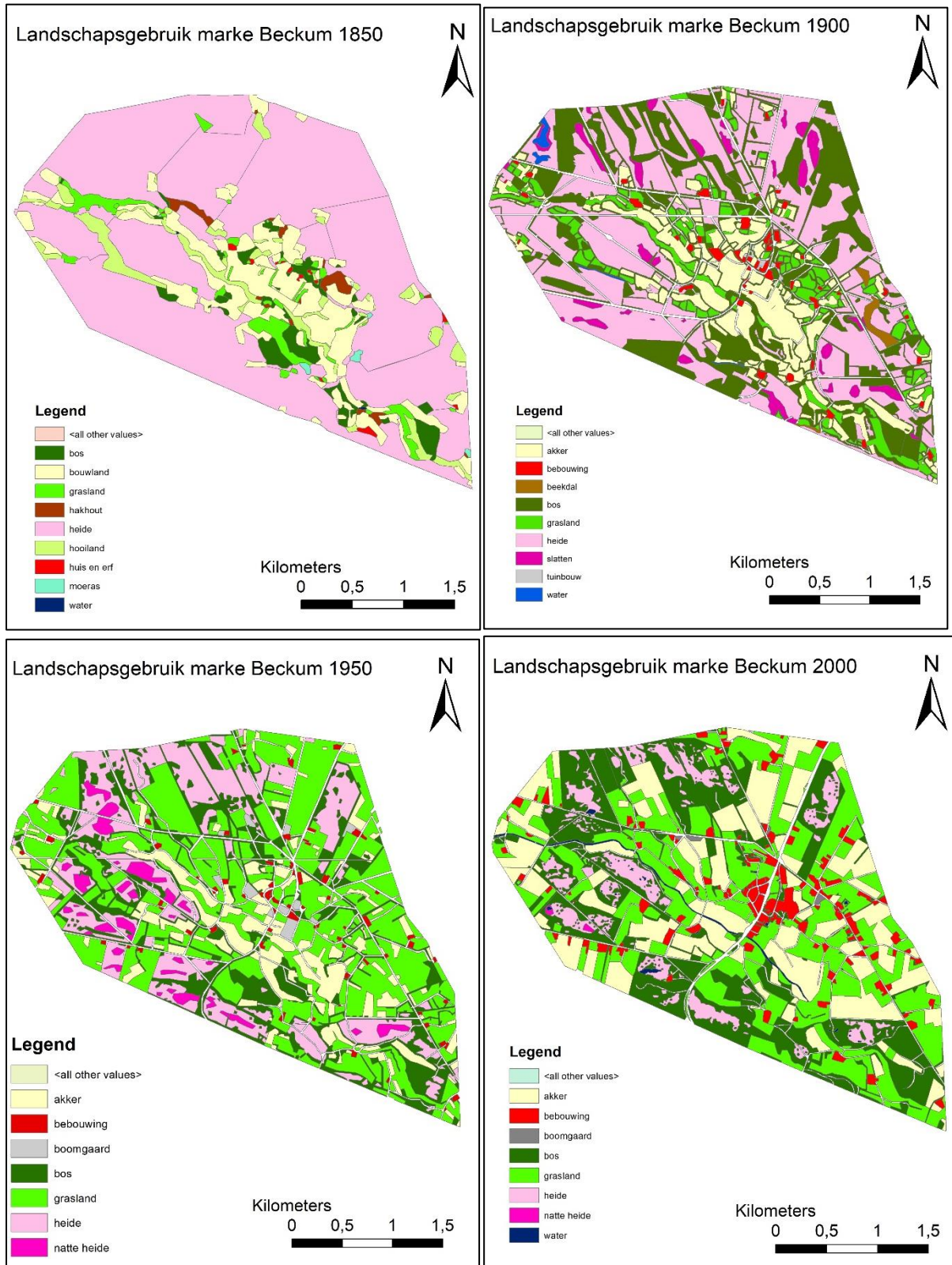
#### De relatie tussen ecosystemenrijkdom en landschapstypen

Om de achterliggende dynamiek van de ontwikkeling in ecosystemenrijkdom bloot te leggen, wordt met een vergrootglas gekeken naar de belangrijkste landschapstypen in het gebied. Dat zijn, akkers, grasland, bos, en heide. In dit geval worden heide en natte heide samengevoegd, net als gras- en hooiland. Overige landschapstypen zoals moeras, water en dergelijke zijn niet meegenomen in de interpretatie omdat de data hierdoor te onoverzichtelijker zou worden. Door middel van deze selectie kan context gegeven worden aan figuur 23 door de achterliggende dynamiek te onderzoeken.

Op basis van figuur 23 is een lichte daling van 3,5% waar te nemen tussen 1850 en 1900. Waar dit aan toe te schrijven is, is lastig te zeggen. Zoals eerder vermeld, is het kaartmateriaal te verschillend om precieze veranderingen in het landschap te herkennen. In principe is de kaart 1850 veel eentoniiger, maar omdat deze is afgeleid van HISGIS, kan onderscheid gemaakt worden in hooi en grasland (natte en droge graslanden). Daarnaast kan onderscheid worden gemaakt tussen hakhout- en gewoon bos. Daarentegen is via HISGIS het voorkomen van enkele moerasachtige gebieden herkent. Keerzijde is echter dat de kaart van 1900 veel gedetailleerder is en zich leent voor een betere landschapsanalyse omdat houtwallen en heggen waargenomen kunnen worden. Daarnaast wordt er meer landschappelijk onderscheid gemaakt op de heidegebieden waardoor zowel natte als droge heide onderscheiden kan worden.

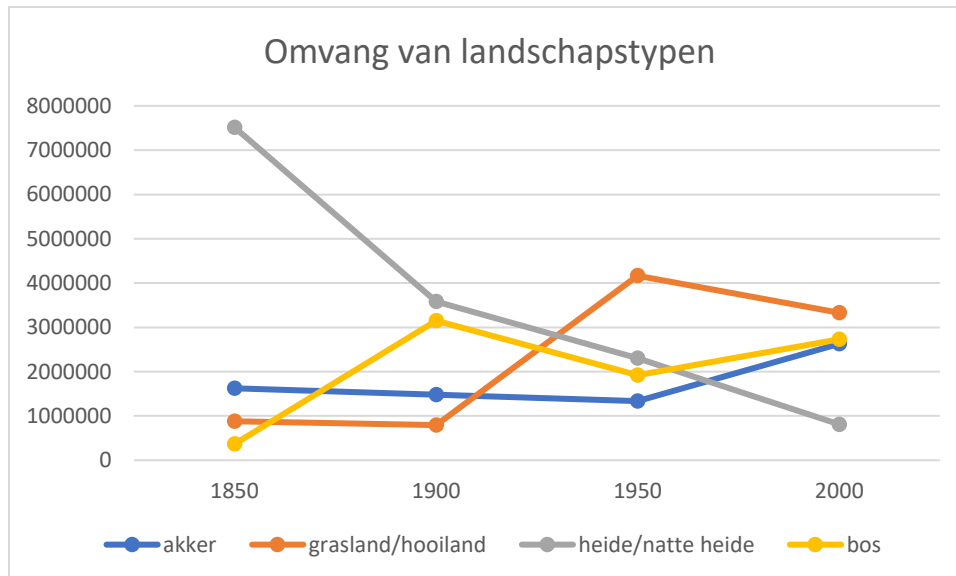
Het is opvallend dat het grootste verlies in ecosystemendiversiteit tussen 1900 en 1950 plaatsvindt. Zoals op figuur 24 goed te zien is, treedt na 1900 het cultuurlandschap buiten zijn voormalige grenzen en neemt dit landschapstype het voorheen half-natuurlijke heidegebied over. Grasland neemt toe ten koste van praktisch alle andere landschapsoorten waardoor minder variaties in ecosystemen waargenomen kunnen worden. Dit betekent dat de introductie van de kunstmest en de daarbij samenhangende verandering vermoedelijk de grootste factor is geweest voor het achteruitgaan van de ecosystemenrijkdom in deze periode. Tussen 1900 en 1950 heeft dan ook veruit de grootste transformatie plaatsgevonden.

Op de kaarten van 1950 en 2000, is goed te zien dat het landschap strakker is ingericht. Er is een duidelijke scheidslijn tussen natuur en cultuur aanwezig, waar de laatste natuurlijke plekken uit bijna compleet dichtgegroeide heide bestaan. De variatie in het landschap verandert ten opzichte van 1950. Dit is te zien in de verhoudingen van de belangrijkste landschapstypen. In figuur 24 is te zien dat met name heide hard achteruit is gegaan en dat grasland aanzienlijk is toegenomen.



Figuur 24: landschapsgebruik van de Marke Beckum op basis van historisch kaartmateriaal.

Om de impact die de ontwikkeling van het landschap op de biodiversiteit heeft gehad te bepalen, moet nauwkeuriger gekeken worden naar de precieze dynamiek van deze veranderingen door middel van de landschapstypen. In figuur 25 is een diachroon overzicht weergegeven van de omvang van de belangrijkste landschapstypen. De hierboven beschreven ontwikkelingen zijn goed zichtbaar in deze grafiek. Met name de scherpe daling van heide ten koste van andere landschapsoorten is goed duidelijk. In 1900 komt voornamelijk bos hiervoor in de plaats waarna in de 20e eeuw cultuurgrond erg sterk toeneemt.

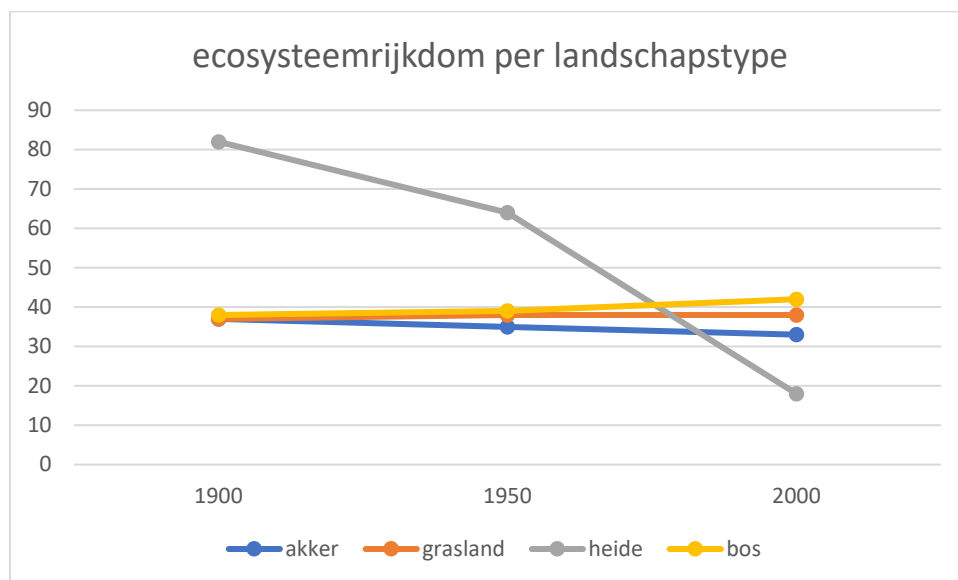


Figuur 25: diachroon overzicht van het aantal hectare per landschapstype. Dit figuur laat de omvang van de verschillende landschapstypen door de tijd heen zien. Uit deze data komt duidelijk een transformatie van het landschap naar voren.

Wanneer de omvang van landschapstypen binnen de Marke Beckum worden vergeleken met het aantal ecosystemen die voorkomen in een landschapstype (zie figuur 25), valt het volgende op: het aantal verschillende ecosystemen dat voor kan komen op heide is gedaald van 82 naar 18 binnen de onderzochte tijdspanne. De overige grote landschapstypen bleven daarentegen redelijk gelijk waardoor de ecosystemenrijkdom achteruit is gegaan. Het lijkt erop dat er sprake is van een bepaalde saturatie van landschapstypen. Wanneer een type een te grote oppervlakte inneemt, levert dit geen nieuwe combinaties meer op van de factoren bodem, geomorfologie en landschapsgebruik. Hierdoor blijft een stijging in de ecosystemenrijkdom uit. De ecosystemenrijkdom daalt doordat bijvoorbeeld heide in een beekdal met een beekerdgrond niet meer voorkomt, en daar grasland in een beekdal met een beekerdgrond voor in de plaats komt. Wanneer deze graslandcombinatie al bestaat komt er dus geen nieuw ecosysteemcombinatie voor in de plaats waardoor de unieke variatie vervangen wordt door een al bestaand ecosysteem.

De meeste hectare heide verdwijnt tussen 1850 en 1900 (zie figuur 25), maar dit laat een relatief beperkte daling in de soortenrijkdom zien (figuur 26). Deze daling zet licht door tussen 1900 en 1950 maar dit zorgt wel voor een instorting van het aantal ecosystemen binnen de Marke Beckum. Het kantelpunt wordt bereikt tussen 1950 en 2000 (zie figuur 26). Het lijkt erop dat er veel hectare aan heide verloren kon gaan voordat dit daadwerkelijk effect had op de ecosystemenrijkdom. Wanneer de afname dat kritieke punt bereikt, neemt het aantal in rap tempo af.

Dit is tevens het moment dat de graslanden sterk uitbreiden ten koste van de heidegebieden. Schijnbaar leverde dit geen unieke ecosystemen op. Het is bijzonder dat op basis van deze analyse, de komst van de kunstmest een veel grotere impact op de ecosystemenrijkdom heeft gehad dan de ruilverkaveling die in de jaren 60 heeft plaatsgevonden. Deze data bevestigen het idee dat een groot aantal landschapstypes in gelijke mate, een hogere ecosystemenrijkdom betekent, en daarmee vermoedelijk ook een hogere soortenrijkdom van plantensoorten.



Figuur 26: diachroon overzicht van de ontwikkeling in ecosystemenrijkdom van de verschillende landschapstypen. Hieruit wordt duidelijk dat de meeste dominant aanwezige landschapstypen relatief gelijk zijn gebleven, maar heide een grote daling heeft doorgemaakt.

#### 4.3: Reflectie van de data en zijn rol in biodiversiteit.

Op basis van historisch kaartmateriaal heeft er dus een achteruitgang van ecosystemenrijkdom plaatsgevonden binnen de Marke Beckum. Deze afname is voornamelijk toe te schrijven aan het verlies van één landschapstype namelijk; heide. Het lijkt erop dat de marginalisering van één landschapstype in dit geval de basis vormt voor de achterliggende dynamiek van een afnemende ecosystemenrijkdom.

Vermoedelijk ligt deze dynamiek ten grondslag aan verlies van ecosystemenrijkdom in het complete onderzoeksgebied. In theorie zal hetzelfde principe gelden in andere gebieden. Zo is bijvoorbeeld het dorp van Beckum niet dusdanig uitgegroeid, dat grote stukken van het platteland plaats moest maken voor grote woonwijken. Mocht dit wel het geval zijn geweest, dan was dit zeer waarschijnlijk ten koste gegaan van meerdere ecosystemen. In het scenario dat Beckum bijvoorbeeld een woonwijk plaatst ten zuiden van de bewoningskern, zal dat ten koste gaan van een groot aantal ecosystemen (zie figuur 22 voor een globaal idee). De afname in ecosystemensoorten was dus veel groter geweest dan 11% in het geval van verstedelijking. Er is dus reden om aan te nemen dat de achteruitgang van de ecosystemenrijkdom in Beckum nog relatief mild is gebleven, vergeleken met gebieden waar meer verstedelijking heeft plaatsgevonden.



Het in kaart brengen van ecosystemen door middel van deze methode biedt een nieuw perspectief voor de verandering van biodiversiteit door de tijd heen. Daarnaast valt deze dynamiek in lijn met de theorie dat meer variëteit in het landschap ook een hogere biodiversiteit betekent. Om terug te komen op de termen van Whittaker: het lijkt erop dat de B-diversiteit is afgenomen in Oost-Nederland op basis van deze casestudie.

## Hoofdstuk 5: conclusie en discussie.

### 5.1: Conclusie.

Om de hoofdvraag “Hoe heeft de biodiversiteit zich ontwikkeld op de zandgronden van Oost-Nederland vanaf de middeleeuwen tot de 21<sup>e</sup> eeuw en in welke mate is deze ontwikkeling beïnvloed door landgebruik” te beantwoorden, moet eerst duidelijk zijn wat biodiversiteit precies betekent. Dit is echter makkelijker gezegd dan gedaan. De crux zit vooral in het feit dat de term is geïntroduceerd als containerbegrip, om meer bekendheid te creëren voor de overmatige exploitatie van het regenwoud en de negatieve effecten daarvan. Hierdoor kan deze term allemaal verschillende definities hebben waar variatie aan ten grondslag ligt. Zo kan het gaan om variatie in genen, diersoorten maar ook ecosystemen. Het idee dat meer variatie beter is voor de natuur staat hierin centraal, maar dat is niet het enige sleutelwoord want de dynamiek tussen soorten of ecosystemen is ook een belangrijk onderdeel van het begrip. Er kan dus gesteld worden dat biodiversiteit een term is dat de complexiteit van de natuur belichaamt. Dit maakt het een goed maar ook haast onwerkbaar begrip. Een enkele meetwaarde zal nooit de lading van de term dekken. Wanneer meerdere meetwaarden voor biodiversiteit strategisch worden gekozen zal dit nog steeds alleen maar een surrogaatwaarde zijn voor het echte begrip. Het zogenaamde surrogaat dat in dit onderzoek is gebruikt is G-diversiteit wat het totaal aan ecosystemen en soortenrijkdom in een bepaald gebied omvat. G-diversiteit wordt gemeten aan de hand van A- en B-diversiteit. Deze kunnen geïnterpreteerd worden als soortenrijkdom en ecosystemenrijkdom. Voortbordurend op deze logica, is het dus belangrijk dat zowel ecosystemen als soorten worden onderzocht op variatie. De variatie van soorten kan onderzocht worden door middel van Bio-archeologisch onderzoek, en ecosystemenrijkdom kan achterhaald worden door middel van historisch- en aardwetenschappelijk kaartmateriaal.

Bio-archeologisch onderzoek in de vorm van archeozoölogie en archeobotanie zou de data moeten leveren voor A-diversiteit van het onderzoeksgebied. Uit hoofdstuk 3 bleek dat archeozoölogisch onderzoek zich niet leent voor onderzoek naar biodiversiteit van Oost-Nederland. Argumenten hiervoor zijn dat maar 28% van de onderzochte data daadwerkelijk geschikt is voor onderzoek naar soortenrijkdom en dat deze data ook voor een groot deel afhankelijk is van sociaaleconomische factoren. Dit blijkt ook uit het feit dat voornamelijk wilde soorten die op het menu stonden zijn aangetroffen. Het beeld wat men krijgt van fauna op basis van archeozoölogie is dus erg ontoereikend wanneer het onderwerp van onderzoek, biodiversiteit is. Een praktisch argument is dat er te weinig data beschikbaar is om goede conclusies te trekken over dit onderwerp.

Botanisch onderzoek is daarentegen wel een zeer nuttig hulpmiddel gebleken voor onderzoek naar soortenrijkdom, maar alleen voor de directe omgeving van het cultuurlandschap. Dit blijkt onder andere uit het zeer dominante voorkomen van Eik en Zwarte Els. Deze soorten zijn het meest gebruikt als hakhoutsoort in het verleden. Daarentegen worden wilde soorten zoals bijvoorbeeld Hulst, Beuk, Populier, Es en Vogelkers niet of zeer sporadisch aangetroffen. Ook voor heide geldt dat het percentage van de onderzochte data veel lager ligt dan daadwerkelijk het geval moet zijn geweest in Oost-Nederland. Dat gezegd hebbende, zijn er wel duidelijk veranderingen waar te nemen in de soortenrijkdom van het cultuurlandschap van Oost-Nederland. Zo valt op dat cultuurvolgers (planten die groeien op bewerkte of geploegde grond, of pionierssoorten die in verband gebracht kunnen worden met akkers) sterk afnemen terwijl cultuurindicatoren zoals granen gelijk blijven in soortenrijkdom. Dit duidt op een intensivering van de landbouw. Het meest

waarschijnlijk is dat het verlaten van het drieslagstelsel een grote daling in cultuurvolgers heeft veroorzaakt. Daarnaast valt op dat soorten die in verband gebracht worden met natte graslanden en moerassen eveneens sterk afnemen. Met name in de overgang van de vroege naar de late middeleeuwen is deze afname sterk aanwezig terwijl de soortenrijkdom van droge graslanden zoals weidegebieden gelijk blijft. Dit suggereert sleutelwerk in de waterhuishouding van Oost-Nederland naarmate de middeleeuwen vordert. Een veranderd klimaat is een andere mogelijkheid, maar omdat de late Middeleeuwen als een periode van grote ontginningen bekend staat, lijkt een veranderende waterhuishouding waarschijnlijker. De soortenrijkdom van bomen blijven gelijk terwijl bosrandsoorten voornamelijk na de middeleeuwen afnemen. De grootste veranderingen die een negatief effect hebben gehad op de totale soortenrijkdom van Oost-Nederland lijkt dus de veranderende waterhuishouding en de intensivering van de landbouw. De ontwikkeling van de soortenrijkdom van half natuurlijke en natuurlijke landschappen is door middel van dit onderzoek niet duidelijk geworden.

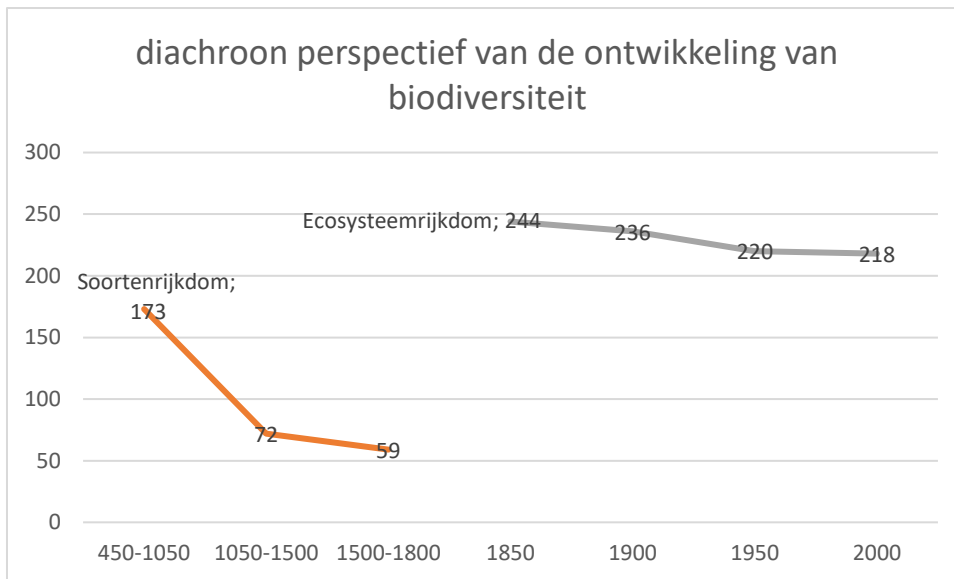
Op basis van historisch kaartmateriaal zijn door middel van een casestudie aanwijzingen gevonden worden dat ecosystemenrijkdom is afgenomen de laatste 170 jaar. De casestudie richtte zich op de voormalige Marke Beckum omdat de veranderingen die het gebied vanaf 1850 heeft doorgemaakt, voornamelijk landschappelijk zijn en uitbreiding van de bebouwde kom erg binnen de perken is gebleven. Hierdoor was het mogelijk om uit te zoeken welke landschappelijke veranderingen ten grondslag liggen aan een verandering in de ecosystemenrijkdom. Door de kaarten in tijdsintervallen van 50 jaar te analyseren, is gebleken dat de ecosystemenrijkdom met 11% is afgenomen vanaf 1850. De voornaamste achterliggende dynamiek is de intensivering van de landbouw en veeteelt. Deze groei ging ten koste van de heidegebieden waardoor ecosystemen verloren gingen. Weide en akkers kwamen hiervoor in de plaats en dit leverde op basis van het kaartmateriaal geen nieuwe ecosystemesoorten op waardoor het aantal variaties afnam. Uit de data blijkt dat de omvang van het heidegebied de grootste daling doormaakte tussen 1850 en 1900, maar dat pas na 1950 een kantelpunt bereikt werd waardoor de ecosystemesoorten in hoog tempo afnamen. Deze achterliggende dynamiek kan een nieuwe denkwijze opleveren over ecosystemen en landschappen.

Om vervolgens de hoofdvraag "Hoe heeft de biodiversiteit zich ontwikkeld op de zandgronden van Oost-Nederland vanaf de middeleeuwen tot de 21<sup>e</sup> eeuw en in welke mate is deze ontwikkeling beïnvloed door landgebruik?" te beantwoorden, moet de data van voorgaande hoofdstukken samengevoegd worden tot één synthese.

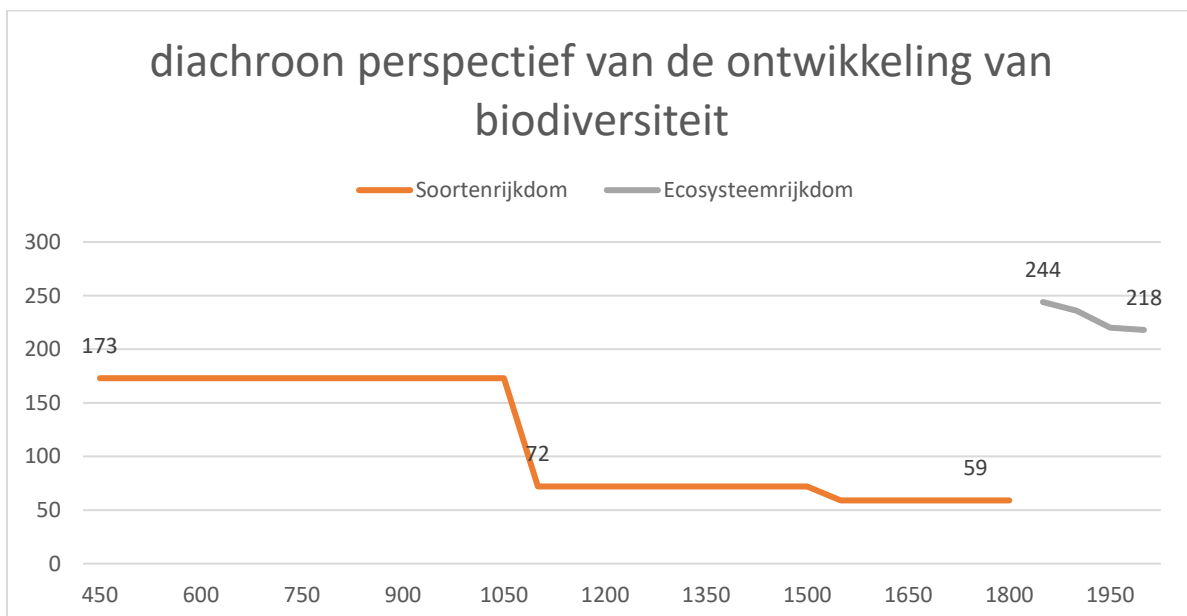
Door middel van deze scriptie zijn nieuwe inzichten verkregen over de ontwikkeling van de biodiversiteit in het onderzoeksgebied. Veel is echter nog onduidelijk. De data die tijdens dit onderzoek is verzameld, bevat maar enkele aspecten van biodiversiteit. Zo is alleen de laagste trofische niveau van een ecosysteem onderzocht, namelijk de flora. Informatie over de lange termijn trends van fauna ontbreekt in deze studie. Daarnaast is ecosystemenrijkdom onderzocht van een klein deel van het totale onderzoeksgebied. Deze twee meetwaardes zijn verdeeld over een langere tijdspanne. De soortenrijkdom van flora is gebruikt voor onderzoek naar de middeleeuwen en de vroege nieuwe tijd. Daarnaast is de ecosystemenrijkdom onderzocht om grip te krijgen op de nieuwe tijd. Dit betekent dat voor alle onderzochte periodes, maar een enkele waarde is onderzocht. Hierdoor is het beeld dat over dit onderwerp gevormd kan worden nog steeds relatief gering. Een aantal zaken zijn echter wel duidelijk geworden over de ontwikkeling van biodiversiteit in Oost-Nederland vanaf de Middeleeuwen. Er is namelijk een globale trend geïdentificeerd. Daarnaast lijkt het erop dat deze trend verklaard kan worden door een aantal achterliggende factoren die vermoedelijk gerelateerd zijn aan landgebruik.

Zowel op basis van botanisch als historisch onderzoek is in grote lijnen een afname van biodiversiteit waarneembaar. In de Middeleeuwen en vroege nieuwe tijd is dit te zien aan een afname van de

soortenrijkdom in het botanisch materiaal. Vanaf 1850 tot 2000 is een afname van ecosysteemrijkdom waarneembaar. De relatieve soortenrijkdom van flora is vanaf de vroege middeleeuwen in een neerwaartse spiraal terechtgekomen. Deze is dusdanig omvangrijk dat in de nieuwe tijd, nog maar 35% van de relatieve soortenrijkdom over is ten opzichte van de vroege middeleeuwen. De jongste data die voor deze analyse is gebruikt, is rond 1800 gedateerd. Vanaf 1850 is door middel van dit onderzoek weinig informatie verkregen over de verdere ontwikkelingen van soortenrijkdom. Ecosystemenrijkdom welke een even belangrijke meetwaarde van biodiversiteit dient te zijn, daalt met 11% tussen 1850 en 2000. In hoeverre dit in verhouding staat tot de soortenrijkdom is niet bekend. Toch is het relatief veilig om te stellen dat de afname van ecosystemen wederom een flinke impact gehad moet hebben op de 35% van de soortenrijkdom dat nog over was ten opzichte van de vroege middeleeuwen. Zie figuur 27 voor een totaaloverzicht van de ontwikkeling van biodiversiteit op basis van dit onderzoek. Wat opvalt is de extreem sterke daling van soortenrijkdom in de late middeleeuwen ten opzichte van de vroege middeleeuwen. Vervolgens zet de daling licht door vanaf de late middeleeuwen tot de nieuwe tijd. De ecosysteemrijkdom laat een harde daling zien tussen 1900 en 1950.



A



B

*Figuur 27: de ontwikkeling van de biodiversiteit op basis van deze scriptie vanaf de vroege middeleeuwen tot de moderne tijd. Er zijn twee grafieken aanwezig. 27A is gevisualiseerd op basis van de beschikbare datapunten en 27B heeft een evenredige diachrone schaal. Hierdoor visualiseert A de daadwerkelijke data beter, en B toont de relatieve schaal van deze data aan.*

Het is opvallend dat hoewel compleet andere data en onderzoeksmethodes zijn gebruikt voor de verschillende periodes, in beide gevallen een negatieve trend kan worden waargenomen. De daling van soortenrijkdom in de loop van de middeleeuwen is voornamelijk toe te schrijven aan de achteruitgang van 2 soorten flora, namelijk; cultuurvolgers (pioniersplanten, die vaak in verband worden gebracht met landbouw) en soorten die gedijen op natte graslanden, moerassen en hoogveen. Andere soorten flora verliezen relatief weinig diversiteit, en laten slechts een lichte daling zien.

De meest aannemelijke theorie is dat de oorzaak van deze specifieke afnames kan worden gezocht in onder andere het graven van sloten. De aanpassingen die in deze periode zijn gemaakt in de

waterhuishouding heeft als gevolg gehad dat het cultuurland verdroogde. Dit was gunstig voor de landbouw en veeteelt, maar slecht voor de soortenrijkdom van nattere gebieden. Deze afname van biodiversiteit is hierdoor groot, omdat de meest vochtige gebieden vaak de hoogste soortenrijkdom herbergen. Het verdwijnen van deze vochtige gebieden door menselijk handelen heeft voor verarming van biodiversiteit gezorgd in het Middeleeuwse cultuurlandschap. Het is echter ook mogelijk dat klimaat een rol heeft gespeeld in de achteruitgang van deze soortengroep. In de middeleeuwen was er sprake van een klimaatoptimum dat ongetwijfeld een bijdrage aan de verdroging heeft geleverd. In welke mate deze verdroging door menselijk handelen of aan klimaat toegeschreven kan worden is onderwerp voor toekomstig onderzoek.

De tweede grote verandering in de middeleeuwen is de afname van cultuurvolgers. Dit is een indicatie dat er intensivering van de landbouw heeft plaatsgevonden. Vermoedelijk is het verlaten van het drieslagstelsel in de overgang van de late middeleeuwen funest geweest voor de cultuurvolgers. Wanneer altijd een derde van het totaaloppervlak van het cultuurland braak ligt, geeft dat alle mogelijkheid voor pioniersplanten om uit te groeien. Bij het verlaten van dit systeem hadden deze planten veel minder ruimte om te gedijen. Hoewel deze theorie aannemelijk lijkt, is meer onderzoek nodig om deze te bewijzen.

Vanaf 1850 is het mogelijk om op basis van landschappelijke indeling uitspraken te doen over de ecosystemenrijkdom. De conclusies die op basis van deze scriptie zijn getrokken, doen echter geen recht aan alle factoren en bijbehorende dynamiek die in Oost-Nederland van toepassing zijn omdat het erg gebied-specifiek is. Desalniettemin levert de casestudie van Beckum mooie inzichten op in het effect van landschappelijke ontwikkelingen op de ecosystemenrijkdom. Met name het effect van de heideontginningen op de ecosystemenrijkdom is duidelijk geworden door middel van deze onderzoeksmethode. Uit dit onderzoek blijkt dat de oorzaak van de 11% daling van ecosystemenrijkdom bijna volledig toegeschreven kan worden aan de heideontginningen. Door het grootschalig omzetten van heide in grasland of akkers, zijn unieke variaties die een ecosysteem definiëren, verloren gegaan. Al bestaande variaties zijn hiervoor in de plaats gekomen. De reden hiervoor is dat bepaalde variaties van ondergrond en landgebruik op grasland en akkers al veelvuldig voorkwamen. Veel hectare heide kon verloren gaan waarbij het effect op ecosystemenrijkdom beperkt bleef. Tussen 1900 en 1950 werd echter het kantelpunt bereikt waarbij de afname van heide een ineenstorting van ecosystemenrijkdom veroorzaakte binnen het heidegebied.

De ontwikkelingen in ecosysteem- en soortenrijkdom kennen relatief gelijke patronen. Deze patronen komen overeen met het principe binnen de ecosysteemtheorie dat specifieke stress op een ecosysteem specifieke gevolgen heeft. Hierdoor kan gesteld worden dat een verandering in landgebruik per definitie een effect heeft gehad op de biodiversiteit. Op basis van de data lijkt het erop dat de veranderingen altijd een negatief effect hebben gehad, maar dat betekent niet dat elke ingreep in het landschap per definitie een negatief gevolg moet hebben. De reactiewaardes van het laagste trofische niveau van het cultuurlandschap geven een specifieke reactie aan, maar of alle ketens van een ecosysteem daaronder te lijden hebben is onzeker. Het onderzoek naar ecosystemenrijkdom is op dit gebied completer. Er kan met zekerheid gezegd worden dat de achteruitgang van ecosystemenrijkdom in direct verband staat met het verdwijnen van hele landschappen wat bijna onlosmakelijk verbonden is met een daling in de algehele biodiversiteit. De ontwikkeling van biodiversiteit in Oost-Nederland moet dus afgeleid worden van deze gegevens, maar deze geven uitsluitend een indicatie. Er is nog weinig bekend over de wisselwerking tussen actie en reactie op fauna, natuurlijke en half natuurlijke landschappen. Deze gebieden kunnen een compleet andere ontwikkeling hebben gehad dan de onderzochte elementen van biodiversiteit.

Los van deze onzekerheden schetst dit onderzoek een beeld van de achterliggende dynamiek en ontwikkeling van biodiversiteit. Om nogmaals terug te komen op de termen van Whittaker: zowel de A-diversiteit als de B-diversiteit is gedaald in de zandgronden van Oost-Nederland in de loop der eeuwen. De surrogaatmeetwaarde wat G-diversiteit is, kan niet berekend worden per periode omdat meerdere meetwaardes nodig zijn. Ondanks dat de puzzelstukjes beperkt zijn, kan gesteld worden dat G-diversiteit is afgenomen als direct gevolg van keuzes in landgebruik. Om de hoofdvraag bondig te beantwoorden: de biodiversiteit van Oost-Nederland laat een negatieve ontwikkeling zien in de loop van de middeleeuwen als direct gevolg van keuzes in landgebruik. Dit uit zich in een achteruitgang van de soortenrijkdom van flora in de middeleeuwen, en een daling van de ecosystemenrijkdom in nieuwe tijd.

## 5.2: Discussie.

Voordat de inhoudelijk punten besproken worden, moet genoemd worden dat in de gebruikte onderzoeksmethode nog een aantal kinderziektes aanwezig zijn. De methode waarop zowel soortenrijkdom als ecosystemenrijkdom geanalyseerd is, kunnen in de toekomst veel nauwkeuriger uitgevoerd worden. Tijdens deze scriptie is enigszins met de stroming meegeevaren door gaandeweg de meest logische of veelbelovende keuzes te maken tijdens het onderzoeksproces. Inhoudelijk zullen hierdoor talloze verbeterpunten aanwezig zijn met betrekking tot de onderzoeksmethode. Toch wordt deze scriptie als een waardevol verkennend onderzoek naar de historische biodiversiteit beschouwd.

Er zijn daarnaast ook enkele theoretische pijnpunten waar rekening mee gehouden moet worden. Zo is Biodiversiteit een begrip dat dwingt tot een holistische benadering. Maar omdat de natuur zo alomvattend en complex is, is een holistische benadering vrijwel onmogelijk. Dit geldt vooral voor grotere onderzoeksgebieden. Dit gegeven maakt duidelijk dat deze studie gebaseerd is op een zeer beperkte hoeveelheid data en ook ingekaderd is tot een zeer beperkt onderwerp binnen biodiversiteit. Het was in deze studie niet mogelijk om te onderzoeken hoe bepaalde acties in landgebruik leidde tot verandering in de soortenrijkdom van Fauna, en in de soortenrijkdom van flora in natuurlijke en half natuurlijke landschappen. Hiervoor is meer onderzoek nodig.

Er zijn vele voorbeelden te verzinnen van bronnen of onderzoeksmethodes die niet gehanteerd zijn vanwege de omvang van deze scriptie, maar wel zeer waardevol zijn voor onderzoek naar biodiversiteit. Een uitgebreid historisch onderzoek was bijvoorbeeld een zeer nuttige aanvulling geweest. Daarnaast was Synbiosys van Alterra een zeer interessante bron geweest om soortenrijkdom en ecosystemenrijkdom in combinatie te onderzoeken. Dit kan leiden tot meer inzicht in de wisselwerking tussen deze twee meetwaardes.

Tot slot is variatie in genen ook een belangrijk gegeven binnen biodiversiteit. Wanneer biodiversiteit als een schaalbaar iets gezien kan worden, zijn genenrijkdom, soortenrijkdom en ecosystemenrijkdom de belangrijkste subgroepen. Hiervan zijn maar twee subgroepen onderzocht, en altijd maar één per periode. Bij toekomstig onderzoek kan bijvoorbeeld onderzoek naar genetisch groen erfgoed een rol spelen om door middel van een landschappelijk gericht onderzoek ook de lading van deze ondervertegenwoordigde subgroep te dekken.

Vanuit het idee dat een landschap een samenstelling van ecosystemen is die een bepaalde invloed op elkaar uitoefenen en waarin zich een bepaalde mate van soorten- en genenrijkdom bevinden, kan gesteld worden dat landschap de basis is voor biodiversiteit. Vanuit deze redenatie is het wenselijk

om biodiversiteit minder abstract te maken door middel van casusgerichte studies omdat biodiversiteit als term zich slecht leent voor een landelijke overzichtswaarde. Op dezelfde manier zal één term voor alle landschappen in Nederland ook nooit toereikend zijn en recht doen aan de diversiteit dat dit land kent. Dit geldt ook voor biodiversiteit. Een diachroon overzicht van biodiversiteit van heel Nederland zegt eigenlijk vrijwel niets omdat hierdoor niet duidelijk is of de veranderingen zich beperken tot alleen de kweldergebieden, de veengebieden of de zandgronden. Een conclusie zou kunnen zijn dat een landschapsbiografie erg dicht bij een biodiversiteitsanalyse komt. Mijn aanbeveling zal daarom zijn dat biodiversiteit minder abstract wordt gemaakt door middel van casusgerichte studies in combinatie met een exactere methodiek. Biodiversiteit is nog altijd een heel onmeetbaar vaag begrip vanwege de holistische benadering dat het nodig heeft. Hierdoor kan deze term een belangrijke rol krijgen in landschapsonderzoek omdat onderzoeksstrategieën redelijk identiek zijn. Net als landschapsonderzoek moet biodiversiteitsonderzoek geografisch afgebakend en interdisciplinair zijn.



## Bronnen:

### Literatuur:

- Allouch, O./M., Kalyuzhny/G., Moreno-Rueda/M., Pizarro/R., Kadmon, 2012: Area-heterogeneity tradeoff and the diversity of ecological communities, PNAS, VOL. 109, NO.43, 17495-17500.
- Attenborough, D., 2020: *een leven op onze planeet, een krachtige getuigenis over de impact van de mens op de natuur en een hoopvolle boodschap voor toekomstige generaties*, Amsterdam.
- Beek van, R./M.T.I.J. Gouw-Bouman/J.A.A. Bos, 2015: Mapping regional vegetation developments in Twente (the Netherlands) since the Late Glacial and evaluating contemporary settlement patterns, Netherlands Journal of Geosciences, Vo94, Iss03 229-255.
- Behre, K.E./D., Kucan, 1981: Die Reflektion archäologisch bekannter Siedlungen in diagrammen verschiedener Entfernung – Beispiele aus der Siedlungskammer Flögel, NordwestDeutschland.
- Berglund, B.E./M.J. Gaillard/L., Bjorkman/T., Persson, 2008: Long-term changes in floristic diversity in southern Sweden: palynological richness, vegetation dynamics and land-use, in Vegetation History and Archaeobotany, V17, 573-583.
- Birks, H.J.B./J.M. Line, 1992 The use of rarefaction analysis for estimating palynological richness from quaternary pollen-analytical data, the Holocene 2.1, pp 1-10.
- Birks, H.J.B./V.A., Velde/A.E., Bjune/J.A., Grytnes/H., Seppä/T., Giesecke, 2016: Does pollen-semblage richness reflect floristic richness? A review of recent development and future challenges, Review of Palaeobotany, and Palynology, Vol. 228, 1-25.
- Birks., H.J.B./V.A., Velde/A.W.R. Seddon, 2016: Biodiversity trends within the Holocene, The Holocene, V26, 994-1001.
- Bouman, M.T.J.J./J.A.A., Bos/R., van beek, 2013: *Van wildernis naar cultuurlandschap. Een reconstructie van regionale vegetatieontwikkeling van Twente in het Holoceen*, Amersfoort (ADC-ArcheoProjecten rapport 3413).
- Clason, A.T. 1999: Bird and Mammal species richness in the Netherlands in: N. Benecke (ed.) Holocene history of the European vertebrate fauna: modern aspects of research, 107-122.
- Colombaroli, D./W., Tinner, 2013: Determining the long-term changes in biodiversity and provisioning services along a transect from Central Europe to the Mediterranean, the Holocene, Vol. 24, No. 11, 1625-1634.
- Delong D.C., 1996: defining biodiversity, Wildlife society Bulletin, Vol. 24, No. 4, pp 738-749.
- Dirkx, J., 2002: Historische ecologie van de hooimaatjes in 'de Wildernis' (overijssel), Alterra-rapport 392.
- Dirkx, G.H.P./D.G. van Smeerdijk/H. van Haaster, 1998: Historische ecologie van het Reestdal, een onderzoek naar historische referentiebeelden voor natuur, stichting het Drentse landschap, Assen.

- Dirkx, G.H.P, 1998: Wood-pasture in Dutch common woodlands and the deforestation of the Dutch landscape in *The ecological history of European forests* ed. K..J., Kirby/C., Watkins, Wallingford.
- Groenewoudt, B./H., van Haaster, R., van Beek/O., Brinkkemper, 2007: Towards a reverse image. Botanical Research into the landscape history of the eastern Netherlands (1100 B.C. – A.D. 1500), *Landscape History*, V 29, No1, 17-33.
- Haaster van, H./O., Brinkkemper, 1995: RADAR, a relational archaeobotanical database for advanced research. *Veg Hist Archaeobot* 4:117-125
- Harper, J.L./D.L. Hawksworth, 1994: Biodiversity: Measurement and estimation Preface., *Biological Science*, Vol 345, No, 1311, 5-12.
- Hortal, J./L.M., Carrasal, K.A., Triantis/E., Thébault/S., Meiri/S., Sfenthourakis, 2013: Species richness can decrease with altitude but not with habitat diversity, *PNAS*, Vol. 110, No 24, E2149-E2150.
- Hortal, J./K., Triantis/S., Meiri/E., thébault/S., Sfenthourakis, 2009: Island Species Richness Increases with Habitat Diversity, *the American naturalist*, VOL 174, NO6.
- Jagt van der., I/O., Brinkkemper 2020: Biodiversiteit in bioarcheologisch perspectief. De (on)mogelijkheden van een bigdata-analyse met BoneInfo en RADAR. *In tot op het bot onderzocht, essays ter ere van archeozoöloog Roel Lauwerier* (red. Bazelmans. J., et al), NAR 070.
- Kurt, J., 2010: *Ecosystem functioning*, Cambridge.
- Morar, N./T., Toadvine/B.J.M., Bohannon, 2015: Biodiversity at Twenty-five Years: Revolution or Red Herring?, *Ethics, Policy & Environment*, Vol. 18, No. 1, PP 16-29.
- Lapin, M./B.V., Barnes, 1995: Using the landscape ecosystem Approach to Assess Species and Ecosystem Diversity, *Conservation Biology*, V9, N5, 1148-1158.
- Noordijk, J./R.M.J.C., Kleukers/E.J., van Nieuwerkerken/A.J. van Loon (red.), 2010: *de Nederlandse Biodiversiteit Naturalis & European invertebrate Survey Nederland*, Leiden.
- Norton, B.G., Biodiversity and its meaning and value, in *a Companion to the Philosophy of Biology*, Sahotra, S./A., Plutynski (eds.), 2007.
- Rowe, J.S./B.V., Barnes, 1994: Geo-ecosystems and Bio-ecosystems, *Bulletin of the Ecological Society of America*, V75, 40-41.
- Rowe, J.S., 1992: The ecosystem approach to forestland management, *The Forestry Chronicle*, V68, N2, 222-224.
- Shinohara, N./T., Yoshida, 2021: Why species richness of plants and herbivorous insects do or do not correlate, *Ecological research*, Vol. 36, P258-265.
- Smeenge, H., 2020: *Historische landschapsecologie van Noordoost-Twente, acht interdisciplinaire studies op het snijvlak van aardkunde, ecologie en cultuurhistorie (ca. 12.000 v.C. – heden)*, Groningen.
- Whittaker, R.H., 1972: Evolution and measurement of species diversity, *Taxon*, vol 21, no 2/3, 213-251.
- Wilson, E.O./F.M., peter, 1988 (ed.): *Biodiversity*, National forum on BioDiversity, Washington D.C..

Websites:

<https://www.natuurmonumenten.nl/standpunten/biodiversiteit>

<https://www.wwf.nl/wat-we-doen/focus/biodiversiteit>

[https://ec.europa.eu/environment/basics/natural-capital/biodiversity/index\\_nl.htm](https://ec.europa.eu/environment/basics/natural-capital/biodiversity/index_nl.htm)

<https://wetten.overheid.nl/BWBV0001136/1994-10-10>

<https://etymologiebank.nl/trefwoord/beckum>

<http://milieutotaal.nl/Natuur-en-Milieu/>

Afbeeldingen

figuur 3: <https://nioo.knaw.nl/nl/blog/de-xxl-piramide>