



○ *Elzenhakhout op
omgekeerde rabatten*

Casper de Groot & Patrick Jansen

Wageningen, November 2014

*Elzenhakhout op
omgekeerde rabatten*

Casper de Groot & Patrick Jansen

Wageningen, November 2014

Casper de Groot, Patrick Jansen

Elzenhakhout op omgekeerde rabatten

Wageningen, Stichting Probos

In opdracht van:



November 2014



Stichting Probos

Postbus 253, 6700 AG Wageningen, tel. 0317-466555, fax 0317-410247

Email: mail@probos.nl; website: www.probos.nl

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel van het project	7
1.3	Werkwijze en rapportage	7
2	LITERATUURONDERZOEK	9
2.1	Achtergronden zwarte els	9
2.1.1	Algemene kenmerken	9
2.1.2	Natuurwaarden	9
2.1.3	Het hout, kenmerken en gebruiksmogelijkheden	11
2.2	Historische aanleg en beheer van elzenhakhout	12
2.2.1	Inleiding	12
2.2.2	Aanleg	12
2.2.3	Beheer	13
2.3	Korte omloopbossen van els	14
2.3.1	Aanleg	14
2.3.2	Beheer	15
2.3.3	Opbrengst	15
2.4	Beheerkosten elzenhakhout	15
3	VELDINVENTARISATIE	17
3.1	Methode	17
3.2	Resultaten	18
4	OOGSTSYSTEMEN	21
4.1	Velling	21
4.2.	Uitdragen	23
5	ONTWERP BEPLANTING EN INRICHTING TERREIN	25
	LITERATUUR	33
BIJLAGE 1	Beheerkosten op basis van normkostenberekeningen uit 1998	
BIJLAGE 2	Gegevens meeflocaties	
BIJLAGE 3	Presentatie Raffaele Spinelli van CNR-IVALSA uit Italië	
BIJLAGE 4	Drie gereedschappen voor de aanplant van plugplantsoen	
BIJLAGE 5	Rassenlijst zwarte els (www.rassenlijstbomen.nl)	

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Fossiele brandstoffen raken langzaamaan op, ze zorgen voor geopolitieke instabiliteit en versnellen de opwarming van de aarde. Alle reden dus om haast te maken met de transitie naar hernieuwbare brandstoffen. In september 2013 hebben meer dan 40 organisaties met de Nederlandse overheid het Energieakkoord getekend, waarbij men is overeengekomen om het aandeel hernieuwbare energie in 2020 te verhogen tot 14% en in 2023 tot 16% (SER, 2013). Dit laatste percentage komt overeen met ca. 340 PJ aan energie.

De afgelopen jaren is het aandeel hernieuwbare energie echter slechts langzaam gestegen van 2,3 % in 2005 naar 4,3 % in 2011 en 4,5% in 2013 (CBS, 2014). Zeker gezien de ontwikkeling van de laatste 2 jaar, betekent dit dat alle zeilen moeten worden bijgezet om de doelstellingen voor 2020 te halen. Het kabinet heeft daarom ambitieuze doelen geformuleerd voor de realisatie van windmolenparken. Echter, door het groeiende verzet hiertegen vanuit onder meer omwonenden lijken veel plannen voor hernieuwbare energieopwekking al in een vroeg stadium te sneuvelen.

Mede daarom ligt er voor de invulling van de hernieuwbare energiedoelen een belangrijke rol weggelegd voor biomassa. Momenteel is biomassa met een aandeel van 70% al verreweg de belangrijkste hernieuwbare energiebron. Ter vergelijking: bijna 20% van de hernieuwbare energie bestaat momenteel uit windenergie. De overige 10% komt voor rekening van bronnen als zonne-energie en bodemenergie (CBS, 2014). Houtige biomassa is naast afval(verbranding) met 35 tot 40% de belangrijkste biomassa-stroom voor hernieuwbare energieopwekking. Het is de verwachting dat, zeker op de korte en middellange termijn, houtige biomassa een grote rol blijft spelen in onze hernieuwbare energievoorziening. In het Convenant Agrosectoren is bijvoorbeeld afgesproken dat van de 340 PJ hernieuwbare energie in 2023 32 PJ moet worden gerealiseerd met de inzet van biomassa uit bos, natuur, landschap en de houtketen (Agentschap NL, 2012).

In de eerste Nationale Energieverkenning, die op 7 oktober is gepresenteerd, staat dat Nederland bij lange na niet de energiebesparing haalt die voor 2020 in het Energieakkoord is vastgelegd. Ook het percentage hernieuwbare energie blijft achter bij wat is afgesproken. De reactie van de overheid is nog niet bekend, maar er wordt wel gezinspeeld op extra maatregelen om de doelen dichterbij te brengen.

Biobased economy

Niet alleen voor de opwekking van hernieuwbare energie is er toenemende aandacht voor (houtige) biomassa. In de opkomende biobased economy vormt biomassa een steeds belangrijkere grondstof voor de vervaardiging van materialen en chemicaliën. Hout is als bouw materiaal weliswaar al eeuwenoud, maar het afgelopen decennium zijn er steeds grotere doorbraken bereikt om biobrandstoffen, chemicaliën en hoogwaardige bouwmaterialen te fabriceren uit hout. Hout is met name interessant, omdat het lignine bevat, een stof waaruit talloze chemicaliën kunnen worden gefabriceerd (Didde, 2014).

Stijgende vraag naar houtige biomassa

De vraag naar (houtige) biomassa stijgt momenteel snel en gezien de bovengenoemde ontwikkelingen, is het de verwachting dat deze stijging nog lange tijd aan zal houden. In internationale scenariostudies wordt zelfs op de middellange termijn een tekort aan hout voorspeld in Europa (Mantau et al., 2011).

Het is daarom de vraag waar we in de toekomst onze (houtige) biomassa vandaan gaan halen. Grootschalige import van hout vanuit het buitenland ligt gevoelig in verband met de negatieve effecten op bijvoorbeeld voedselproductie, milieu (o.a. als gevolg van het transport) en zaken als ontbossing. Er moet daarom veel meer worden gekeken naar binnenlandse bronnen voor houtige biomassa. Binnenlandse bronnen voor houtige biomassa zijn bos, landschap, bebouwde omgeving (snoeihout, dunningshout etc.), de houtverwerkende industrie (resthout uit het productieproces) en de afvalsector (gebruikt hout). Momenteel leveren deze bronnen circa 16 PJ aan houtige biomassa voor de opwekking van hernieuwbare energie in Nederland. Voor het halen van de afspraken uit het Convenant Agrosectoren is dus in nog geen 10 jaar tijd een verdubbeling van het aanbod nodig (Boosten et al., 2014)! Het ligt daarom voor de hand om binnen Nederland, waar mogelijk en haalbaar, onze eigen biomassa te produceren, onder andere in energieplantages. Dit wordt bijvoorbeeld onderkend in het Actieprogramma Duurzame Biomassa dat in het kader van het Houtconvenant¹ is opgesteld.

De visie van landgoed Twickel

Landgoed Twickel heeft hoge kosten voor het verwarmen van het kasteel en de verwachting is dat deze kosten door stijgende energieprijzen alleen maar zullen groeien. Geheel in lijn met het nationale beleid wil landgoed Twickel daarom inzetten op hernieuwbare brandstoffen. Stichting Twickel heeft in 2012 een houtkachel aangeschaft voor de productie van warmte voor het landhuis.

Natuurbeheerders worden in toenemende mate geconfronteerd met slinkende budgetten voor de aanleg en het beheer van bossen en natuurgebieden. De noodzaak om te komen tot beplantingen die kostenefficiënter en mogelijk winstgevend te beheren zijn wordt daardoor steeds groter. Vanuit deze optiek wordt het daarom ook steeds noodzakelijker om anders te gaan kijken naar een nieuw gebruik en zelfs een nieuwe inrichting van dergelijke beplantingen. De acceptatie dat landschappelijke en stedelijke beplantingen meer zijn dan alleen een groen ‘visueel decor’ voor recreatie, wonen en natuur wordt steeds meer gemeen goed. Deze beplantingen worden meer en meer (her)ontdekt als leverancier van (houtige) biomassa. Biomassa is daarmee in potentie een belangrijke nieuwe economische drager voor de instandhouding van beplantingen. Echter, de oogst en teelt van biomassa uit landschappelijke en stedelijke beplantingen is momenteel vaak nog kostbaar en veelal niet kostendekkend. De grote uitdaging is om deze beplantingen zo in te richten en te benutten dat er enerzijds efficiënte oogstbare biomassa uit voortkomt en anderzijds de ‘traditionele’ waarden (recreatie, beleving, biodiversiteit etc.) gewaarborgd of versterkt worden. De term energielandschappen wordt in dit kader steeds meer gebezigd.

Stichting Twickel wil de houtkachel met eigen biomassa gaan voeden. Zo kan in (een deel van) de eigen biomassabehoefte worden voorzien, waarbij de prijs niet onderhevig zal zijn aan fluctuaties in de markt. Dit kan enerzijds met hout dat vrij komt uit het reguliere bos- en landschapsbeheer, maar er wordt ook gekeken naar mogelijkheden voor de teelt van biomassa.

Zwarte els lijkt een geschikte houtsoort voor de teelt van biomassa op de gronden van Twickel. De soort komt hier van nature voor, voelt zich thuis op natte bodems en levert in de

¹ In het op 5 maart 2013 getekende Houtconvenant heeft een breed scala aan partijen beloofd zich te zullen inzetten voor meer mobilisatie van houtige biomassa in Nederland voor onder meer de opwekking van hernieuwbare energie. De ondertekenaars van het houtconvenant zijn: Het Bosschap, AVIH, De 12Landschappen, Landschapsbeheer Nederland, Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Federatie Particulier Grondbezit, het Platform Hout, Stichting Natuur en Milieu, IUCN, Eneco, Essent Energy BV, Nuon en de Vereniging Nederlandse Gemeenten. Zie: www.vbne.nl/cp/uploads/downloads/Houtconvenant.pdf.

vorm van elzenbroekbos een waardevolle bijdrage aan de natuurwaarden. Om de teelt van biomassa met elzen mogelijk te maken is een teeltsysteem bedacht, gebaseerd op het aloude bosbouwsysteem met rabatten, dat men nu verder wil uitwerken en in de praktijk wil brengen. Een historisch teeltsysteem wordt zo in een nieuw jasje gestoken. Er wordt nu echter niet op de rabatten geplant, maar juist in de greppels. De rabatten zijn bedoeld als verwerkings- en afvoerwegen. Ze liggen net iets hoger dan de omgeving en zijn daardoor minder gevoelig voor insporing.

Voordeel van dit systeem is dat niet alleen biomassa wordt geproduceerd, maar dat ook andere waarden worden versterkt, zoals de net genoemde natuurwaarden. Maar het systeem is ook bedoeld om een waterberging te creëren. Met het oog op de verwachte klimaatsveranderingen is behoefte aan de berging van water in het landelijke gebied. Waterschappen richten hiertoe retentiegebieden in. Een deel van de watergangen moeten gaan voldoen aan de eisen van de Kader Richtlijn Water (KRW). Beschaduwning van waterlopen is daarbij vaak een wens. In eerste instantie zullen hiervoor lager gelegen landbouwgronden langs waterlopen worden gebruikt. Deze gronden zijn vaak voor de landbouw minder interessant, maar in principe prima geschikt voor het telen van houtige biomassa.

1.2 Doel van het project

Het project heeft tot doel het concept van elzenhakhout op omgekeerde rabatten verder uit te werken en in de praktijk te brengen. Het is hierbij belangrijk er voor te zorgen dat een goede productie wordt behaald en dat op een efficiënte en effectieve wijze kan worden geoogst. Zo kan het bijdragen aan de economie van het landgoed.

Indien het concept succesvol blijkt te zijn, is het de bedoeling dit op te schalen buiten landgoed Twickel. Daarbij is het doel andere grond- en landgoedeigenaren, maar bijvoorbeeld ook waterbeheerders en beleidsmakers, te informeren over het concept en de opgedane kennis over elzenhakhout op omgekeerde rabatten en ze inspireren om dit concept of een gelijkaardig concept toe te gaan passen in hun eigen gebied (olievlekwerking). Het systeem is een mogelijkheid om biomassa te produceren in een creatieve combinatie met andere functies. Het project dient niet alleen een voorbeeldfunctie te hebben voor dit specifieke concept, maar ook als een nieuwe manier van denken over inrichting en beheer van natuur met de combinatie van functies.

1.3 Werkwijze en rapportage

Het project richt zich voornamelijk op het verzamelen van relevante informatie die nodig is om het concept van de omgekeerde rabatten verder uit te werken. Het doel is om een systeem te ontwerpen met een maximaal financieel resultaat, binnen de voorwaarden op het gebied van ecologie, waterberging en belevingswaarde. Dat betekent een hoge productie en lage oogstkosten. Het systeem van de omgekeerde rabatten is ontwikkeld met het oog op gemechaniseerde oogst, omdat duidelijk is dat dit een voorwaarde is voor een kosten efficiënte oogst. Om kosten te besparen worden geen beheermaatregelen uitgevoerd. Dit is ook niet nodig, aangezien houtkwaliteit geen rol speelt bij de productie van biomassa. De productie van els wordt voor een bepaalde groeiplaats met name bepaald door genetische herkomst, plantverband en kacyclus. Stamtaal is nauw gerelateerd aan de oogstcyclus, omdat voorkomen moet worden dat er zelfdunning in de stoven plaats gaat vinden. De belangrijkste vraag voor het ontwerp is derhalve: met welk plantmateriaal, met welk plantverband, met welke kacyclus en met welke machines moet gewerkt worden?

Met het oog op het beschikbare budget is er voor gekozen om literatuuronderzoek te doen (hoofdstuk 2), een beperkt aantal houtmetingen uit te voeren in bestaande elzenhakhoutbossen (hoofdstuk 3) en geschikte machines in kaart te brengen (hoofdstuk 4). Het literatuuronderzoek richtte zich op drie onderwerpen. Ten eerste is een kort overzicht gemaakt van de zwarte els (paragraaf 2.1). Vervolgens is historische literatuur over elzenhakhout bestudeerd om bijvoorbeeld vragen met betrekking tot stamtal, oogstcyclus, bijgroei en dergelijke beantwoord te krijgen (paragraaf 2.2). Als laatste is literatuur bestudeerd van onderzoek naar korte omloopbossen van els (paragraaf 2.3). Korte omloopbossen is een moderne vorm van hakhout met als doel om biomassa te produceren. Er wordt gewerkt met zeer hoge stamtallen en een verre gaande gemechaniseerde oogst om de productie te optimaliseren en de oogstkosten te minimaliseren. Internationaal worden vooral wilg en populier toegepast, maar er zijn ook enkele veldonderzoeken uitgevoerd met de zwarte els.

De veldinventarisatie had als doelstelling om een globaal beeld te krijgen van elzenhakhoutbossen. Deze veldinventarisatie had, door het beperkte budget, niet als doel om een wetenschappelijk verantwoorde meting te zijn. De methode wordt beschreven in paragraaf 3.1 en de resultaten in 3.2. Aan de metingen lagen vragen ten grondslag als: Wat is de productie? Wat is het aantal stoven per hectare? Hoeveel scheuten staan er op een stoof? Hiermee is geprobeerd een beeld te vormen van het aantal te planten elzen en de optimale oogstcyclus.

Het concept van de omgekeerde rabatten is gebaseerd op het idee om gemechaniseerde oogst in natte (waterbergings)gebieden mogelijk te maken door rabatten op te werpen en hierop met machines te rijden. Geschikte machines voor dit werk zijn geïnventariseerd, zowel machines die wel en niet beschikbaar zijn bij Nederlandse aannemers (paragraaf 4.1). Op basis van de kengetallen van geschikte machines is vervolgens een basisontwerp ontwikkeld voor omgekeerde rabatten (paragraaf 4.2). Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de breedte van de rabatten en greppels. Met dit basisontwerp is vervolgens een ontwerp gemaakt voor een concrete locatie op landgoed Twickel (paragraaf 4.3).

2 LITERATUURONDERZOEK

2.1 Achtergronden zwarte els

2.1.1 Algemene kenmerken

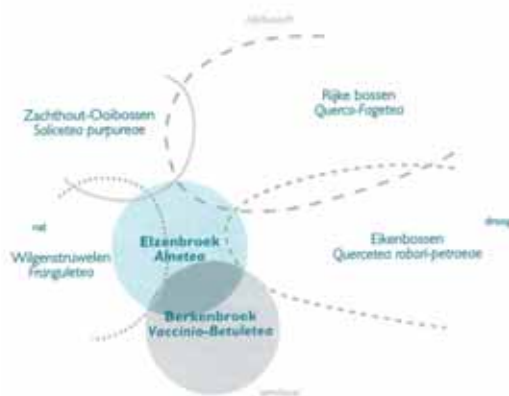
De els behoort tot de familie van de Betulaceae en het geslacht *Alnus*. Het geslacht *Alnus* omvat 26 soorten en daarnaast nog diverse ondersoorten en geografische variëteiten. Twee van die soorten zijn inheems in Europa, de zwarte els (*Alnus glutinosa*) en de witte (of grijze) els (*Alnus incana*). Witte els is in deze studie buiten beschouwing gelaten. *Alnus Glutinosa* is een lichtboomsoort die enige schaduw verdraagt. Met name als hakhout op goede grond kan zwarte els de nodige schaduw verdragen (Van Lonckhuyzen 1924). De soort is tamelijk klimaatvaag en gedijt het beste op lage rivieroeveren en broekgronden die in de herfst en winter overstromen met slibrijk water. Els stelt betrekkelijk lage eisen aan de voedingstoestand van de bodem, maar hoge eisen aan de vochtvoorziening. Door de geringe zuurstofbehoefte kan zwarte els drassige grond en stilstaand water verdragen. De soort is weinig gevoelig voor vorst en verdraagt wind goed. De bomen wortelen door de grondwaterspiegel heen zodat er ook bij een hoge waterstand een goede verankering is. De soort komt van nature dan ook vooral voor op gronden met een hoge (voorjaars)grondwaterstand en heeft een voorkeur voor voedselrijke humeuze gronden. De zaden zijn niet voorzien van vleugels of parachutes, maar bestaan uit een kegelvormig lichaam met luchtdichte holten en een olieasje, zodat het zaad goed blijft drijven op het water. Dit verklaart de geschiktheid van de soort om zich in natte gebieden te verspreiden. De gemiddelde bijgroei van zwarte els ligt volgens de opbrengsttabellen (Jansen *et al.* 1996) op ongeveer 6 m³ per hectare. Op de betere groeiplaatsen kan echter een bijgroei van ruim 8 m³ per hectare worden gehaald. Volgens Unteregger (1995) ligt de productie van els, afhankelijk van de omlooptijd en plantafstand, tussen 3.000 en 7.000 kg droge stof per hectare per jaar, oftewel tussen 6 en 14 m³ per hectare per jaar.

2.1.2 Natuurwaarden

Er is weinig informatie beschikbaar over de natuurwaarden van elzenhakhout specifiek. Wel is bekend dat de natuurwaarde van zwarte els hoog wordt gewaardeerd in biotopen als het elzenbroekbos. Dit zijn zompige, deels bloemrijke bostypen die tal van moerasplanten kunnen huisvesten zoals gele lis, slangenwortel, gewone dotterbloem, zwarte bes, moerasvaren en elzenzegge (Maes *et al.* 2006). Er zijn geen plantensoorten die voor wat betreft hun voorkomen beperkt zijn tot elzenbroekbos. De meeste soorten komen namelijk ook voor in voedselrijke moerassen. Er is hooguit sprake van enkele zwakke kensoorten, zoals bitterzoet en hennegras (Stortelder *et al.* 1998). Andere soorten die veelvuldig voorkomen in elzenbroekbos zijn onder andere melkeppe, wolfspoot, pluimzegge, grote kattestaart en moerasviooltje. In de struiklaag is grauwe wilg een karakteristieke soort. Fijn snavelmos en gewoon sterremos komen veelal in grote dichtheden voor. De elzenbroekbossen vormen plantensociologisch gezien duidelijk een eigen groep, maar worden ecologisch gezien aan alle kanten omsloten door andere bos- en struweelklassen (figuur 1).

Figuur 1

Ecologische positie van elzenbroekbos



In het algemeen zijn beekbegeleidende bossen zeer rijk aan broedvogels (Stortelder et al, 1998). Er zijn echter geen broedvogelsoorten die uitsluitend voorkomen in beekbegeleidend elzenbos. Door onderzoek van bijvoorbeeld Kalkhoven en Opdam (1984) is bekend dat de broedvogelbevolking wisselt met de ontwikkelingsfase van het hakhoutbos. Zij baseerden zich op hun onderzoek in essenhakhout, maar ze constateerden dat voor vogels de structuur van de vegetatie belangrijker is dan de soortensamenstelling. Juist die structuur verandert sterk in de loop van de hakhoutcyclus: “Kort na het afzetten van het hakhout is de vogelbevolking soortenarm en wordt gedomineerd door soorten van laag struikgewas, bramen en ruigtkruiden. Echte struweelvogels verschijnen pas in het tweede jaar na de kap. De meeste struweelsoorten zijn dan gearriveerd, terwijl ook de soorten van ruigte en bramen nog aanwezig zijn. In het volgende seizoen zijn de pioniersoorten nagenoeg verdwenen, terwijl de truweelvogels nog meer zijn toegenomen. Het aandeel van laatstgenoemde groep bedraagt nu 80%, waarbij de fitis veruit de talrijkste soort is, gevolgd door heggemus en tuinfluiter. De dichtheid aan vogelterritoria is nu tot een maximum gestegen. Na het vierde seizoen nemen zowel de aantallen struweelvogels als de totale broedvogeldichtheid weer af. Langzamerhand beginnen boomvogels het hakhout te 'ontdekken', maar hun voorkomen is nog onregelmatig. Wanneer het hakhout niet gekapt wordt begint het na een tiental jaren een boskarakter te krijgen. Er verschijnen steeds meer boomvogels en de struikvogels worden steeds schaarser of verdwijnen. Winterkoning en vooral roodborst zijn hier talrijk; hun dichtheid kan oplopen tot meer dan 20 paar per 10 ha. Karakteristiek voor de vogelbevolking van het essenhakhout zijn de snelle opeenvolging van soorten en de grote schommelingen in dichtheden (vooral in de eerste vijf jaar), overeenkomstig de snelle veranderingen in de vegetatie. Ook in ander onderzoek naar de successie van de avifauna werd gevonden dat er een maximum in de dichtheid en de soortenrijkdom wordt bereikt in het begin van de successiereeks. In veel ouder bos wordt dan een tweede maximum bereikt, maar dat stadium haalt het essenhakhout uiteraard niet.”

Voor reptielen zijn elzenhakhoutbossen met name interessant voor de ringslang en de levendbarende hagedis en voor amfibieën de alpenwatersalamander en de boomkikker (Stortelder et al, 1998). Voor de boomkikker zijn vooral de randen van beekbegeleidende elzenbossen een geschikt habitat. Voor loopkevers zijn de Nederlandse broekbossen, en daarmee waarschijnlijk elzenhakhout, van grote betekenis (Stortelder et al, 1998). Ten minste 25 loopkeversoorten leven bij voorkeur in broekbossen. Uit Engels onderzoek is gebleken dat er 190 ongewervelden geassocieerd zijn met zwarte els (McKay 2011).

Els leeft in symbiose met Frankia-bacteriën. Deze bacteriën dringen de gastheer binnen door de wortelharen vlak achter de worteltop en stimuleren de celdeling, waardoor kleine

knolletjes ontstaan. Hierin wordt stikstof uit de lucht gebonden en omgezet in opneembare eiwitten. Jaarlijks kan zo 60 tot 100 kg stikstof per hectare worden vastgelegd. Dit verschijnsel komt in Nederland bij geen enkele andere inheemse boomsoort voor. Ook andere planten profiteren ervan. De soort wordt daarom en vanwege het op vochtige bodems snel verterende blad, dat een voortreffelijke humus levert, regelmatig aangeplant voor bodemverbetering.

2.1.3 Het hout, kenmerken en gebruiksmogelijkheden

Elzenhout, waarvan het spint dezelfde kleur heeft als het kernhout, krijgt na de kap vooral kops een opvallend oranje- of roodachtige kleur en is op het langsvlak wit (Wiselius 2005). Na enige tijd blootgesteld te zijn geweest aan licht en lucht wordt het hout uiteindelijk bleekgeel met een roodachtige tot licht roodbruine tint. Elzenhout is zacht, taai en matig sterk. Onder water en in de grond is elzenhout één van de meest duurzame inlandse houtsoorten. Het is daarom zeer bruikbaar als beschoeiing en voor heipalen. Grote delen van Venetië en de oude binnenstad van Amsterdam zijn op elzen heipalen gebouwd. Ook werden er vroeger klompen, paaltjes en bezemstelen van elzenhout gemaakt, en werd het gebruikt als brandhout voor het blauw kleuren van dakpannen en het roken van vis (Te Wechel, Boer 1857, Fraanje 1999). Elzenhout wordt door Boer geroemd als klompenhout, omdat het veel lichter en sterker is dan populier en wilg. Ook leverde het naar verluidt een goede kwaliteit houtskool.

Tegenwoordig wordt elzen in de houtwarenindustrie gebruikt voor bezems, borstels, speelgoed, draaiwerk, modellen voor de metaalgieterij, perslijsten (lijsten waarin een motief wordt geperst), beeldhouw- en snijwerk en soms als binnenwerk voor meubelen. Daarnaast wordt het ook gebruikt voor de fabricage van triplex, sigarenkistjes en grotere emballagekisten. Red Alder uit Noord-Amerika, dat vrijwel dezelfde eigenschappen heeft als zwarte els, wordt in West-Europa gebruikt als vervanger van kersenhout in de meubelindustrie (Wiselius 2005). Eenmaal gedroogd wordt elzenhout geleidelijk harder. Elzen kaspanten in schuren en stallen (dus vrij van inwerking van vocht) gaan lang mee (Fraanje 1999).

Elzen valt, samen met soorten als es, esdoorn, linde, populier en wilg, in duurzaamheidsklasse V (Wiselius 2005). Het begrip duurzaamheidsklasse wordt gebruikt als aanduiding voor de resistentie van het kernhout van houtsoorten tegen ongunstige omstandigheden. Dit wordt gemeten door onbehandeld hout van verschillende houtsoorten onder vastgelegde testomstandigheden in contact te brengen met de grond en dan te registreren hoe lang het duurt voor het hout aangetast wordt. Er zijn vijf duurzaamheidsklassen (vroeger I tot V, tegenwoordig 1 tot 5): duurzaamheidsklasse 1 betekent dat het kernhout nog goed is na meer dan 25 jaar in contact met de grond. Voor klasse 2 tot en met 5 geldt respectievelijk: 15-25 jaar, 10-15 jaar, 5-10 jaar en minder dan 5 jaar.

Enkele overige gegevens over elzenhout (Wiselius 2005):

- Draad: Recht
- Nerf: Fijn
- Volumieke massa: Vers: 680-1000 kg/m³. (490-)530(-640) kg/m³ bij 12% vochtgehalte.
- Werken: Middelmatig. Krimp nat-12%, radiaal 4%, tangentiaal 6,5%
- Drogen: Matig snel. Tijdens het drogen heeft elzen de neiging tot vervormen.
- Bewerkbaarheid: Droog elzenhout is makkelijk te bewerken. Bij het schaven dient scherp gereedschap te worden gebruikt om een glad oppervlak te verkrijgen.
- Bewaren: Elzenhout is lastig te bewaren zonder dat het snel wordt aangetast. Door het hout te wateren kan het echter veel langer worden bewaard (Fraanje 1999).
- Spijkeren en schroeven: Matig. In contact met ijzer kan corrosie optreden.
- Lijmen: Goed.
- Buigen: Matig tot slecht.
- Oppervlakteafwerking: Matig. Bij sommige afwerkmiddelen kan droogvertraging optreden.
- Bijzonderheden: Elzen in contact met nat cement of beton zal de uitharding hiervan verhinderen.

2.2 Historische aanleg en beheer van elzenhakhout

2.2.1 Inleiding

Hakhout was lange tijd het dominante bos- en beheertype in Nederland. Het overgrote deel van het Nederlandse bos bestond bijvoorbeeld in de negentiende eeuw uit hakhout. Het ging hierbij vooral om eikenhakhout, dat niet alleen allerlei houtproducten leverde, maar ook eikenschors waaruit een leerlooistof werd gewonnen. Op natte gronden kwam voornamelijk hakhout voor van wilg (grienden), es en els. Gezien het belang van de hakhoutteelt is het niet verwonderlijk dat er veel publicaties zijn verschenen over hakhoutbeheer. Opvallend is echter dat er maar zeer weinig is gepubliceerd over elzenhakhout. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de resultaten van het uitgebreide literatuuronderzoek.

2.2.2 Aanleg

Plantverband

Over het algemeen wordt in de historische literatuur een plantafstand van één tot anderhalve meter aanbevolen (Joosten, 1821; Boer 1857; Van Lonckhuyzen, 1924; Houtzagers, 1954). Dit geldt zowel voor de afstand in de rij als tussen de rijen. Joosten zegt hierover: “het plantsoen moet 3,5 voet (circa 110 cm) uit elkaar worden geplant, zodat de stoven voldoende ruimte hebben voor de ontwikkeling van het wortelstelsel”. Tholen (1855) geeft een iets grotere plantafstand aan van 2,5 el (circa 1,7 m). Harmer en Howe (Forestry Commission, 2003) adviseren echter een minimum plantaantal van 2500 stuks per hectare, wat neerkomt op 2x2 meter. Dit laat volgens hen voldoende ruimte voor 20 tot 30% uitval, zodat er uiteindelijk 1750 tot 2000 stuks per hectare overblijven, wat volgens hen het absolute minimum is. Ook Jansen en Kuiper (2001) bevelen een wijder plantverband aan dan in de historische literatuur. Zij stellen dat de plantafstand afhankelijk is van de kapcyclus. Bij een 8-jarige kapcyclus volstaat voor els een plantafstand van 1,5x2 of 2x2m.

Greppels en rabatten

In het systeem van reguliere rabatten ging de voorkeur vroeger uit naar een klein aantal greppels en brede rabatten om zoveel mogelijk productief land over te houden. Maar de breedte en diepte en het aantal greppels per hectare was sterk afhankelijk van de drassigheid van het perceel. Hoe natter het perceel, hoe meer greppels en hoe smaller de rabatten. De greppelbreedte liep uiteen van 1 tot 2 meter met een diepte van 60 tot 70 centimeter. De rabatbreedte varieerde van 1 tot 10 meter. De steilheid van de wanden van de rabatten was afhankelijk van de stevigheid van de bodem. Bij stevige bodems konden de wanden met een verhang van 1 op 1 worden aangelegd, maar bij minder stevige bodems, zoals zandgronden, kon dit afnemen tot 3 op 1.

Uitgangsmateriaal

In de meeste boeken en verslagen uit de negentiende en begin twintigste eeuw wordt bij de aanplant van elzenhakhout uitgegaan van twee- of driejarig plantsoen met naakte wortel. Volgens Boer (1857) dient dit plantsoen voor hakhout 60 tot 120 cm hoog te zijn en volgens Sprengler (1894) 1,5 tot 2 meter. Er zou ook prima met plugplantsoen geëxperimenteerd kunnen worden. Hier zijn geen ervaringen mee omdat er in het verleden nooit mee is gewerkt, maar er zijn geen redenen om aan te nemen dat plugplantsoen niet zou voldoen bij de aanleg van hakhout. Er zal wellicht wat langer moeten worden gewacht met de eerste hak.

Wijze van aanplant

In de 18^e en 19^e eeuw werd er bij de aanleg van hakhout vrijwel altijd aan grondbewerking gedaan. Vaak werd er 50-60 cm diep omgespit en in het geval er een ondoorlatende laag in de bodem aanwezig was nog dieper. Vervolgens werd er handmatig aangeplant waarbij er met een plantschop een gat werd gemaakt. Binnen het reguliere plantseizoen gaf men de voorkeur aan planten in de herfst boven het vroege voorjaar, onder andere omdat de gronddeeltjes dan gedurende de winter goed tegen de wortels kunnen aansluiten (Van Lonckhuyzen, 1924).

2.2.3 Beheer

Eerste hak

In het beheer moet om te beginnen het moment van de eerste hak worden bepaald. Deze staat los van de verdere kapcyclus. Bij deze eerste hak is het vooral van belang dat de stoof en het wortelstelsel zich goed kunnen ontwikkelen en er meerstammigheid ontstaat. Aangezien de eerste oogst weinig hout oplevert (er is immers slechts één scheut per stoof te hakken) had men vroeger wel de neiging deze zo vroeg mogelijk uit te voeren. De eerste hak kan in theorie al na 1 jaar groei plaatsvinden. Dit is echter zeer onverstandig omdat het wortelstelsel dan te beperkt de tijd heeft gekregen zich voldoende te ontwikkelen (Jansen & Kuiper, 2001, Harmer & Howe, 2003). In de meeste studies wordt aangeraden de eerste hak op z'n vroegst na het derde groeiseizoen uit te voeren, maar in de meeste gevallen worden 4 of 5 groeiseizoenen aangehouden (Joosten, 1821; Jansen & Kuiper, 2001; Harmer & Howe, 2003). Volgens Joosten (1821) moet de eerste hak niet later dan het vierde jaar plaatsvinden, omdat hij meerdere keren heeft waargenomen dat de stoven niet zo goed uitlopen als de eerste hak later gebeurt. Het lijkt dus verstandig de eerste hak na 4 of 5 groeiseizoenen uit te voeren. Bij de eerste hak is het belangrijk voorzichtig te werk te gaan zodat het wortelstelsel niet wordt beschadigd. In de 18^e en 19^e eeuw werd er na de eerste hak vaak aan grondbewerking gedaan tussen de stoven, zo stelt Van Lonckhuyzen (1924) dat er voor het behoud van een goede groeikracht na elke oogst vrij ingrijpende grondverbeteringen worden toegepast, zoals omplaggen of behakken.

Kapcyclus

De cyclus van oogsten hangt onder andere af van de groeiplaats en de doelstellingen. Als bijvoorbeeld de economische functie van het hakhout een belangrijke rol speelt moet worden gekeken naar het gewenste type hout (product). Voor gebruik als relatief klein bewerkingshout zoals bezemstelen, borstels etc. volstaat bijvoorbeeld een cyclus van 6 of 7 jaar (Joosten, 1821; Van Lonckhuyzen, 1924). Voor zwaarder hout, zoals brandhout en toepassing onder water in de vorm van beschoeiing, wordt een cyclus van 10 of 11 jaar aangeraden. De hoeveelheid hout is dan ruim verdubbeld t.o.v. het 6^e/7^e jaar (Joosten 1821). Vroeger was een kapcyclus van 4 tot 6 jaar het meest gebruikelijk (Houtzagers, 1854; Jansen & Kuiper, 2011). Tholen (1855) en Ryckevorsel (1895) stellen zelfs dat omlopen langer dan zeven jaar nadelig zijn voor de groei van de stoven.

Wanneer het realiseren van hoge natuurwaarden de voornaamste doelstelling is, dan is een zo lang mogelijke kapcyclus waarbij het karakter van hakhout nog goed intact blijft en planten- en diersoorten die specifiek van hakhout profiteren zich kunnen handhaven het meest gewenst. De optimale kapcyclus voor els is niet zo grondig onderzocht als bijvoorbeeld voor essenhakhout en de adviezen op dit vlak voor elzenhakhout verschillen nogal. Jansen en Kuiper (2001) schatten de optimale kapcyclus voor elzenhakhout bijvoorbeeld in op zes tot tien jaar (afhankelijk van de kwaliteit van de groeiplaats), terwijl Crowther en Evans (1986) een omloop van tussen de 10 en 20 jaar adviseren vanuit ecologisch oogpunt en Harmer en Howe (2003) zelfs 25 tot 30 jaar. Vanuit natuuroogpunt is het ook zeer interessant binnen één hakhoutcomplex verschillende ontwikkelingsstadia van hakhout te creëren.

Houtzagers (1954) adviseert naast de gekozen kapcyclus regelmatig te dunnen om zo de beste loten te bevorderen. Joosten (1821) benadrukt bovendien dat alle loten moeten worden verwijderd bij elke oogst. Vroeger liet men de dunnere uitlopers staan, maar dit zorgt voor een slechtere groei van alle loten in de volgende cyclus.

Oogstperiode en hoogte van afzetten

De oogst moet plaatsvinden buiten het groeiseizoen en wanneer de sapstromen volledig tot stilstand zijn gekomen. In de praktijk betekent dit dat er tussen half november en begin april geoogst kan worden. Te vroege oogst kan problemen opleveren doordat de stoof bevroren, maar als de oogst te laat plaatsvindt kan dit de uitstoeling van de stoof bemoeilijken. Een aandachtspunt hierbij is volgens Joosten dat moet worden voorkomen dat er wordt gekapt op een moment dat het veel regent met daaropvolgende vorst of in een winterse periode waarin de stoven onder water komen te staan. Het beste tijdstip voor de oogst is daarom volgens zowel Joosten (1821) en Jansen & Kuiper (2001) van februari tot begin april. Ondanks dat het effect van schuin hakken (of zagen) nooit is aangetoond, lijkt het toch verstandig deze traditionele werkwijze aan te houden.

2.3 Korte omloopbossen van els

2.3.1 Aanleg

In een Duitse publicatie van Unseld et al. (2010) over korte omloopbossen, worden verschillende plantaantallen aangehouden afhankelijk van de doelstelling. Als de doelstelling energiehout is, ligt het plantaantal tussen de 4.000 en 8.000 stuks per hectare. Maar als het doel is industriehout te produceren dan kan worden volstaan met 700 tot 1.700 stuks per hectare.

2.3.2 Beheer

In een Duitse publicatie van Unseld *et al.* (2010) over korte omloopbossen, worden verschillende omlooptijd aangehouden afhankelijk van de doelstelling. Als de doelstelling energiehout is, is dit 7 tot 10 jaar en bij industriehout 15 tot 20 jaar. Uit onderzoek in Oostenrijk (Unteregger, 1995) naar omlooptijden en plantafstanden van korte omloopbossen van zwarte els, is gebleken dat de hoogste productie werd gehaald bij een rotatiesnelheid van 6 jaar en een plantverband van 0,75x0,75 m (7063 kg ds/ha/jr). Echter, bij een omloopsnelheid van 6 jaar waren de resultaten ook zeer goed bij een plantverband van 1x1 m (6380 kg ds/ha/jr) en 1,5x1,5 m (6045 kg ds/ha/jr). Bij een omlooptijd van 12 jaar bleek 0,75x0,75 m het plantverband met de hoogste opbrengst te zijn (5872 kg ds/ha/jr). Tussen de plantverband van 1x1 m, 1,5x1,5 m en 2x2 m zit weinig verschil in opbrengst (allemaal rond 4600 kg ds/ha/jr).

2.3.3 Opbrengst

Algemeen wordt voor korte omloop bossen van els een gemiddelde jaarlijkse bijgroei van circa 5 ton droge stof per hectare aangehouden bij een rotatieduur van 20 jaar (Hardcastle, 2006; McKay, 2011). Deze data zijn echter gebaseerd op een beperkt aantal onderzoeken. Voor *Alnus rubra* wordt uitgegaan van een biomassaproductie van 10,1 ton droge stof per hectare per jaar bij een plantverband van 1,5x1,5 meter en een vijfjaarlijkse rotatie (Proe *et al.*, 2002). Hiervan is echter 20 tot 25% ondergrondse biomassa. Johansson (1999) komt na analyse van meetgegevens uit diverse Europese elzenbossen variërend in leeftijd van 21 tot 91 jaar, uit op een gemiddelde jaarlijkse bijgroei van 3,46 ton droge stof per hectare. Dit betreft echter voornamelijk reguliere elzenbossen en in mindere mate hakhout.

2.4 Beheerkosten elzenhakhout

Er is weinig bekend over de beheerkosten van elzenhakhoutbeheer. Een van de weinige bronnen die beschikbaar is, wordt gevormd door de berekening van de normkosten voor hakhout van wilg, es en els uit 1998 (bijlage 1). De reden voor deze berekening was het bepalen van de hoogte van de subsidie voor vochtig hakhout binnen de Regeling Natuurbeheer. De toenmalige subsidie voor vochtig hakhout was gelijk aan het negatieve exploitatiesaldo, te weten 2.829 gulden per hectare per jaar.

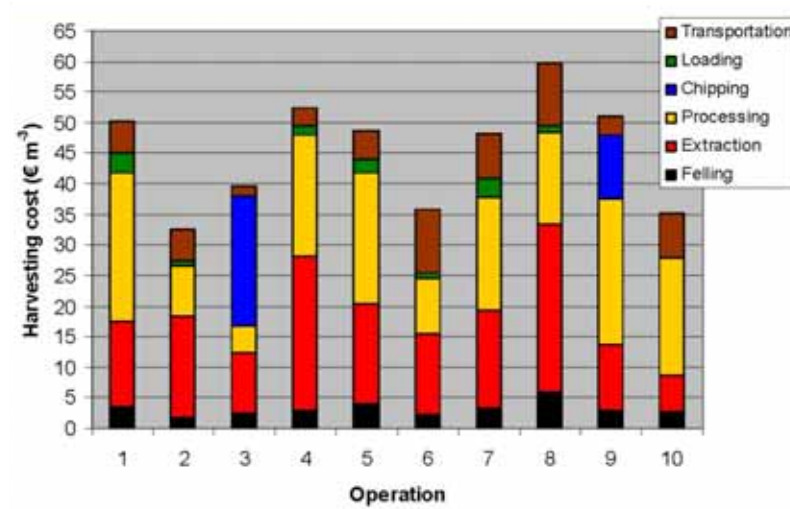
Uiteraard is dit overzicht achterhaald, maar dezelfde systematiek heeft geleid tot de huidige tarieven voor de subsidie voor vochtig hakhout binnen het Subsidiestelsel Natuur en Landschap. In 2015 is de subsidie voor dit pakket 2.461,43 euro per hectare per jaar.

Een andere manier om naar de kosten te kijken is met behulp van de specifieke tijdnormen voor (uitsluitend) het oogsten van hakhout. Voor het vellen van hakhout geldt een normbedrag van 1.130 euro per hectare (diameter 6-10 cm en 2.000 scheuten per hectare). Dit bestaat uit 30 manuren van een medewerker met een middelzware motorkettingzaag. Het uurtarief bedraagt 26,90 euro voor de medewerker en 4,50 euro voor de kettingzaag. Er wordt standaard gerekend met een overhead van 20%. Voor het afvoeren van takhout geldt een normbedrag van 3.768,00 euro per hectare (diameter 6-10 cm en 50m³ hout). Dit is gebaseerd op 100 manuren van een medewerker met een middelzware motorkettingzaag. Voor het schuiven van takken geldt een normbedrag van 353,00 euro per hectare. De norm voor het afvoeren van hout uit hakhoutpercelen is waarschijnlijk gebaseerd op handmatig uitdragen van het hout, aangezien geen kosten zijn opgenomen voor een trekker of iets dergelijks. Deze situatie is dus niet representatief voor de sterk gemechaniseerde oogst op de omgekeerde rabatten.

Een andere optie om zicht te krijgen op de oogstkosten van elzenhakhout in een sterk gemechaniseerde situatie is door gebruik te maken van statistieken uit Italië. Hieruit blijkt dat de oogstkosten ongeveer 33 tot 60 euro per m³ bedragen (figuur 2). In alle gevallen wordt de oogst afgesloten met een positief saldo (figuur 3). In het overgrote deel van de gevallen wordt het hout gebruikt voor brandhout.

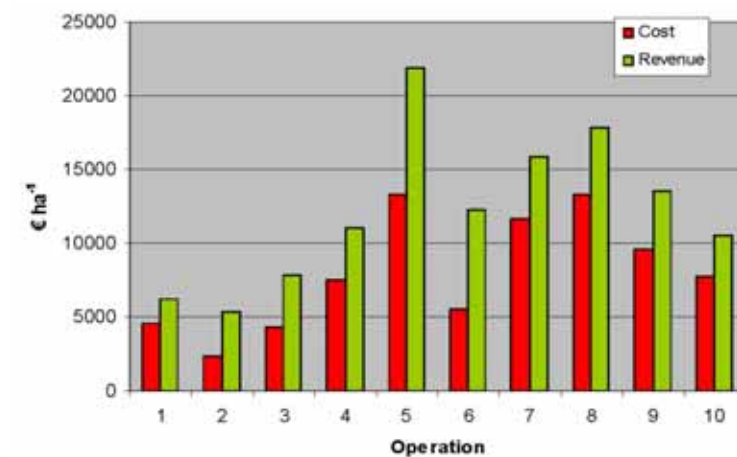
Figuur 2

Oogstkosten van hakhout in het noordwestelijke deel van Italië (zie ook bijlage 3).



Figuur 3

Kosten en opbrengsten van hakhoutexploitatie in het noordwestelijke deel van Italië (zie ook bijlage 3).



3 VELDINVENTARISATIE

3.1 Methode

Er zijn nog maar zeer weinig actief beheerde elzenhakhoutbossen in Nederland. Er zijn daarom vooral metingen verricht in voormalige elzenhakhoutbossen op diverse plaatsen in Nederland. Stichting Twickel, Staatsbosbeheer en Stichting IJssellandschap hebben locaties aangeleverd met (voormalige) elzenhakhoutbossen. Een deel van de locaties bleek ongeschikt voor het doen van de benodigde metingen. Dit waren bijvoorbeeld locaties met slechts enkele overgebleven hakhoutstoven in een door andere boomsoorten gedomineerd bos. Of het waren smalle stroken, waarop het niet mogelijk was een plot van de vooraf gestelde grootte (minimaal 10x10 meter) uit te zetten. Bovendien geven deze locaties geen representatief beeld van de ontwikkeling van elzenhakhout door de grotere beschikbaarheid van licht. Uiteindelijk bleken acht locaties geschikt om metingen uit te voeren. De gemeten locaties liggen op gronden van Twickel in de omgeving van Delden, in het stroomgebied van de Linge bij Staatsbosbeheer en nabij Olst op het terrein van het IJssellandschap. In bijlage 2 zijn locatiegegevens en bijbehorende bodemtypen en grondwatertrappen per locatie opgenomen.

Voor de berekening van de hoeveelheid biomassa per hectare is gebruik gemaakt dezelfde formules zoals die zijn gebruikt voor de nationale uitwerking van het systeem van Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF)². Deze zijn gebaseerd op de database en formules van COST-actie E21 (2003). Voor het bepalen van de individuele boomvolumes is gebruik gemaakt van de gebruik gemaakt van de methode zoals gebruikt in de 6^e NBI. Hierbij is de formule van Dik gebruikt ($v = dbh^{c1} \times h^{c2} \times e^{c3}$) en vervolgens is een regressie uitgevoerd van het berekende boomvolume op de diameter, zodat het individuele boomvolume kan worden geschat aan de hand van enkel de DBH. Derhalve hoeft binnen dit project alleen de DBH te worden gemeten van de scheuten. Deze formule ziet er als volgt uit: $v = b0 + b1 \times dbh + b2 \times dbh^2$. De waarden $b0$, $b1$ en $b2$ zijn gegeven per soortgroep en voor een aantal soorten is onderscheid gemaakt tussen arme en rijke gronden. Voor elz zijn de getallen als volgt:

- $b0 = 9.5568$
- $b1 = -4.3125$
- $b2 = 0.7529$

Voor het bepalen van het te meten aantal stoven per hectare is uitgegaan van de volgende parameters:

- Een betrouwbaarheid van 95%.
- Een gemiddeld stamtal (aantal stoven) van 2000 stuks per hectare, uitgaande van een afstand tussen de stoven variërend tussen 2 en 3 meter. Als dit wordt aangehouden met een betrouwbaarheidsinterval voor de DBH van 10 (-5 cm of +5 cm), zouden er 92 stoven gemeten moeten worden. Met gemiddeld ongeveer 5 scheuten per stoof zou dit betekenen dat er 450 scheuten per hectare moeten worden gemeten. Dit was gezien de beschikbare tijd binnen dit project niet haalbaar. Als de betrouwbaarheidsinterval voor de DBH op 15 (-7,5 cm of +7,5 cm) wordt gezet, daalt het aantal te meten stoven tot 42, een meer realistisch aantal. Afhankelijk van de ouderdom van de te meten bossen en daarmee de dichtheid van het aantal stoven is gemeten in 10x10 meter plots of 20x20 meter plots.

² Omdat in eerste instantie wordt uitgegaan van de teelt van de elzen als biomassa voor energieopwekking zijn de bijgroecijfers en opbrengstprognoses weergegeven in tonnen droge stof. Bij de berekeningen zijn de takken inbegrepen, tenzij anders vermeld.

De leeftijd van de scheuten op de stoven is bepaald door per locatie een scheut af te zagen en de jaarringen te tellen. Van iedere locatie is een schijf van de afgezaagde scheut meegenomen voor nadere verificatie van het aantal jaarringen door een tweede persoon.

3.2 Resultaten

Met de veldinventarisatie proberen we enige greep te krijgen op een optimale combinatie van plantaantal en kapcyclus. De proefopzet had geen wetenschappelijke opzet qua aantal plots. In tabel 1 zijn de resultaten van de metingen weergegeven.

Tabel 1
Uitkomsten metingen (voormalig) elzenhakhout in Nederland.

Locatie	Aantal meetplots	Leeftijd in jaren	Droge stof ha/jr. (ton)	Aantal stoven per hectare	Gemiddeld aantal scheuten per stoof
Veldsnijderweg	2	10	9,5	3050	3,9
Kruidersweg	2	11	11,8	1600	4,2
Loofrietweg	1	13	8,5	1700	3,4
Dingshofweg	2	13	11,7	2000	4,5
Diefdijk	1	18	9,5	1900	1,3
Nieuwe Zuiderlingedijk	2	19	6,6	1800	1,8
Flierveldsweg	2	38	5,8	1125	1,9
Langestraat	2	40	3,9	650	4,5

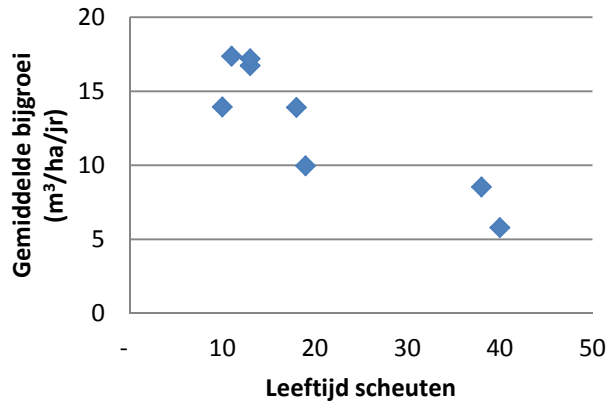
In figuur 4 is de leeftijd van de scheuten, dat wil zeggen het aantal jaren dat de stoof voor de laatste keer is afgezet, afgezet tegen de gemiddelde bijgroei in m³/ha/jr. De punten laten een dalende lijn zien, hetgeen overeenkomt met soortgelijke metingen en de ervaringen in de praktijk. Helaas zijn er geen plots gemeten met een leeftijd tussen 19 en 38 jaar, waardoor geen goed beeld kan worden verkregen van het exacte moment waarop de bijgroei terug loopt. In figuur 5 is de lopende bijgroei in m³/ha/jr uitgezet tegen de leeftijd, zoals die te vinden is in de opbrengsttabellen (inclusief dunningen, groeiklasse 6) (Jansen et al., 1996). Hierop is duidelijk te zien dat de lopende bijgroei fors afneemt na het twintigste jaar. Dit is niet gemeten in hakhoutbossen, maar in geplante bossen van zwarte els. Aangenomen mag worden dat de jeugdgroei bij hakhoutbossen van zwarte els hoger liggen, doordat de boom al een volledig ontwikkeld wortelstelsel tot de beschikking heeft, maar het is niet bekend welke invloed dit heeft op de lopende bijgroei rond het twintigste jaar. In de klassieke, rationele bosbouw (Bodenreinertrag / bosrenterekenen) wordt als uitgangspunt genomen dat, als de waardebijgroei minder is dan 3%, de opstand moet worden gekapt. Het percentage van 3% is gekozen als gemiddelde rendement over lange termijn. Als we dit toepassen op de gemiddelde volumebijgroei, dan zou een opstand van zware els na 35 jaar gekapt moeten worden. We spreken dan echter nauwelijks meer van hakhout, maar van opgaand bos. Op basis van de gegevens van het veldwerk en de bestudering van de opbrengsttabellen is de voorzichtige conclusie mogelijk dat de optimale kapleeftijd waarschijnlijk tussen de 15 en 20 jaar zal liggen.

De productie op de gemeten locaties ligt aanzienlijk hoger dan de 5 ton droge stof per hectare per jaar bij een rotatieduur van 20 jaar die Hardcastle (2006) en, McKay (2011) aanhouden voor korte omloopbossen van els en de 7,5 ton droge stof per hectare per jaar voor rode els (*Alnus rubra*) zoals gepubliceerd door Proe *et al.* (2002). Dit geldt zowel voor de voor dit rapport gemeten jongere opstanden als de opstanden die circa 20 jaar oud zijn. Ook in vergelijking met de hoogste groeiklasse voor zwarte els (groeiklasse 8) uit de opbrengsttabellen van Jansen *et al.* (1996) zijn de bijgroei cijfers hoog. Een mogelijke

verklaring hiervoor is dat zowel voor de opbrengsttabellen als genoemde onderzoek is uitgegaan van eerste bebossing met jong plantmateriaal, terwijl op de meetlocaties de uitgangssituatie op het moment van kappen en opnieuw uitlopen bestond uit gezonde hakhoutstoven die een grotere groeikracht hebben door het uitgebreide wortelstelsel. Bij de eerste oogst na circa 10 jaar, zal de productie dan ook vermoedelijk meer in de buurt van 50 tot 70 ton droge stof per hectare (5 á 6 ton per hectare per jaar) liggen, terwijl dit bij de tweede kapcyclus een stuk hoger zal zijn, tussen 80 en 110 ton droge stof per hectare.

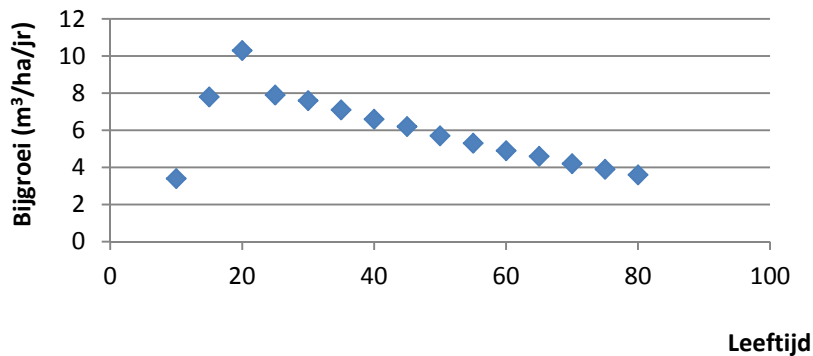
Figuur 4

Gemiddelde bijgroei naar leeftijd (in jaren sinds de laatste keer afzetten)



Figuur 5

Lopende volumebijgroei in m³/ha/jr naar leeftijd (volgens opbrengsttabel, groeiklasse 6, Jansen et al., 1996)

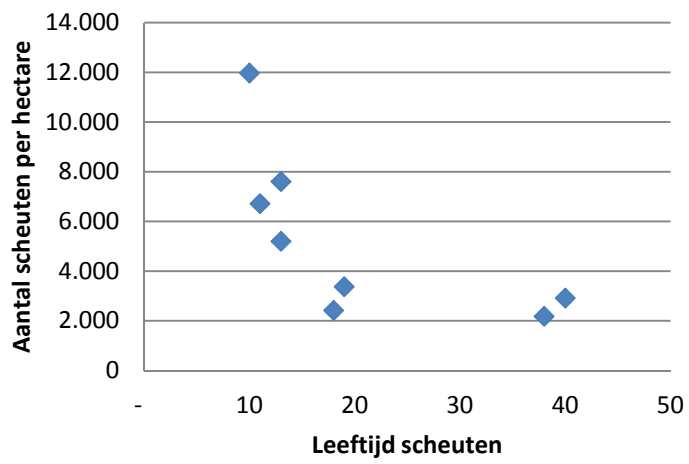


Bij het uitlopen van stoven ontwikkelen zich veel nieuwe scheuten, soms wel 10 tot 20 per stoof. In de loop der tijd neemt dit aantal steeds verder af door zelfdunning. In het meest extreme geval vindt er uiteindelijk ook zelfdunning plaats in de stoven. Dat is in principe onwenselijk, aangezien de stoven het kapitaal zijn bij hakhoutbeheer. Om dit te voorkomen moet het stamtal worden aangepast aan de kapleeftijd. De opstand moet gekapt worden, voordat er dan zelfdunning in de stoven plaats gaat vinden.

In figuur 6 is het aantal gemeten scheuten per hectare weergegeven en in figuur 7 het aantal gemeten stoven per hectare. Opvallend is dat op veel meetlocaties het aantal stoven tussen 1.600 en 2.000 stuks per hectare ligt. Daarna neemt het aantal scheuten niet meer sterk af, maar wel het aantal stoven. Als we conclusies zouden trekken uit deze beperkte meetset, dan is een stamtal van 1.600 tot 2.000 stoven een goed uitgangspunt bij een omloop tot 20 jaar.

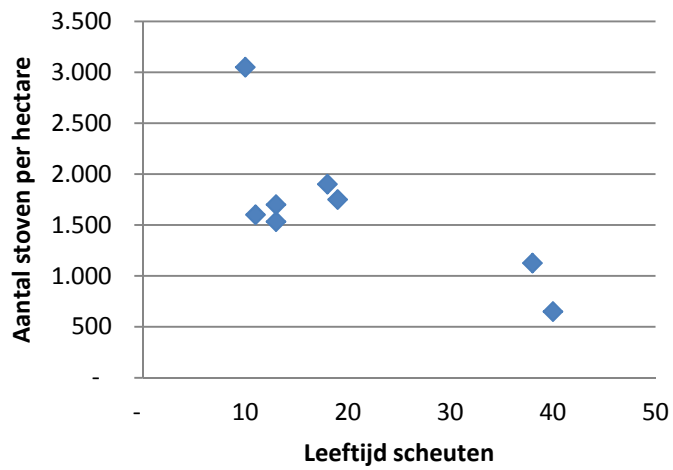
Figuur 6

Aantal scheuten per hectare naar leeftijd (in jaren sinds de laatste keer afzetten)



Figuur 7

Aantal stoven per hectare naar leeftijd (in jaren sinds de laatste keer afzetten)



4 OOGSTSYSTEMEN

Uitgangspunt van het oogststelsel van omgekeerde rabatten is de verregaande mechanisering van de oogst in de veronderstelling dat dit noodzakelijk is voor een rendabele oogst. De velling van hakhout werd traditioneel geheel in handkracht gedaan en er is dan ook weinig ervaring in Nederland met de gemechaniseerde velling van hakhout. In andere landen is hier wel enige ervaring mee, met name in Italië.

Een oogststelsel bestaat uit een combinatie van velling, uitdragen naar de berijdbare weg, verchippen en transport. Het verchippen en transport van de biomassa kan op een standaard wijze worden verricht, aangezien het stelsel van de omgekeerde rabatten hier geen invloed op heeft. Het oogststelsel met betrekking tot velling en uitdragen heeft wel een directe relatie met het stelsel van omgekeerde rabatten.

4.1 Velling

Het stelsel van de omgekeerde rabatten is in eerste instantie gericht op de productie van biomassa. Het snoeien van de stammen is dus niet noodzakelijk. Harvesters zijn dan ook niet relevant, want die zijn juist bedoeld om het vellen te combineren met snoeien. Voor de oogst van biomassa in hakhoutsystemen ligt het daarom voor de hand om feller-bunchers te gebruiken. Deze machines vellen de stammen en leggen ze op een plek neer vanwaar de stammen verder worden verwerkt (bijv. chippen) of naar de berijdbare weg worden gereden. Een feller-buncher bestaat uit een kraan met een velkop. De aandacht in dit project is vooral uitgegaan naar geschikte velkopen. Voor wat betreft type machine is het wel belangrijk om te beseffen dat er bij het ontwerp van de omgekeerde rabatten vanuit wordt gegaan dat de machine tot het midden van de greppel moet kunnen werken om alle bomen te kunnen bereiken. De kraanarm moet lang genoeg zijn en het gewicht van de kraan moet voldoende zijn om het gewicht van de velkop en de te vellen bomen te compenseren. Aan de andere kant moet de bodemdruk van de machine niet dermate groot zijn dat de rabatten kapot worden gereden. Hierbij speelt ook de keuze voor banden, tracks of rupsbanden een rol. Bij de eerste oogst zal er sprake zijn van één doorgaande stam, waardoor reguliere oogstkoppen kunnen worden gebruikt. Maar daarna ontstaat meerstammigheid, doordat er zich meerdere scheuten op een stoof vormen. Het aantal te oogsten stammen is daardoor erg groot en de manoeuvreerruimte voor velkopen gering. De benodigde manoeuvreerruimte is een belangrijk criterium bij de keuze voor een bepaalde velkop. Kleine velkopen hebben een beperkte manoeuvreerruimte nodig en zijn daardoor beter in staat om alle scheuten op een stoof te oogsten. Bovendien is minder tijd nodig voor het pakken van de scheuten. Ook het gewicht speelt een rol, omdat een zware velkop een zware machine vergt, zeker als tot tien meter afstand gewerkt moet worden. Feller-buncher velkopen kunnen meerdere stammen oogsten en in de klem vasthouden. Dit bespaart kostbare tijd van het steeds weer wegleggen van individuele stammen.

Internationale ervaring

Stichting Probos is lid van de COST actie FP1301 EuroCoppice, die zich richt op het ontwikkelen en delen van kennis over hakhoutbeheer in Europees verband. Er zijn 28 landen lid van deze COST-actie. Italië is één van de voorlopers op het gebied van mechanisering van hakhoutoogst. Er is daar veel ervaring aanwezig aan en onderzoek gedaan naar de inzet van verschillende machines en velkopen. In bijlage 3 is een interessante presentatie opgenomen van Raffaele Spinelli van Consiglio Nazionale delle Ricerche Ivalsa. Hier wordt voor wat betreft feller-buncher koppen de voorkeur gegeven aan velkopen met een cirkelzaag, bijvoorbeeld de Comaf GD 350. De reden hiervoor is dat deze velkopen de stoven zeer laag af kunnen zagen en cirkelzagen minder gevoelig zijn voor het zagen in

grond. Het laag afzagen van stobben is van belang in verband met de berijdbaarheid van hakhoutbossen. Als stobben niet voldoende laag worden afgezet worden stobben te hoog en kan er na verloop van tijd niet meer overheen gereden worden, maar uitsluitend er omheen. Als de stoven niet voldoende laag kunnen worden afgezet, dan dient een man met kettingzaag alle stoven nogmaals af te zagen.

In het geval van het systeem van omgekeerde rabatten speelt dit echter geen rol, omdat er niet gereden wordt in de opstand zelf, maar uitsluitend op de rabatten. Als besloten wordt om in het midden op de rabat ook een rij elzen te planten, dan is laag afzetten uiteraard wel van belang.

Feller-bunchers met knippers worden in Italië bij voorkeur niet meer ingezet. De stoven vertonen (inwendige) scheuren als gevolg van het samenknijpen, hetgeen negatieve gevolgen heeft voor het uitlopen van de stoof (pers. mededeling Raffaele Spinelli). Een Nederlandse aannemer gaf overigens aan dat dit vooral het geval was bij oudere generatie knippers en bijvoorbeeld niet bij de Westtech Woodcracker C (pers. mededeling Onno Bruins).

Er bestaan drie typen velkopen, namelijk velkopen die zijn uitgerust met een kettingzaag, knipper of cirkelzaag. Bij knippers bestaat het gevaar dat de stoven worden beschadigd door het samenknijpen (zie kader 'Internationale ervaringen'). In hoeverre dit optreedt bij de in Nederland beschikbare feller-bunchers met knippers is niet bekend. Velkopen met cirkelzagen en kettingzagen lijken in ieder geval geschikt voor de oogst van elzenhakhout.

Veel van de beschikbare velkopen voor feller-bunchers zijn bedoeld voor vroege dunningen, zoals bijvoorbeeld van het merk John Deere (figuur 8). Deze velkopen kunnen tot wel 3.000 kilo wegen, waardoor er grote, zware machines voor nodig zijn en de reikwijdte en manoeuvreermogelijkheden worden beperkt. Dergelijke velkopen zijn niet geschikt voor de velling van hakhout. Er bestaan echter ook lichtere, kleinere multistystem-velkopen die beter geschikt zijn voor gebruik in hakhout. In Nederland zijn bijvoorbeeld de velkopen GMT035 en Westtech Woodcracker C beschikbaar.

De GMT 035 velkop is ontwikkeld door Gierkink Machine Techniek uit Vragender (figuur 10). De zeer lichte (225 kilo) en wendbare velkop GMT 035 kan zonder technische aanpassingen op iedere uitrijwagen of forwarder gemonteerd worden waar een houtgrijper op gemonteerd kan worden. Volgens de producent zijn er zo'n 20 exemplaren verkocht aan Nederlandse aannemers, waaronder Ten Bulte Rondhout en Fa. Bruinenberg Bosbouw. De Westtech Woodcracker C (figuur 9) is in verschillende maatvoeringen verkrijgbaar. De versie C350 is bijvoorbeeld beschikbaar bij de Nederlandse aannemer Onno Bruins bosbouw en agroservice uit Winterswijk-Henxel. Deze velkop weegt 1.110 tot 1.400 kilo.

Figuur 8

John Deere FS20 velkop



Figuur 9
Westtech Woodcracker C350 velkop



Figuur 10
GMT 035 velkop



4.2 Uitdragen

Na de velling kunnen de geoogste stammen ter plekke worden versnipperd of kunnen als hele scheuten naar de berijdbare weg worden gebracht en daar worden versnipperd. De oogst van het hakhout levert een enorme berg scheuten op. Als deze ruimte niet aanwezig is langs een (semi-)verharde weg in de directe omgeving, dan ligt het voor de hand om de scheuten direct te versnipperen. De chips worden dan in containers afgevoerd. Als er wel voldoende ruimte is voor de tijdelijke opslag van de scheuten, dan kunnen deze bijvoorbeeld met een conventionele forwarder worden afgevoerd, maar er kan bijvoorbeeld ook een press collector worden ingezet. Deze zijn speciaal ontwikkeld voor het comprimeren van volumineus hout, zoals hakhout. De producent van de Dutch Dragon Press Collector, de firma Wellink Caesar, claimt dat er zo tot vier keer meer volume per werkgang meegenomen kan worden (figuur

11). De Dutch Dragon Press Collector heeft scharnierbare zijwanden die tijdens het laden geopend worden. Tijdens transport worden de zijwanden gesloten, waarbij het resthout volgens de fabrikant tot vier keer gecompriemd wordt (afhankelijk van materiaal).

Figuur 11

Dutch Dragon Press Collector (foto: www.bruinenbergbosbouw.nl)



5 ONTWERP BEPLANTING EN INRICHTING TERREIN

Het systeem van elzenhakhout op ‘omgekeerde rabatten’ is gebaseerd op rabattenbos, een historisch bosbouwsysteem waarmee (zeer) natte gronden geschikt werden gemaakt voor de houtproductie. Er werden greppels gegraven en de vrijkomende grond werd opgeworpen op langwerpige “ruggen”. De rabatten (hoge ruggen) waren daardoor droog, terwijl in de greppels water stond. Op de rabatten konden vervolgens landbouwgewassen of bos worden geplant. De rabatten moest begrijpelijkerwijs zo breed mogelijk zijn en de greppels zo smal mogelijk voor een zo groot mogelijke productief beplantingsgebied. Deze breedtes waren echter sterk afhankelijk van de grondwaterstand, bodemtype en de mogelijkheden om het water af te voeren. Het bodemtype bepaalt de hellingshoek van de taluds waarbij nog geen erosie optreedt. Greppels waaruit het water niet uit afgevoerd kon worden, maar moest bezinken moeten over het algemeen dieper en breder zijn. Bij hoge grondwaterstanden moesten de rabatten hoger opgelegd worden, waardoor de greppels dieper, maar vaak ook breder werden.

Bij het systeem met omgekeerde rabatten worden de bomen niet op de hoge ruggen geplant, maar in de greppels of op de taluds. De (droge) rabatten dienen als rijpad voor de oogstmachines. De greppels worden in tegenstelling tot het oorspronkelijke systeem breed en de rabatten zo smal mogelijk. De breedte van de rabatten is afhankelijk van de breedte van de gebruikte machines. De breedte van de greppels is afhankelijk van de oogstmethode en de reikwijdte van de gebruikte machines. De hoogte van de rabatten wordt bepaald door de gevoeligheid van de grond voor insporing, hetgeen afhankelijk is van grondsoort en grondwaterstand. De rabatten moeten hoger worden naarmate de grondsoort gevoeliger is voor insporing en de grondwaterstand hoger is.

Breedte greppels en rabatten

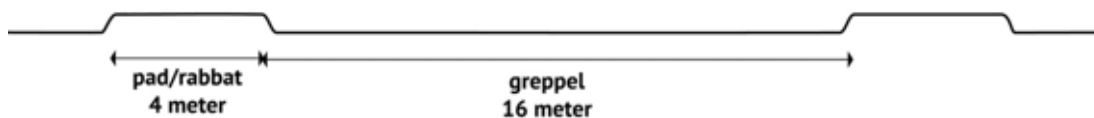
De breedte van de rabat is afhankelijk van de breedte van de machines die er op moeten rijden. In de praktijk wordt hiervoor een breedte aangehouden van vier meter.

De breedte van de greppels is bij gemechaniseerde oogst afhankelijk van de reikwijdte van de gebruikte machines. Uit het onderzoek naar machines blijkt dat een reikwijdte van acht meter vanaf de zijkant van de machine als maximaal moet worden gezien. Om er voor te zorgen dat een velkop alle stoven kan bereiken moeten de greppels (inclusief taluds) een maximale breedte krijgen van 16 meter (figuur 12).

Stoven die buiten het bereik van de velkop vallen, kunnen eventueel ook handmatig naar de machine geveld worden. Hierdoor kan de breedte van de greppel vergroot worden of kunnen hoeken geogst worden die de kraan niet met de velkop kan bereiken.

Figuur 12

Dwarsprofiel van rabattensysteem bij gemechaniseerde velling.



Hoogte van de rabatten

De rabatten worden gebruikt om over te rijden met de machines. Het is hierbij van belang om insporing zo veel mogelijk te voorkomen. Insporing veroorzaakt vertraging bij de houtoogst en vergt herstelwerkzaamheden. Dit gaat ten koste van het rendement van de oogst. De grondsoort en de waterhuishouding is van cruciaal belang voor de mate van insporing, maar ook de hoogte van de rabatten is hierbij belangrijk. De ontwatering van de rabatten is beter als de hoogte er van toeneemt. Er zijn geen studies of praktijkvoorbeelden bekend voor de bepaling van de optimale hoogte en bovendien is dit sterk locatieafhankelijk.

Ontwerp van de rabatten in het landschap

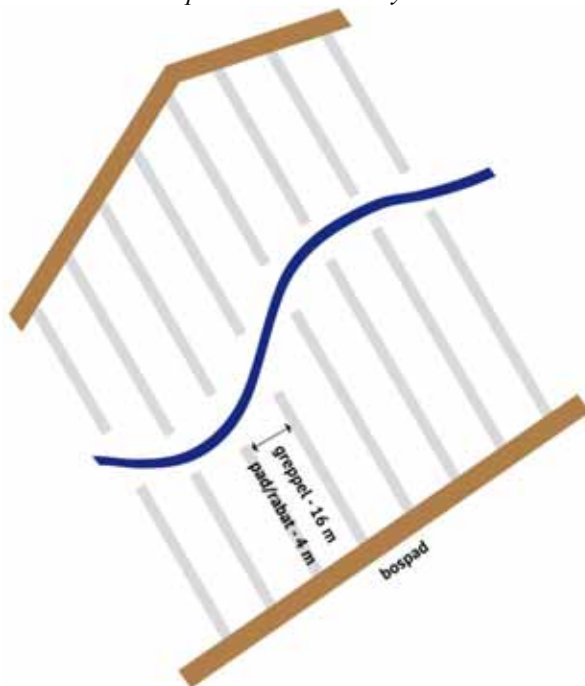
Om zicht te krijgen op het ontwerp van het systeem van de omgekeerde rabatten in de praktijk, is voor het bebossingsproject langs de Wolfkaterbeek een ontwerp uitgewerkt. Er kan worden gekozen voor rechte rabatten en greppels die eindigen bij de waterloop en overal dezelfde breedte hebben (figuur 13). De machines moeten in dat geval rechthoekig heen en terug rijden, dus achterwaarts terug.

Om het rijden voor de machines makkelijker te maken kan ook worden gekozen voor een U-vormig ontwerp van de rabatten (figuur 14). Hierbij kunnen de machines rond rijden, hetgeen tijd scheelt. In verband met de afwatering van de greppels en de functie van waterberging is het dan wel noodzakelijk om de greppels te verbinden met de waterloop, bijvoorbeeld via een duiker. Dit is met name van belang voor de ontwatering van het gebied en niet zozeer bij de opslag van water. Het is aannemelijk dat de waterstand bij een behoefte aan waterberging calamiteiten hoger is dan de rabatten. Het water zal dan over de rabatten in de greppels lopen.

De meerkosten van deze variant zijn gering, terwijl het waarschijnlijk wel kostenbesparingen oplevert tijdens de oogst. Een ander voordeel is dat het gebied beter ontsloten wordt voor wandelaars, aangezien ze niet heen-en-terug naar de beek hoeven te lopen. De recreatieve waarde van het gebied wordt echter sterker bepaald door de algehele recreatieve ontsluiting: mogen en kunnen recreanten het gebied betreden? Het aansluiten van bestaande wandelpaden op de bospaden in dit gebied is daarvoor een vereiste.

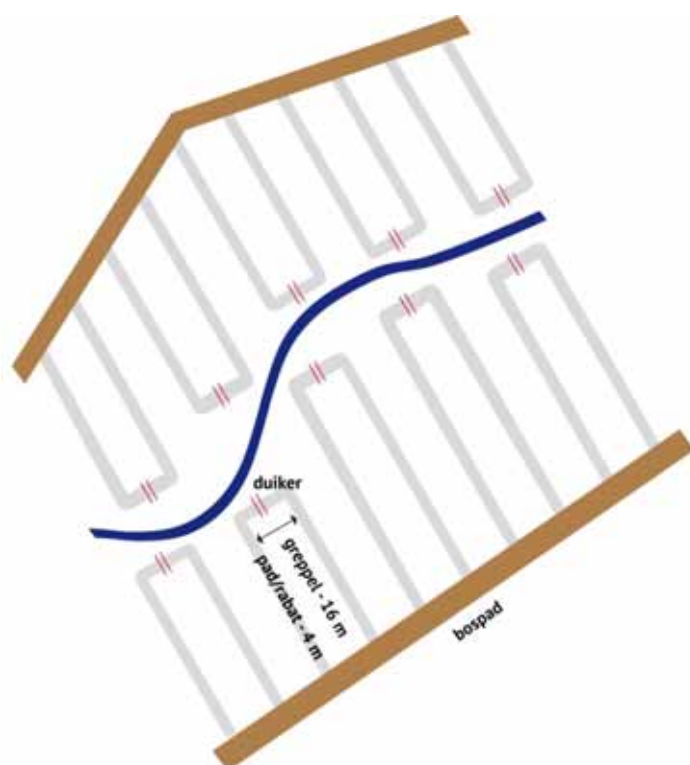
Figuur 13

Voorbeeldontwerp van het rabattensysteem.



Figuur 14

Voorbeeldontwerp van het rabattensysteem, met 'rondlopende' rabatten.



Opzet project Wolfkaterbeek

De herinrichting van het terrein van het project 'Wolfkaterbeek' is in het najaar van 2014 uitgevoerd. Hierbij wordt de loop van de beek aangepast zodat deze weer een meanderende vorm krijgt. Langs de beek is grond afgegraven, waarbij op variabele afstanden steeds een strook van 4 meter breed is overgeslagen. Deze stroken (de rabatten) liggen op het oorspronkelijke niveau van het maaiveld en daardoor iets verhoogd ten opzichte van de afgegraven delen ertussen (greppels). Het maximale hoogteverschil tussen de rabatten en het midden van de greppels is bij deze wijze van aanleg ongeveer 25 cm. De keuze voor variabele afstanden tussen de rabatten komt voort uit praktische overwegingen. Men heeft namelijk de greppels/sloten die in het terrein zijn gedempt willen vermijden voor de rabatten. Die plekken zouden moeten worden opgevuld met grond en door inklinking minder geschikt kunnen zijn voor het gebruik met machines. De breedte van de greppels varieert hierdoor van circa 13 tot 20 meter.

Het binnen dit project gebruikte plantaantal per hectare is met ruim 3300 stuks per hectare (plantverband 1,5x2 m.) relatief hoog vergeleken met de stamtallen die in bijvoorbeeld Engeland en Italië worden aangehouden voor soortgelijke hakhoutbossen. Vanuit de historische literatuur wordt voor dit plantverband een kapcyclus van 8 tot 10 jaar aangehouden. Bij langere kapcycli zal er dan ook de nodige zelfdunning plaatsvinden. Er is niet alleen in de greppels geplant, maar ook op het talud van de rabatten en een rij op het midden van de rabat. Deze laatste rij zal worden gehandhaafd zolang het de doorgang voor de oogstmachines niet belemmerd.

Stamtal en kapcyclus

De kapcyclus is afhankelijk van het optimale tijdstip om te oogsten. Het gaat hierbij uitsluitend om de bijgroei, aangezien kwaliteit geen rol speelt. Het stamtal moet vervolgens worden aangepast aan deze kapcyclus. Zelfdunning in de stoven moet ten alle tijden voorkomen worden, omdat deze het kapitaal vormen in het hakhoutsysteem en inboeten moeilijk en kostbaar is. In het optimale geval is het stamtal zo hoog dat zelfdunning in de stoven net niet optreedt. Dit betekent dat er, binnen de randvoorwaarde van geen zelfdunning in de stoven, er een snelle sluiting optreedt en er dus een maximale bijgroei is.

Er zijn helaas weinig relevante gegevens bekend voor het bepalen van de optimale kapcyclus en het bijbehorende stamtal bij de productie van biomassa in een hakhoutsysteem van zwarte elen. De resultaten van de (beperkte) meetinventarisatie en de gegevens uit de opbrengsttabellen suggereren echter een optimale kapcyclus van 15 tot 20 jaar en een daarbij behorend stamtal van 1.500 tot 2.000 stuks. Dit betekent een plantverband van 2x2 tot 2x2,5 meter. Dit komt overeen met de stamtallen die bijvoorbeeld in Engeland en Italië worden gehanteerd bij soortgelijke kapcycli. Uit de studie van de historische literatuur bleek dat veelal een plantverband van 1,5x2 of 2x2 werd toegepast, maar dit was voor een kapcyclus van 8 tot 10 jaar. Om het productieve oppervlak te vergroten kan ook worden besloten om midden op de rabat ook een rij elzen te planten. Als de stoven voldoende laag worden afgezet kunnen de machines over deze stoven rijden zonder ze te raken.

Type plantsoen

Tot voor enkele jaren geleden werd in Nederland uitsluitend naaktwortelplantsoen gebruikt bij de aanplant van bossen. De ontwikkeling van plugplantsoen begon in de jaren zestig van de vorige eeuw. Sindsdien heeft het gebruik ervan in belangrijke bosbouwlanden, zoals Zweden, Finland en Canada een grote vlucht genomen. Momenteel is 70-90% van het plantmateriaal daar plugplantsoen. In Nederland is in de jaren zeventig en tachtig onderzoek naar plugplantsoen gedaan door onderzoeksinstituut De Dorschkamp. De hoge onkruiddruk en vraatschade door (het grote aantal) konijnen waren toen redenen om geen plugplantsoen te gebruiken. In het begin van de jaren negentig zijn vervolgens door Staatsbosbeheer proeven met plugplantsoen gedaan, maar ook toen heeft dit niet geleid tot een groter gebruik van plugplantsoen. De kwaliteit van plugplantsoen is sinds die tijd sterk verbeterd. Een groot probleem was aanvankelijk draaigroei en een beperkte wortelhalsdiameter, maar deze problemen zijn opgelost. Uit onderzoek blijkt dat plugplantsoen ten opzichte van naaktwortelplantsoen belangrijke voordelen biedt, maar ook enkele nadelen (Jansen, 2012). De belangrijkste voordelen zijn het hoge slagingspercentage, de goede groei na aanplant, het langere plantseizoen en de goedkope en eenvoudige wijze van planten. Uit de literatuur blijkt dat (grotere) naaktwortelplantsoen het voordeel heeft dat de aanslag en groei op locaties met een sterk concurrerende vegetatie veelal beter is. Op plaatsen met een hoge onkruiddruk kan daarom voornamelijk het beste vooral worden geplant met naaktwortelplantsoen, maar op andere locaties lijkt plugplantsoen op basis van de buitenlandse studies en ervaring een veel betere optie. Ook voor de aanplant van elzen op omgekeerde rabatten lijkt plugplantsoen de beste keuze.

Plantmethode

Machinaal planten is met het oog op de hoge grondwaterstand en de daaraan gekoppelde draagkracht van de bodem niet voor de hand liggend. Er zijn talloze gereedschappen beschikbaar om plugplantsoen te planten, waaronder (halfronde) plantschop, plantwig, grondboor, planthouwelen, plantstok en spade. Tot voor enkele jaren werd plugplantsoen vooral met de halfronde plantschop, plantstok en Pottiputki geplant. Een vergelijkende studie liet zien dat het planten met de Pottiputki 78% van de tijd kostte in vergelijking met het gebruik van de plantschop. De laatste jaren zijn echter ook een aantal gespecialiseerde handgereedschappen ontwikkeld voor het aanplanten van plugplantsoen, waaronder de Lieco

en de Neheimer plantschop. Deze koppelen een hoge productie aan een korte trainingsperiode, goede plantkwaliteit en een lage ergonomische belasting. Onderzoek laat zien dat de productie van de Pottiputki en de twee genoemde plantschoppen dicht bij elkaar liggen. Bij de Neheimer plantmethode werden 106 planten per uur geplant, bij de Pottiputki 110 en bij de Lieco plantschop 111. De Pottiputki was het snelst met het maken van het plantgat en het plaatsen van de plant, maar er werd meer tijd besteed aan het recht zetten van de plant. Bij de Lieco werd meer tijd besteed aan het maken van het plantgat, maar nauwelijks aan het dichtdrukken van het plantgat, omdat de plug precies past. De kwaliteit van het plantwerk van plugplantsoen was bij de Pottiputki het best. Bij de Pottiputki stond 13% van de gecontroleerde planten enigszins scheef. Bij de Lieco was dit 24% en bij de Neheimer plantschop 29%. Bij de Lieco zat 5% van de gecontroleerde planten bovendien niet voldoende vast.

Bij het gebruik van de Neheimer plantschop voor plugplantsoen werd de minste energie gebruikt. Bij de Pottiputki was dit zo'n 10% meer en bij de Lieco 13%. De stenige bodem uit het onderzoek werkte ongunstig uit voor de Lieco en de Pottiputki. Bij de Pottiputki moest bijvoorbeeld relatief veel energie worden aangewend om de bek voldoende in de grond te drukken. Hierbij moesten ook de armen/lichaamsgewicht worden gebruikt, doordat met het kleine voetpedaal niet voldoende kracht kon worden uitgeoefend. De grote lengte van het plantsoen (30-60) werkte ongunstig uit voor de Pottiputki, omdat de plantbuis bij het uittrekken hoog moest worden opgetild. De zwaarte van de arbeid (belasting skeletstelsel) was bij de Neheimer plantschop het geringste, daarna bij de Pottiputki en als laatste de Lieco plantschop.

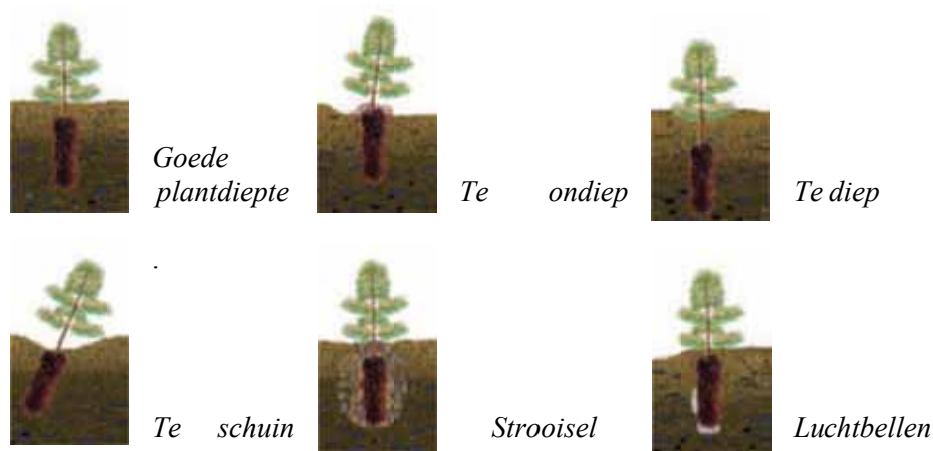
Methoden	Productiviteit	Energieverbruik	Belasting skeletstelsel
Lieco-plantschop	++	++	+
Pottiputki plantbuis	++	++	++
Neheimer plantschop	++	+++	+++

+ Ongunstig
 ++ Gemiddeld
 +++ Gunstig

Het is bij elke methode belangrijk dat de plug volledig in de minerale grond komt te staan (figuur 15). Bij voorkeur wordt de plug tot 2,5 centimeter bedekt met minerale grond. De minimum diepte van het plantgat moet dus tot 2,5 centimeter dieper zijn dan de pluglengte. Er mag niet aan de plant worden getrokken om de diepte in te stellen, want hierdoor ontstaat een luchtbel onder de plug. Het plantgat moet worden opgevuld met minerale grond en niet met strooisel, vegetatie en dergelijke. Het plantsoen moet licht aangetrapt worden om luchtballen te voorkomen. Een veelgemaakte fout is dat het plantsoen te sterk wordt aangetrapt en de grond wordt verdicht. Dit kan negatief uitpakken op de aanslag en de wortelgroei. Een belangrijk aandachtspunt bij het planten is verder dat er geen verdichte wanden ontstaan die wortelgroei belemmeren. Of dit ontstaat hangt af van het gereedschap, de bodem en de vakkundigheid van de planter. Onderzoek heeft overigens aangetoond dat de plantkwaliteit sterker afhangt van een goede planttechniek dan van het plantgereedschap.

Figuur 15

De goede plantdiepte en plantwijze bij containerplantsoen



Kader 1 Opslaan van plugplantsoen

Door het grotere volume en gewicht van plugplantsoen kan tijdens het planten minder plantmateriaal worden meegenomen, waardoor er vaker ‘bijgevuld’ moet worden. Dit geldt zeker als het plantmateriaal wordt meegenomen in de originele container (wel goede bescherming tegen beschadigingen). Door de veelal geringe oppervlakten die in Nederland beplant worden zijn de afstanden vaak beperkt, maar toch is het belangrijk om de opslag goed te positioneren. Uiteraard moet er hierbij wel rekening mee worden gehouden dat het plantsoen beschut en in de schaduw staat om uitdroging te voorkomen.

Door de plug kan het plantmateriaal eenvoudig worden opgeslagen om bijvoorbeeld beter plantweer af te wachten. Het plantmateriaal moet dan wel nat worden gehouden. Bij droog weer moet het plantsoen bij voorkeur elke dag worden bewaterd. Hier moet bij de opslag rekening mee worden gehouden, bijvoorbeeld door het bij een kraan of watergang op te slaan (in de schaduw). De pluggen moeten nat zijn bij het planten. Het water moet er bij voorkeur uitgeknepen kunnen worden. Het is daarom verstandig om het plantsoen vlak voor het planten te bewateren.

Planttijdstip

Bij naaktwortelplantsoen wordt aangeraden om buiten het groeiseizoen te planten, globaal tussen eind oktober en begin april. Door de wortelkluif van plugplantsoen is het in principe mogelijk om jaarrond te planten, aangezien er geen plantschok optreedt. Er wordt geadviseerd om tussen midden juni en midden augustus niet te planten, omdat het plantsoen dan te kwetsbaar is voor beschadigingen. Na maart/april kan het beste alleen gekoeld/ingevroren plantmateriaal gebruikt worden. Het plantseizoen voor plugplantsoen is dus veel langer dan bij naaktwortelplantsoen. Het voordeel van laat in het voorjaar planten is dat de droge maand april ontweken kunnen worden. Een ander voordeel is dat het vraatschade kan verminderen, doordat de hoeveelheid voedsel in het voorjaar snel toeneemt. De resultaten van deze plantwijze zijn overwegend zeer positief. De plant begint na aanplant gelijk met de vorming van zijn wortelstelsel, gevolgd door groei van zijn bovengrondse biomassa. In de nazomer volgt er weer een groeiperiode voor het wortelstelsel. Door te planten in de nazomer kan gebruik worden gemaakt van deze periode van wortelgroei. In het voorjaar begint de plant dan wederom met de verdere vorming van zijn wortelstelsel. Bij planten in de nazomer (‘hot-planting’) kan het plantmateriaal ‘gehard’ worden om er voor te zorgen dat het plantmateriaal niet te gevoelig is voor beschadigingen.

Het beschikbare onderzoek geeft geen eenduidig uitsluitsel over het beste planttijdstip. Daarvoor lopen de resultaten te ver uiteen, onder andere ook als gevolg van de diverse omstandigheden van de (buitenlandse), bijvoorbeeld voor wat betreft klimaat, hoogte, reliëf en dergelijke.

Herkomst elzenplantsoen

De beplanting in het omgekeerde rabattensysteem is in principe gericht op de productie van biomassa. De bijgroei en ziektebestendigheid zijn belangrijke factoren bij de keuze van een bepaalde herkomst. Er zijn in Nederland geen herkomsten beschikbaar die uitsluitend zijn geselecteerd op basis van biomassaproductie. Bij alle selecties is ook gelet op factoren als stamvorm, hetgeen van minder belang is bij de productie van biomassa. Toch is het verstandig om een Rassenlijst herkomst te gebruiken, aangezien deze mede zijn geselecteerd op basis van de factoren bijgroei en ziektebestendigheid. In bijlage 5 zijn alle Rassenlijst herkomsten van zwarte els weergegeven (www.rassenlijstbomen.nl). Er wordt onderscheid gemaakt in vier categorieën:

- De categorie ‘van bekende origine/ Source Identified’ (SI) is in Nederland gereserveerd door autochtoon plantmateriaal (zie kader). SI-herkomsten uit het buitenland zijn in het betreffende land mogelijk autochtoon, maar niet in Nederland. Dit materiaal is dus niet geselecteerd op factoren als bijgroei en ziektebestendigheid.
- ‘Gekeurd’ (Q of ZQ) bestaat uit plantmateriaal waarvan de moederbomen op individueel niveau zijn geselecteerd op bosbouwkundige criteria als groeipotentie, doorgaande spil, fijne betakking, juiste takaanzet en andere groei- en gezondheidsaspecten. Deze individuele bomen zijn bijeengebracht in een ‘zaadgaard’ met als doel zaad te produceren voor plantmateriaal. Deze categorie levert de hoogste garantie op voor een goed producerende beplanting in de toekomst.
- ‘Getest’ (T) bestaat uit bosbouwkundig plantmateriaal dat in veldproeven een significante meerwaarde had boven de geaccepteerde standards.
- ‘Geselecteerd’ (S) bestaat uit plantmateriaal uit een geselecteerde opstand die positief beoordeeld is op bosbouwkundige criteria.

Voor een productiebeplanting komen, in afnemende volgorde van kwaliteit, de categorieën ZQ (Qualified), T (Tested) en S (Selected) in aanmerking. Bij beplantingen met een (overwegend) ecologisch doel ligt het voor de hand om voor plantmateriaal uit de categorie SI (Source Identified) te kiezen. Een interessante herkomst voor landgoed Twickel is Denekamp NL.T.1.3.09-01, die afkomstig is van het nabij gelegen landgoed Singraven. De Bosgroep Noord-Oost Nederland gaat in december 2014 zaad oogsten van deze selectieopstand, waardoor er dan in het plantseizoen 2015-2016 plugplantsoen beschikbaar zou zijn.

LITERATUUR

- Agentschap NL. 2012. *Het Agro convenant NBLH-sector. Resultaten 2008-2011 'een tussenstand'*. Utrecht, Agentschap NL
- Boer, R.W. 1857. *Bijdragen tot de kennis der houtteelt*. Zwolle, W.E.J. Tjeenk Willink.
- Boosten, M. & J. Oldenburger. 2014. *Biomassapotentieel NBLH-sector in 2020 en 2050*. Wageningen, Stichting Probos.
- CBS. 2014. *Hernieuwbare energie in Nederland 2013*. Den Haag, Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Didde, R. 2014. De lignine-raffinaderij. *Wageningen World*. nr. 2, pag. 32-39.; Joppen, L. 2014. *Fytochemie: hoger rendement op hout*. *Agro & Chemie*. nr. 2, pag. 32-33.
- Fraanje, P.J. 1999. *Natuurlijk bouwen met hout*. Utrecht, Uitgeverij Jan van Arkel.
- Goudzwaard, L. 2013. *Loofbomen in Nederland en Vlaanderen*. Zeist, KNNV uitgeverij.
- Hardcastle, P.D., I. Calder, C. Dingwall, W. Garret, I. McChesney, J. Mathews, P. Savill. 2006. *A Review of the Potential Impacts of Short Rotation Forestry*. Midlothian, LTS International.
- Jansen, J.J., Sevenster, J., Faber, P.J., 1996. *Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland*, Arnhem, Landbouwuniversiteit Wageningen, IBN-DLO,
- Jansen, P.A.G., *Het gebruik en de aanplant van plugplantsoen*, Stichting Probos, Wageningen, 2012
- Houtzagers, G. 1954. *Houtteelt der gematigde luchtstreek - deel 1: de houtsoorten*. Zwolle, N.V. Uitgevers-Mij - W.E.J. Tjeenk Willink.
- Johansson, T. 1999. Dry matter amounts and increment in 21- to 91-year-old common alder and grey alder and some practical implications. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 29, P.1679-1690.
- Joosten, E. 1821. *Verhandeling over het hakhout*. Amsterdam, Lodewijk van Es.
- Kalkhoven, J.Th.R., P.F.M. Opdam. 1984. Vogelgemeenschappen en vegetatie in essenhakhout, in: *De Levende Natuur*, Nr. 1
- Lonkhuyzen, J.P. van. 1924. *De Houtteelt*. Arnhem, De Nederlandsche Heidemaatschappij.
- Maes, B. (red.). 2006. *Inheemse bomen en struiken in Nederland en Vlaanderen*. Amsterdam, Boom
- Mantau, U., U. Saal, K. Prins, F. Steierer, M. Lindner, H. Verkerk, J. Eggers, N. Leek, J. Oldenburger, A. Asikainen & P. Anttila. 2010. *EUwood. Real potential for changes in growth and use of EU forests*. Hamburg, University of Hamburg – Centre of Wood Science.

- McKay, H. (ed.). 2011. Short Rotation Forestry: review of growth and environmental impacts. *Forest Research Monograph*, 2, Forest Research, Surrey, 212pp.
- Proe, M.F., Griffiths, J.H. and Craig, J. 2002. Effects of spacing, species and coppicing on leaf area, light interception and photosynthesis in short rotation forestry. *Biomass and Bioenergy*, 23: 315-326.
- Ryckevorsel, A. van. 1895. *De Houtteelt*. Arnhem, P. Gouda Quint.
- SER. 2013. *Energieakkoord voor duurzame groei*. Den Haag, Sociaal-Economische Raad
- Spengler, G.C. 1894. *Handleiding voor boschcultuur*. Zwolle, W.E.J. Tjeenk Willink.
- Spiegelhalter, J. 2012. *Ergonomie und Produktivität bei der Container-Pflanzung*, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- en Verbraucherschutz des Landes Nordrhein Westfalen
- Stortelder, A.H.F., P.W.F.M. Hommel, R.W. de Waal. 1998. *Broekbossen*, KNNV Utrecht, Uitgeverij
- Tholen, N.G. 1855. *Handleiding voor boomkwekers en eigenaren van bosschen in Nederland*. Haarlem, De Nederlandsche Maatschappij ter bevordering van Nijverheid.
- Unsel, R., A. Möndel, B. Textor, F. Seidl, K. Steinfatt, S. Kaiser, M. Thiel, M. Karopka & M. Nahm. 2010. *Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg*. Stuttgart, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.
- Unteregger, E. 1995. *Country report for Austria*, in S. Ledin & E. Willebrand (ed.), *Handbook on how to grow short rotation forests*. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Wieggers, J. 1989. 'Alnus', in P. Schmidt (ed.), *syll. Nederlandse boomsoorten II*. Wageningen, Vakgroep Bosbouw, luw.
- Wiselius, S.I. 2005. *Houtvademecum*. Almere, Stichting Centrum Hout.

BIJLAGE I
BEHEERKOSTEN OP BASIS VAN NORMKOSTENBEREKENINGEN UIT 1998

<i>Normkosten wilgen/elzen/essenhakhout</i>			
Maatregel	Activiteit	Uur/ha/jaar	Gulden/ha/jaar
Terreinbewerking	Begreppelen	0,20	17
Afzetten hakhout	Afzetten	15	723
	Bundelen	20	868
	Uitdragen	25	1.075
Bijdrage Bosschap			5
Snoeien	Snoeien overhangende takken	0,03	1
Begeleiden werk	Voorbereiden en toezicht werk	0,30	13
Monitoring	Monitoring vegetatie/fauna/water	0,12	11
Onderhoud voorzieningen	Onderhouden bebording	0,03	4
	<i>Indirecte beheerskosten</i>		612
Subtotaal			-3.329
Inkomsten	Hout		500
Exploitatiesaldo			-2.829

BIJLAGE 2
GEGEVENS MEETLOCATIES

Straat	Plaats	Bodemtype	Grond- watertrap
Diefdijk	Leerdam	Vc: zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekveen	I
Dingshofweg	Olst	aVz: Madeveengronden, zand ondieper dan 120 cm, zonder humuspodzol	II
Flierveldsweg	Ambt Delden	kpZg23x: lemig fijn zand met zavel- of kleidek van 15 a 40 cm en keileem beginnend tussen 40 en 120 cm en ten minste 20cm dik	III
Krudersweg	Ambt Delden	Hn21: leemarm en zwak lemig fijn zand	III
Langestraat	Ambt Delden	Hn21x: leemarm en zwak lemig fijn zand met oude klei beginnend tussen 40 en 120 cm en ten minste 20cm dik	V
Loofrietweg	Ambt Delden	Hn23t: lemig fijn zand met andere oude klei dan keileem beginnend tussen 40 en 120 cm	V
Nieuwe zuiderlingedijk	Heukelum	Vc: zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekveen	I
Veldsnijderweg	Haaksbergen	pZn23: lemig fijn zand en Hn21: leemarm en zwak lemig fijn zand	III en V

BIJLAGE 3

PRESENTATIE RAFFAELE SPINELLI VAN CNR-IVALSA UIT ITALIË



istituto per
le piante da legno
e l'ambiente ipia spa
società controllata dalla Regione Piemonte



CNR-IVALSA
TREES AND TIMBER INSTITUTE

Harvesting traditional coppice stands in the Northwestern Italian mountains



Raffaele Spinelli, Andrea Ebone & Marco Gianella


The image is a presentation slide with a light beige background. At the top left is the logo for 'ipla' (Istituto per le piante da legno e l'ambiente ipia spa), which includes the text 'società controllata dalla Regione Piemonte'. At the top right is the logo for 'CNR-IVALSA' (Trees and Timber Institute). The main title is 'Harvesting traditional coppice stands in the Northwestern Italian mountains'. Below the title is a photograph of a forest path with a red logging machine and a person. To the left of the photo are the coat of arms of the region and the 'fenerfor' logo. At the bottom, the authors' names are listed: 'Raffaele Spinelli, Andrea Ebone & Marco Gianella'.

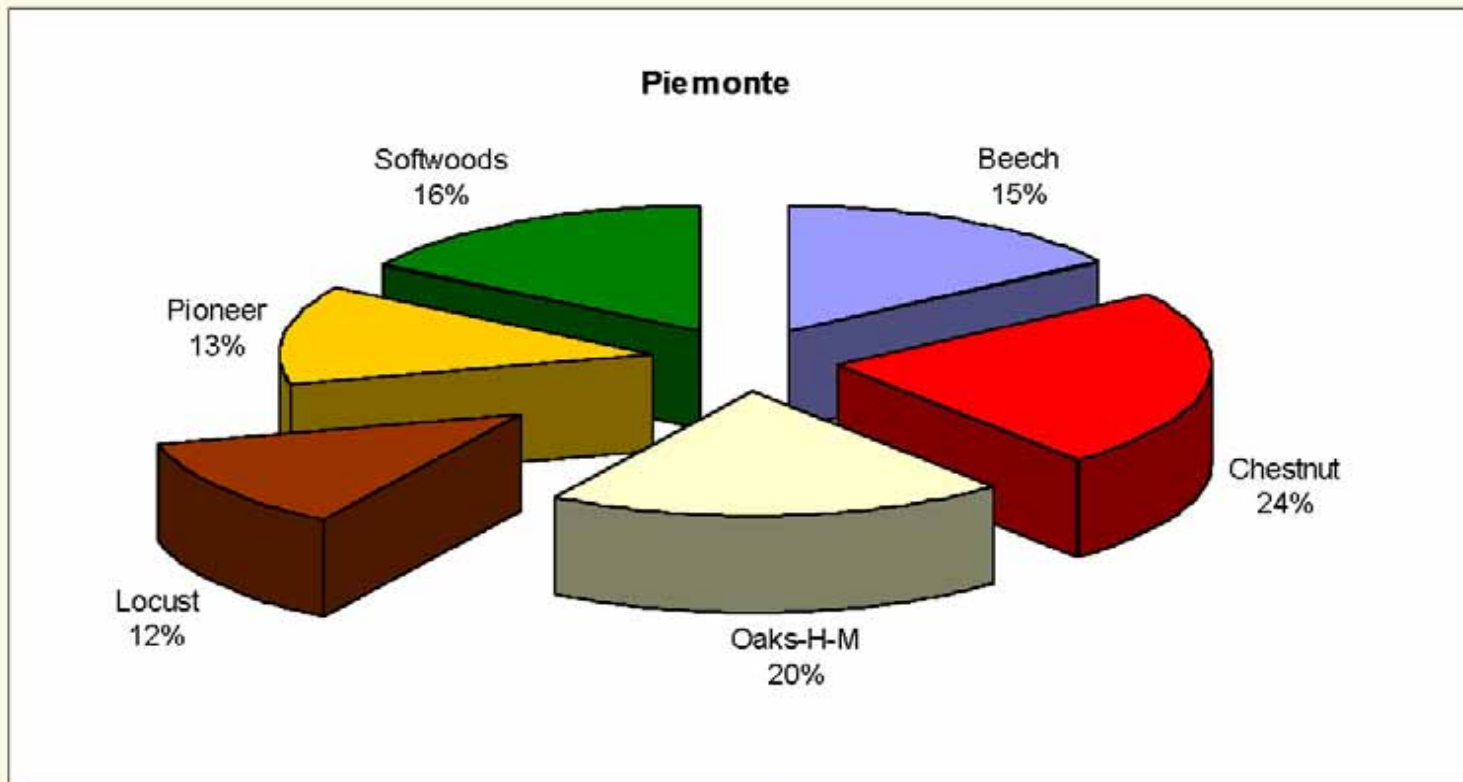
Traditional coppice

- 📄 Oak, Chestnut, Beech etc.
- 📄 15 to 40 years rotations
- 📄 12-30 cm DBH
- 📄 70-250 m³/ha



A most widespread forest type

 In Northwestern Italy



Demand & Prices

- 📄 18M t firewood, 3M t chips (Italy)
- 📄 Timber ~ 100 € m⁻³ deliv., chestnut only
- 📄 Fencing 60-80 € m⁻³ deliv., chestnut only
- 📄 Firewood 60-80 € m⁻³ deliv., chestnut low
- 📄 Chips 50-60 € m⁻³ delivered

Harvesting: traditional



The study



Site	Province	Placename
1	TO	Rivalta di Torino
2	BI	Cossila San Grato
3	BI	Sala Biellese
4	TO	Rorà
5	CN	Limone P.te
6	BI	Camandona
7	BI	Magnano
8	CN	Pamparato
9	CN	Vernante
10	CN	Rittana





Test modernization



Time-motion studies

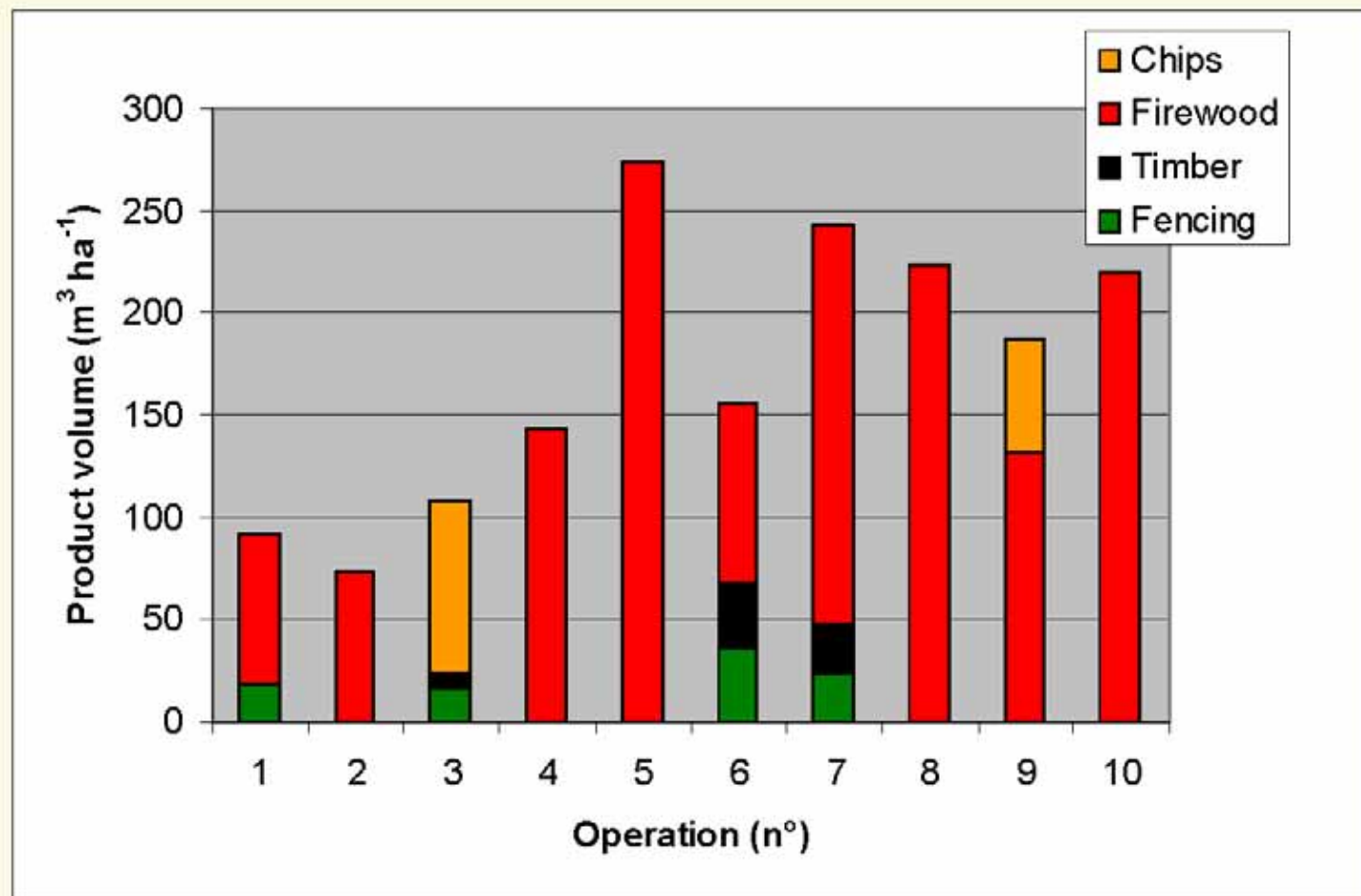
Sites and silviculture

 Over-mature

 Clearfell or Selection

Site n°	Stand type	Surface ha	Gradient %	Age years	Density trees ha ⁻¹	DBH cm	Tree size m ³ tree ⁻¹	Stocking m ³ ha ⁻¹	Harvest m ³ ha ⁻¹	Removal %
1	Chestnut	4.98	15	40	1115	24	0.390	226	92	41
2	Chestnut	1.09	45	40	605	27	0.548	338	74	22
3	Chestnut	4.87	25	20	1322	13	0.110	270	109	40
4	Beech	2.50	55	60	955	22	0.464	237	143	60
5	Beech	3.00	65	60	1067	20	0.198	310	274	88
6	Chestnut	1.26	35	20	1226	21	0.263	385	156	41
7	Chestnut	2.63	22	20	1847	13	0.116	420	243	58
8	Beech	4.00	50	60	1895	12	0.099	260	223	86
9	Beech	2.06	45	50	1927	16	0.176	231	188	81
10	Chestnut	0.53	40	30	2038	15	0.153	420	220	52

The harvest



Harvesting methods

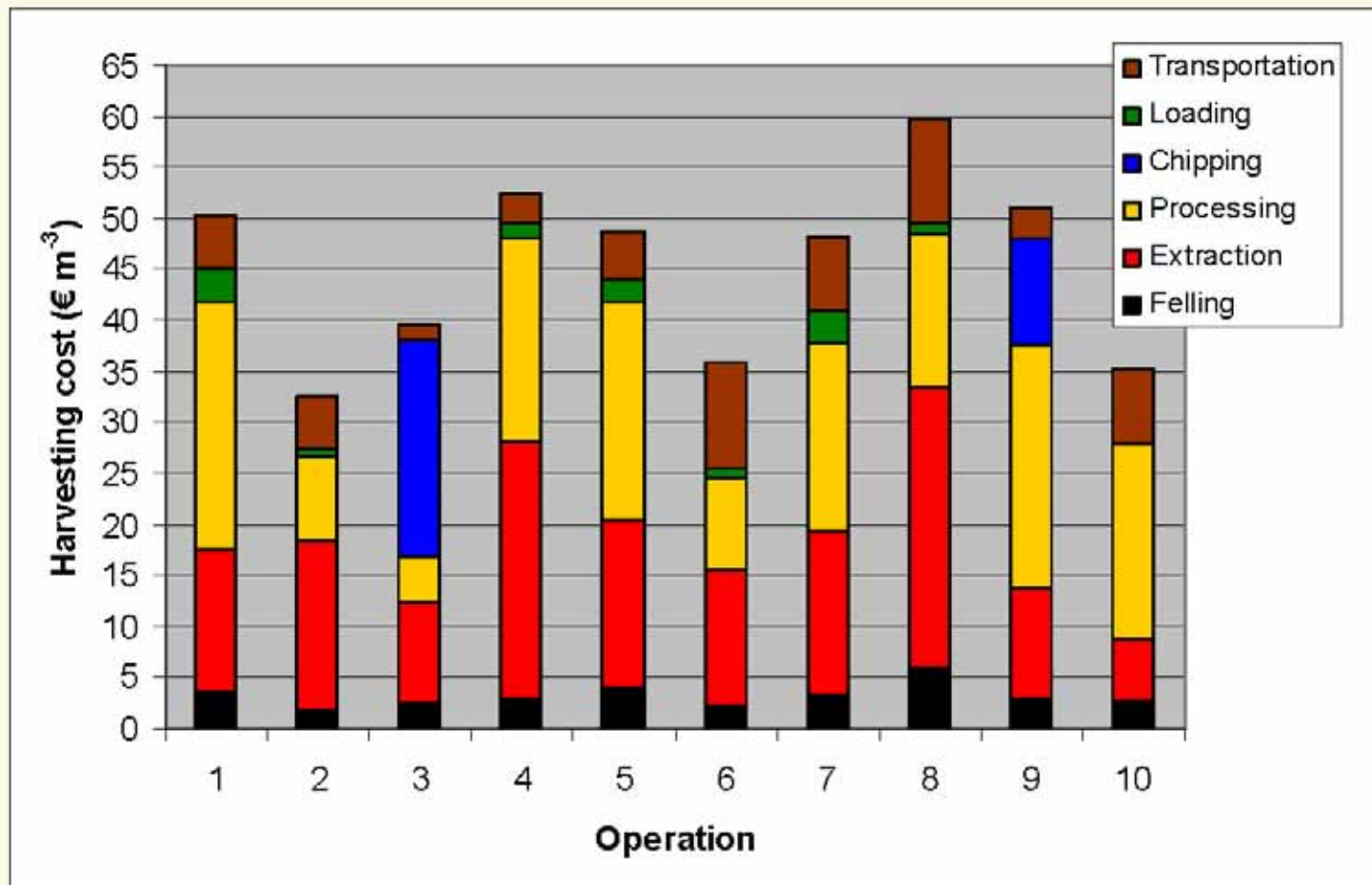


Productivity

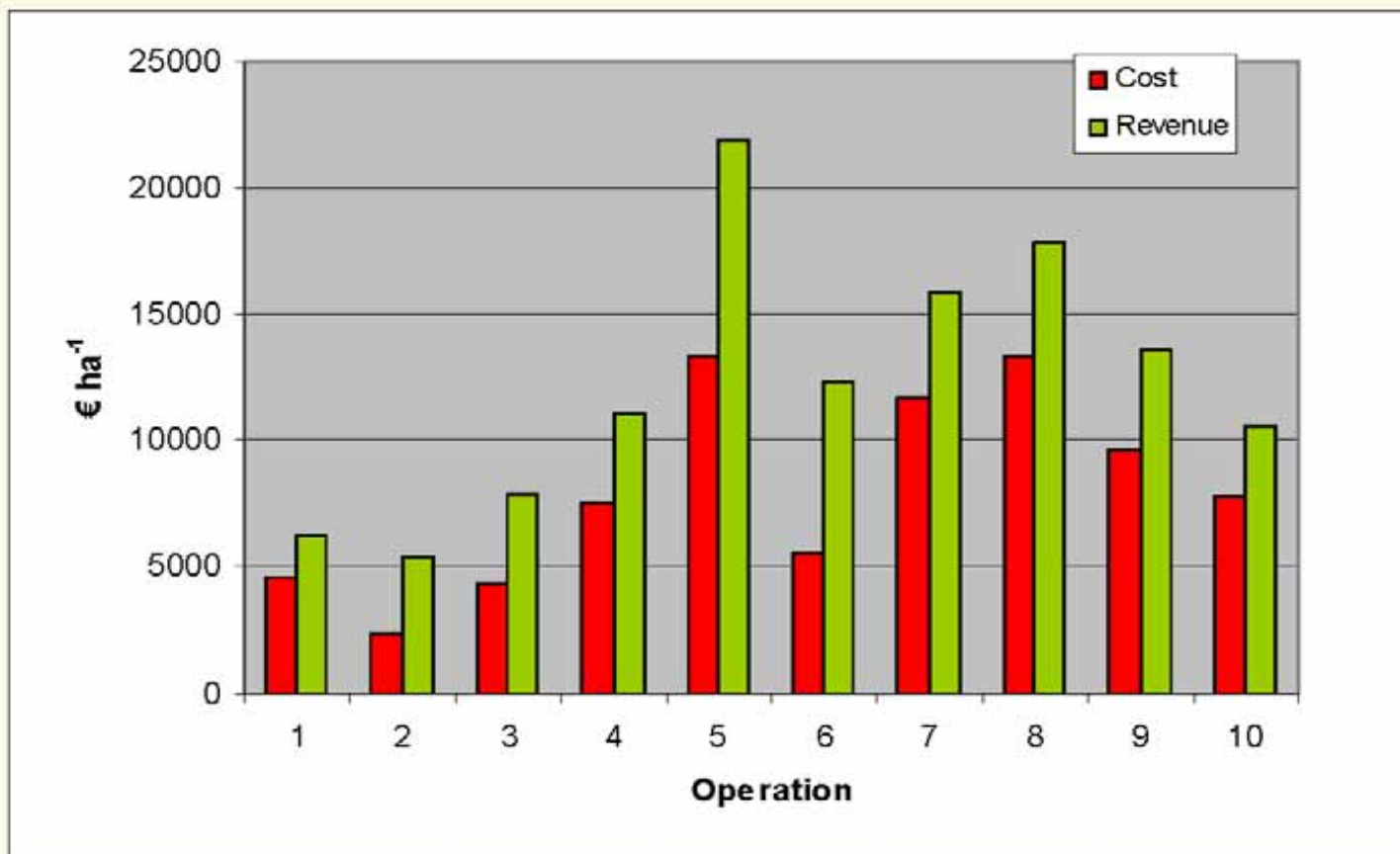
 Includes delays, 20-40 % (higher w/forwarder)

m³ solid SMH⁻¹				
Operation	Machine	Mean	min	Max
Felling	Chainsaw	6.6	2.1	15.0
Extraction	Tractor	5.0	3.4	8.0
Extraction	Yarder	4.6	3.4	6.0
Extraction	Forwarder	8.9	5.9	11.2
Processing	Grapple-saw	5.2	2.0	9.8

Harvesting cost



Economically-viable operations



Conclusions

- ☞ Mechanization, biomass
- ☞ Adapt methods to technology, not reverse
- ☞ Grapple saw
- ☞ Cable yarding



BIJLAGE 4 DRIE GEREEDSCHAPPEN VOOR DE AANPLANT VAN PLUGPLANTSOEN

Pottiputki

De Finse Pottiputki is een van de meest bekende gereedschappen voor het planten van plugplantsoen. Het bestaat uit een plantbuis en een bek (figuur 1). De bek wordt dermate diep in de bodem gedrukt dat de plug volledig in de minerale grond komt te staan (figuur 2). De hoogte kan worden ingesteld door het voetpedaal, waarmee de bek in de grond wordt getrapt, te verstellen. Hierdoor kan een consistente plantdiepte worden bereikt. De bek wordt door middel van een ander voetpedaal opengetrapt. De plant wordt in de plantbuis gevoerd en de Pottiputki wordt omhoog gehaald (haal de planten een voor een, en zorgvuldig uit de plantbak of planttas!). Uiteraard moet de Pottiputki bij langer plantsoen verder omhoog worden gehaald. De plant wordt daarna licht aangetrapt, zodat er geen lucht tussen de plantkruit en de bodem zit. De bek wordt door middel van een schakelaar aan de handgreep teruggebracht in zijn dichte positie. In zware (klei)bodems kan de bek van de Pottiputki verstopt raken en het pedaal buigen. Dit kan de productiviteit tot 15% verlagen. Het grote voordeel van deze methode is dat een planter niet (diep) hoeft te bukken en dat de plantsnelheid in principe hoog ligt. Een ervaren planter kan afhankelijk van de omstandigheden 2.000 tot 5.000 planten per dag planten. Plugplantsoen moet volledig in de minerale bodem worden geplant. De strooisellaag moet dus verwijderd worden. De Pottiputki heeft geen mogelijkheid om dit te doen, waardoor dit met de voet moet gebeuren. Dit nadeel speelt echter niet bij de aanplant op omgekeerde rabatten, omdat in de minerale bodem wordt geplant. Er bestaan Pottiputki's voor verschillende maten plugs (tabel 2). Het uitgangspunt is om die Pottiputki te kiezen, waarvan de binnenmaat minimaal 10 millimeter groter is dan de buitenmaat van de plug. Om het plantsoen te dragen zijn van dezelfde firma (BCC) hardplastic draagbakken beschikbaar die met een harnas op de heup worden gedragen (één- of tweezijdig). Hierbij moeten het plugplantsoen dus worden overgeladen in deze bakken. De plantbakken moeten niet te vol geladen worden, omdat dit beschadiging van het plantsoen in de hand werkt.

Tabel 1				
<i>Typen Pottiputki³</i>				
Type	Interne diameter	Lengte (mm)	Gewicht (gram)	Prijs (excl. BTW)⁴
Pottiputki 45	43	935	2550	€ 179,00
Pottiputki 50	48	935	2550	
Pottiputki 55	53	935	2800	€ 195,00
Pottiputki 63	61	935	3250	€ 205,00
Pottiputki 75	73	935	3550	€ 219,00

Figuur 1

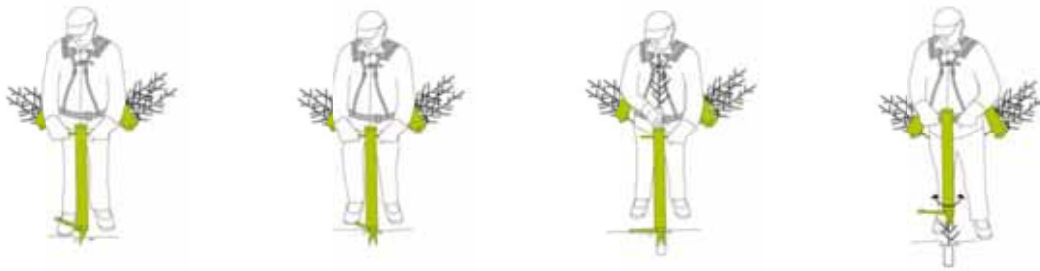
De Pottiputki en draagbakken van de firma BCC



³ www.bccab.com

⁴ www.grube-shop.at

Figuur 2
Plantwijze met de Pottiputki

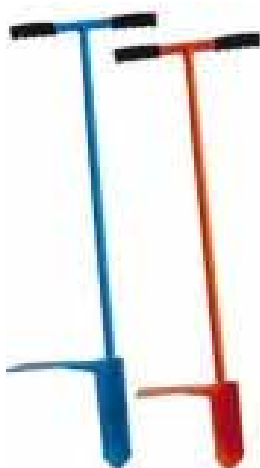


Lieco halfronde plantschop

De halfronde plantschop van de firma Lieco bestaat uit een halfrond spadeblad, een voetpedaal en een tweehandige greep (figuur 3). Het voetpedaal is bedoeld om het spadeblad de grond in te trappen, maar kan ook gebruikt worden om de strooisellaag weg te verwijderen. De oranje variant heeft een spadeblad van 200 millimeter hoog en een doorsnede van 6,5 centimeter. De T-vormige steel is 978 millimeter lang. De plantschop weegt 2,3 kilogram en kost 62 euro excl. BTW (prijspeil 2012). De blauwe variant heeft een spadeblad van 260 millimeter en een T-vormige steel lengte van 1040 millimeter (2,55 kilogram). Afhankelijk van de plugmaat wordt de blauwe of oranje plantschop gebruikt. De oranje plantschop is bijvoorbeeld afgestemd op de L15 container van Lieco. Lieco heeft ook een draagframe beschikbaar voor twee container (€39,00 excl. BTW – prijsspeil 2012) en een rugzakdraagframe voor zeven containers (€110,00 excl. BTW – prijsspeil 2012) (beide passend voor L15 en L40). Een volledig beladen rugzakdraagframe weegt ongeveer 27 kilogram. Hierbij kan het plantsoen dus rechtstreeks vanuit de container worden geplant.

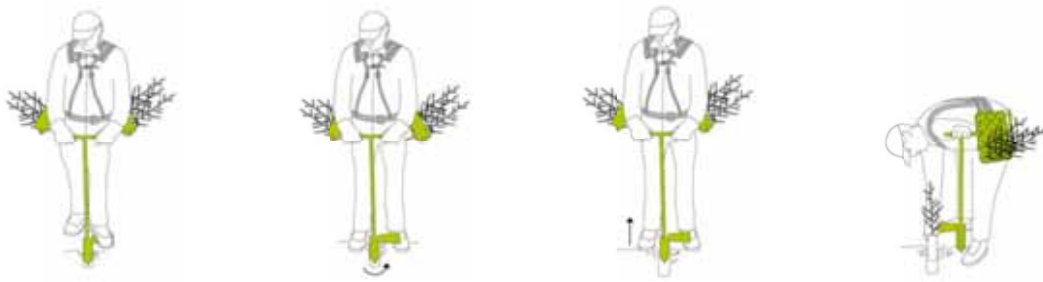
Bij de aanplant wordt het spadeblad met behulp van het voetpedaal loodrecht de grond in gedrukt totdat het voetpedaal het maaiveld raakt (figuur 4). De plantschop wordt rond gedraaid en de losgemaakte grondkolom wordt uit de bodem getrokken. Dit gat heeft precies de maat van de betreffende plug van Lieco. De bodem rondom het gat wordt licht aangetrapt.

Figuur 3
Lieco halfronde plantschop, draagframe en het rugzakdraagsysteem



Figuur 4

Plantwijze met de Lieco halfronde plantschop



Neheimer plantschop

De Neheimer plantschop is door het Forstlichen Bildungszentrum für Waldarbeit und Forsttechnik Arnsberger Wald ontwikkeld naar aanleiding van de schade van orkaan Kyrill. De Neheimer plantschop bestaat uit een blad van ongeveer 40 centimeter lengte op een houten T-steel van 110 centimeter lengte (figuur 5). Het blad staat in een hoek van 12 graden op de steel. Deze hoek maakt het mogelijk om tijdens het planten rechter op te blijven staan, hetgeen het gebruik van deze plantschop fysiek minder belastend maakt. De plantschop weegt 3,2 kilogram en kost 115,00 excl. BTW (prijspeil 2012).

Bij de aanplant wordt het blad voor de helft met de voet loodrecht de bodem in gedrukt (figuur 6). De steel wordt daarna met de arm naar voren gedrukt om de grond los te maken. Daarna wordt het blad ongeveer 10 centimeter verder naar voren over de gehele lengte met de voet de bodem in gedrukt. De steel wordt daarna naar voren gedrukt, zodat een plantgat ontstaat. De plant wordt erin gezet en de los gemaakte grond (paar keer met blad in grond steken en draaien) wordt om de plant heen gekruimeld. De grond wordt daarna licht aangedrukt met de voet. Eventueel kan de plantschop iets voor de plant in de grond worden gestoken. Door de steel naar voren te bewegen wordt de grond rondom de plant aangedrukt. Het voordeel van de Neheimer methode is dat de plant loodrecht in de grond geplaatst wordt en de aarde verkrumelt.

Figuur 5

Neheimer plantschop



Figuur 6
Plantwijze met de Neheimer plantschop



BIJLAGE 5
RASSENLIJST ZWARTE ELS (WWW.RASSENLIJSTBOMEN.NL)

CATEGORIE: OPSTANDEN, GETEST UITGANGSMATERIAAL

Herkomstnaam	Beheersnaam (lokale naam)	Locatie (NB/O L)	Coördinaten	Hoogte (m)	Oppervlakte (ha)	Oprijke herkomst	Oorspronkelijke herkomst	Doelstelling	Aanleg	Beheerder	Opmerkingen
Denekamp-01 NL.T.1.3.09-01	Landgoed Singraven 14c	52°22' N 6°59'E	263.9 488.4	25	1.13	onbekend	Productie	—	—	<u>Stichting 'Edwina van Heek'</u>	—

CATEGORIE: OPSTANDEN, GESELECTEERD UITGANGSMATERIAAL

Herkomstnaam	Beheersnaam (lokale naam)	Locatie (NB/O L)	Coördinaten	Hoogte (m)	Oppervlakte (ha)	Oprijke herkomst	Oorspronkelijke herkomst	Doelstelling	Aanleg	Beheerder	Opmerkingen
Aalten-01 NL.S.1.3.11-01	Aalten, Zilverbeek	51°57' N 6°35'E	237.7 441.5	30	0.15	onbekend	Productie 1986	—	—	<u>Waterschap Rijn en IJssel</u>	—
Enschede-01 NL.S.1.3.10-01	Hoge Boekel	52°14' N 6°58'E	263.3 473.6	45	0.7	onbekend	Productie	—	—	<u>Smederij Gunneman</u>	—
Westerbork-02 NL.S.4.3.24-02	Mantinge, Mantingerbosch	52°49' N 6°36'E	236.9 536.7	20	0.4	onbekend	Productie	—	—	<u>Natuurmonumenten</u>	—

CATEGORIE: OPSTANDEN, UITGANGSMATERIAAL VAN BEKENDE ORIGINE

Herkomstnaam	Beheersnaam (lokale naam)	Locatie (NB/O L)	Coördinaten	Hoogte (m)	Oppervlakte (ha)	Oprijke herkomst	Oorspronkelijke herkomst	Doelstelling	Aanleg	Beheerder	Opmerkingen
's-Graveland-01 NL.SI.7.3.07-01	's-Graveland, Ankeveense Polder, Herenweg	52°15' N 5°06'E	135.4 474.3	0	20	autochtoon	Ecologie	—	—	<u>Natuurmonumenten</u>	bos (> 5 ha) > 40 individuen
Aalsmeer-01 NL.SI.7.3.02-01	Aalsmeer, Oosteinderpoeel	52°17' N 4°47'E	114.5 478.3	5	12	autochtoon	Ecologie	—	—	<u>Natuurmonumenten</u>	bos (> 5 ha) > 30 individuen
Achtkarspel-01 NL.SI.4.1.01-01	Achtkarspel	53°13' N 6°07'E	204.4 582.6, 204.3 582.4	0	1.25	autochtoon	Ecologie	—	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	houtwal
Anloo-01 NL.SI.4.3.14-01	Anloo, Gasterse Holt	53°01' N 6°40'E	241.4 560.8	10	9	autochtoon	Ecologie	—	—	<u>Stichting Het Drentse Landschap</u>	bos (> 5 ha) > 40 individuen
Anloo-02 NL.SI.4.3.1	Anloo, Holtstukken	53°00' N	241.8 558.8	10	21	autochtoon	Ecologie	—	—	<u>Staatsbosbeheer-</u>	houtwal > 30

Herkomstnaam	Beheerseenheid (lokale naam)	Locatie (NB/OL)	Coördinaten	Hoogte (m)	Oppervlakte (ha)	Oorspronkelijke herkomst	Doelstelling	Aanleg	Beheerder	Opmerkingen
4-02		6°40'E							<u>Ontwikkeling en Beheer</u>	individue
			201.5							
		51°35'N	399.5, 201.7							
Bergen-01 NL.SI.3.5.0 1-01	Bergen, Heuloërbroek	6°03'E	399.6, 201.7	20	9	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individue
		51°34'N	399.4, 201.8							
		6°03'E	399.2, 202.0							
			399.1							
Denekamp-02 NL.SI.1.3.0 9-02	Denekamp, Agelerbroek	52°23'N	259.2	25	20	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) + houtwallen > 50 individue
		6°55'E	489.9							
Grubbenvorst-02 NL.SI.3.5.1 0-02	Grubbenvorst, Groot Schuitwater	51°28'N	206.6	25	4	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individue
		6°07'E	386.8							
		51°15'N	194.0							
Haelen-01 NL.SI.3.5.1 5-01	Haelen, Leudal-Leubeek	5°56'E	362.5,	30	8	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individue
		51°15'N	194.3							
		5°57'E	362.9							
Hardenberg-01 NL.SI.1.1.0 3-01	Heemster Hooilanden	52°34'N	238.1	6	0.7	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bosjes
		6°37'E	508.6							
Havelte-01 NL.SI.4.4.0 2-01	Havelte, Oude Nieuwe Landen	52°48'N	216.3	5	18	autochtoon	Ecologie	—	<u>Natuurmonumenten</u>	houtwal > 30 individue
		6°17'E	536.0							
Heeze-01 NL.SI.3.3.1 8-01	Rietbeemden	51°24'N	168.3	19	0.7	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	houtwal, bosje
		5°35'E	379.3							
Heythuysen-01 NL.SI.3.5.1 6-01	Heythuysen, Zelsterbeek bij Weierse brug	51°15'N	193.2	30	2	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individue
		5°56'E	362.9							
Kamerik-01 NL.SI.7.3.0 4-01	Kamerik, Kamerikse Nessen	52°07'N	118.9	0	29	autochtoon	Ecologie	—	<u>Natuurmonumenten</u>	bosje > 40 individue
		4°51'E	459.9							
Leende-01 NL.SI.3.3.4 3-01	Strijper Aa	51°19'N	165.6	27	3.1	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	houtkant, bosrand
		5°32'E	370.2							
Maasbree-01 NL.SI.3.5.1 7-01	Maasbree, Langhout	51°20'N	199.5	35	2	autochtoon	Ecologie	—	<u>Stichting Limburgs Landschap</u>	het bos (> 5 ha) > 40 individue
		6°01'E	372.9							

Herkomstnaam	Beheersnaam (lokale naam)	Locatie (NB/OL)	Coördinaten	Hoogte (m)	Oppervlakte (ha)	Oorspronkelijke herkomst	Doelstelling	Aanleg	Beheerder	Opmerkingen
Nieuw Ginneken-01 NL.SI.3.2.1 3-01	Nieuw-Ginneken, Strijbeekse beek, Goudbergven	51°29' N 4°48'E	114.8 390.0	15	2	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bosje > 40 individue
Norg-01 NL.SI.4.4.0 9-01	Norg, Hooilanden, de Slokkert, Tempelstukken	53°03' N 6°24'E	223.8 563.7	5	1	autochtoon	Ecologie	—	<u>Natuurmonumenten / Stichting 'Het Utrechts Landschap' Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	houtwal > 40 individue
Ommen-01 NL.SI.1.1.0 1-01	Prathoek, Beerze	52°31' N 6°30'E	230.8 503.3	7	0.7	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bosjes, zomen en solitaire struiken
Oosterhesse- len-01 NL.SI.4.3.2 0-01	Oosterhessen, Kerkhorsten	52°46' N 6°43'E	245.2 532.4	15	10	autochtoon	Ecologie	—	<u>Natuurmonumenten</u>	houtwal > 30 individue
Oosterhesse- len-02 NL.SI.4.3.2 0-02	Oosterhessen, Oudemaden	52°44' N 6°40'E	242.2 529.0	15	9	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	houtwal > 40 individue
Rijsbergen- 01 NL.SI.3.2.1 2-01	Rijsbergen, Lange Gooren	51°27' N 4°41'E	106.5 385.0	10	6	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individue
Rolde-01 NL.SI.4.3.2 1-01	Rolde, Geelbroek	52°56' N 6°34'E	234.8 551.9	15	4	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individue
Ruinen-01 NL.SI.4.3.2 2-01	Ruinen, Karstkoelen, Zure Venen	52°46' N 6°19'E	218.3 532.1	5	1	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bosje > 30 individue
Sprang Capelle-01 NL.SI.3.3.4 0-01	Sprang-Capelle, Binnenpolde, Den Dulver, Labbeget	51°41' N 4°58'E	126.2 411.0	5	16	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individue
St Odiliënberg- 01 NL.SI.3.5.2 3-01	St Odiliënberg, Hoosten, elzenbroek	51°08' N 5°59'E	197.3 351.0	30	15	autochtoon	Ecologie	—	<u>Munningbos en Hoosdenbosch</u>	bos (> 5 ha) > 40 individue
Steenbergen- 01 NL.SI.3.1.0 6-01	Steenbergen, langs de Ligne, Oudland	51°33' N 4°18'E	80.2 397.3	5	8	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 50 individue
Ter Apel-01	Schotslaan,	52°52'	269.1	7	2.5	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer</u>	zoom

Herkstnaam	Beheersnaam (lokale naam)	Locatie (NB/O L)	Coördinaten	Hoogte (m)	Op (ha)	Oorspronkelijke herkomst	Doelstelling	Aanleg	Beheerder	Opmerkingen
NL.SI.4.2.0 2-01	Ter Apel	N	543.5, 7°05'E 269.2 543.1						<u>er- Ontwikkeling en Beheer</u>	
Vlist-01 NL.SI.7.4.0 6-01	Vlist, Bergvliet, Polder Laag Bilwijk	51°58' N	113.8 443.8	0	22	autochtoon	Ecologie	—	<u>Zuid-Hollands Landschap</u>	houtwal, boezemkade > 40 individueen
Vlodrop-01 NL.SI.3.5.2 6-01	Vlodrop, Roode Beek	51°09' N	209.0 351.4	55	5	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 50 individueen
Westerbork-01 NL.SI.4.3.2 4-01	Westerbork, Mantingerbos	52°48' N	237.1 536.8	15	8	autochtoon	Ecologie	—	<u>Natuurmonumenten</u>	singel > 40 individueen
Westvoorne-01 NL.SI.5.3.0 9-01	Westvoorne, Quakjeswater	51°51' N	64.5 430.1, 65.0 430.0	5	14	autochtoon	Ecologie	—	<u>Natuurmonumenten</u>	bosje > 40 individueen
Winterswijk-02 NL.SI.1.3.0 7-02	Winterswijk, Bovenslinge, Bekendelle	51°56' N	245.5 440.2	45	6	autochtoon	Ecologie	—	<u>Natuurmonumenten</u>	beekbegeleidend bos > 40 individueen
Wittem-01 NL.SI.3.6.2 3-01	Wittem, Platte of Nijswillerbos, zuidoost	50°48' N	196.8 313.7	180	10	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individueen
Zundert-01 NL.SI.3.2.0 4-01	Zundert, De Krochten	51°26' N	104.3 383.9	10	5	autochtoon	Ecologie	—	<u>Staatsbosbeheer- Ontwikkeling en Beheer</u>	bos (> 5 ha) > 40 individueen

CATEGORIE: BUITENLANDSE ZAADGAARDEN, GEKEURD UITGANGSMATERIAAL

Herkstnaam	Beheersnaam (lokale naam)	Locatie (NB/O L)	Coördinaten	Hoogte (m)	Op (ha)	Oorspronkelijke herkomst	Doelstelling	Aanleg	Beheerder	Opmerkingen
SPL Danndorf 03 1 80204 001 2	132g5	51°52' N	— 9°24'E	300	1.2	niet- autochtoon	Productie	1968	<u>NFA Grohnde</u>	25 klonen, Duitsland
SPL Schnorrenberg 05 1 80201 001 2	—	50°49' N	— 6°52'E	120	1	onbekend	Productie	1983	<u>FA Bonn</u>	60 klonen, Duitsland
SPL Uetze- Wienhausen 03 4 80201 001 2	1c1	51°26' N	— 10°02'E	295	1.9	niet- autochtoon	Productie	1966	<u>NFA Reinhausen</u>	33 klonen, Duitsland

CATEGORIE: BUITENLANDSE HERKOMSTEN, GESELECTEERD UITGANGSMATERIAAL

Herkomstnaam	Beheerseheid (lokale naam)	Locatie (NB/OL)	Coördinaten	Hoogte (m)	Op (h)	Op (a)	Oorspronkelijke herkomst	Doelstelling	Aanleg	Beheerder	Opmerkingen
Bizeux-Chamison 8WB0216	16 - epc XII	49°45' N 5°33'E	—	375	0.9	autochtoon	Productie	—	—	<u>Region Wallonne</u> <u>41200</u>	België
Faliseul 8WB0323	120/01	49°46' N 5°27'E	—	410	0.6	autochtoon	Productie	—	—	<u>Commune de Tintigny</u> <u>41427</u>	België
Gobaille 7WB0295	101/2	50°02' N 5°16'E	—	280	0.6	autochtoon	Productie	—	—	<u>Province du Luxembourg</u> <u>41501</u>	België
Gue du Roi 9WB0296	—	49°44' N 5°11'E	—	330	0.9	autochtoon	Productie	—	—	<u>Commune de Florenville</u> <u>41413</u>	België
La Bouloye 7WB0319	—	50°06' N 4°19'E	—	245	0.3	autochtoon	Productie	1936	—	<u>Region Wallonne</u> <u>41202</u>	België
L'Echelle 8WB0338	—	50°04' N 4°50'E	—	175	0.6	autochtoon	Productie	—	—	<u>FDL</u>	België
Ruisseau des Grands 7WB0320	—	50°07' N 4°35'E	—	170	0.2	autochtoon	Productie	—	—	<u>Commune de Mariembourg</u> <u>41061</u>	België
Ry des Glands 7W0216	404/1	50°03' N 5°09'E	—	240	2.1	niet-autochtoon	Productie	—	—	<u>Commune de Libin</u> <u>41418</u>	België
Viree del Halle 8WB0337	—	50°02' N 4°59'E	—	380	1.4	autochtoon	Productie	—	—	<u>Commune de Beauraing</u>	België



Stichting Probos Postbus 253 6700 AG Wageningen
tel. +31(0)317-466555 fax +31(0)317-410247 mail@probos.nl www.probos.nl