



Praktijktest verwijderen kleine duizendknoophaarden met grondzuiger en verhitter

Eindrapportage 2022



Joyce Penninkhof, Guus Beerkens en Lennart Bakker

Wageningen, december 2022



Praktijktest verwijderen kleine duizendknoophaarden met grondzuiger en verhitter

Eindrapportage 2022

Joyce Penninkhof, Guus Beerkens en Lennart Bakker

Wageningen, december 2022

Colofon

© Stichting Probos, Wageningen, december 2022

Auteurs: Joyce Penninkhof, Guus Beerkens en Lennart Bakker

Titel: Praktijktest verwijderen kleine duizendknoophaarden met grondzuiger en verhitter
Eindrapportage 2022

Uitgever: Stichting Probos
Postbus 253, 6700 AG Wageningen
tel. 0317-46 65 55
mail@probos.nl
www.probos.nl

Opdrachtgever:
Provincie Gelderland

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.
- Stichting Probos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Foto omslag: Joyce Penninkhof, Stichting Probos

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
2	Methode	9
2.1	Locatie	9
2.2	Weggraven en wegzuigen grond	11
2.3	Transport naar en opslag grond op verwerkingsplaats	12
2.4	Verhitten en terugplaatsen grond	13
2.5	Monitoring	14
2.6	Bepalen duurzaamheid	14
3	Resultaten	15
3.1	Weggraven en wegzuigen grond	15
3.2	Verhitten grond	19
3.3	Tijdsbeslag en kosten	21
3.4	Nazorg groeilocaties	22
3.5	Resultaten monitoring groeilocaties	23
4	Duurzaamheid	27
4.1	Duurzaamheid ontgraven/wegzuigen, verhitten van de grond en terugstorten	27
4.2	Duurzaamheid alternatieve scenario 1: ontgraven, afvoeren naar verbrandingsinstallatie en aanvoeren schone grond	28
4.3	Duurzaamheid alternatieve scenario 2: Tien jaar lang 2 maal per jaar maaien met maaizuigcombinatie en afvoeren maaisel	29
5	Conclusies	31
6	Bronnen	33

1 Inleiding

De provincie Gelderland was één van de deelnemers van de Praktijkproef bestrijding duizendknoop van Probos tussen 2013 en 2017. Op basis van deze praktijkproef kan er niet één methode aangewezen worden die het beste werkt. De provincie blijft daarom zoeken naar mogelijke bestrijdingsmethoden.

In 2018 is in de berm van de provinciale weg N224 een relatief kleine pluk Aziatische duizendknoop verwijderd met een grondzuiger door V.d. Herik Zuigtechniek uit Harskamp. Dit was een praktijktest in opdracht van de Provincie Gelderland om inzicht te krijgen in hoeverre met een grondzuiger de wortels van Aziatische duizendknoop kunnen worden blootgelegd, of de opgezogen grond nog (levensvatbare) wortelresten van duizendknoop bevat en of de methode geschikt is voor het verwijderen van kleine duizendknoopharden.

Uit deze proef bleek dat de grondzuiger heel geschikt is om (kleine) harden van duizendknoop te verwijderen, zeker wanneer de wortels rondom kabels en leidingen groeien. Ook bleek dat door de hoge zuigkracht wortels heel gemakkelijk opgezogen worden en erg lastig apart te verwijderen zijn. Daarmee komen de wortels samen met de opgezogen grond terecht in de grondzuiger.

Dit gegeven was aanleiding voor Van de Herik Zuigtechniek om een mobiele verhitter te ontwikkelen om opgezogen of uitgegraven grond (na zeven om grote worteldelen te verwijderen) te verhitten en daarmee de in de uitgenomen grond aanwezige wortels te doden. Deze machine is in 2018-2019 ontwikkeld en gebouwd. In 2019 is een praktijkproef gedaan door Wageningen UR, Probos en Tree-ologic naar de effectiviteit van de mobiele verhitter en hieruit bleek dat door de hittebehandeling het aantal vitale wortelfragmenten afnam met ongeveer 99% ten opzichte van alleen gezeefde grond.

Op basis van de resultaten van beide praktijkproeven is Probos gevraagd een aanvullende praktijkproef op te zetten in wegbermen langs provinciale wegen waarbij kleine duizendknoopharden met een grondzuiger zijn verwijderd, de grond met wortelresten ter plekke gezeefd en verhit en vervolgens weer teruggestort werd waardoor er geen grondtransport nodig was. Doel van de proef was om te onderzoeken hoe efficiënt en effectief deze methode is. De praktijkproef geeft antwoord op de volgende vragen:

- 1) Hoe werkt deze methode in de praktijk? Welke praktische knelpunten en aandachtspunten kom je tegen?
- 2) Wat zijn de kosten om met deze methode kleine duizendknoopharden in wegbermen (van provinciale wegen) te verwijderen?
- 3) Hoe effectief is deze methode en welke nazorg van de behandelde locaties is er eventueel nodig?
- 4) Hoe duurzaam is deze methode in vergelijking met alternatieven?

In hoofdstuk 2 (methode) wordt de opzet van de praktijktest beschreven. Hoofdstuk 3 gaat in op de ervaringen in het veld en de resultaten. In hoofdstuk 4 worden de duurzaamheidsaspecten weergegeven. En in hoofdstuk 5 worden de conclusies en aanbevelingen beschreven.

2 Methode

2.1 Locatie

In samenwerking met de Provincie Gelderland zijn drie N-wegen op zandgronden geselecteerd met kleine haarden van duizendknoop. Deze selectie is gebaseerd op de inventarisaties die in 2013 en 2016 uitgevoerd zijn van de vegetatie en waarbij alle duizendknoopharden zijn vastgelegd. Van een subselectie van deze haarden is de omvang vastgelegd: bij wat grotere haarden de omvang in meters en het aantal planten per m². Bij heel kleine haarden is het totaal aantal planten geteld (zie tabel 1.1).

Na een nadere inspectie samen met Van den Herik Zuigtechniek, is de subselectie teruggebracht naar twee N-wegen. Eén weg is afgefallen omdat daar de duizendknoop om alle eiken langs de weg groeit (dus tussen de boomwortels wortelt) en de haarden té omvangrijk zijn. Daardoor zou het werk te omvangrijk zijn om met een grondzuiger uit te voeren en de offerte te hoog uitvallen.

Tijdens de werkzaamheden zijn verkeersmaatregelen getroffen conform de regels van de Provincie Gelderland.

Tabel 1.1

Geselecteerde proeflocaties

Wegnummer	Haardnummer	Omvang haard	Opmerkingen haard
N781	1	4 x 8 meter	Deels op talud naar droge sloot
	2	6 x 8 meter	Deels op talud naar droge sloot
	3	2 x 3 meter	Middenberm
	4	1 - 5 planten	Aantal verspreid staande losse planten
	5 + 6	8 plukjes met elk 1 – 5 planten	Aantal verspreid staande losse planten, tussen en naast vangrail
	7	2 x 2 meter	Middenberm
	Kruising N225/N782	1	7 x 8 meter
2		3 plukjes met elk 2 tot 8 planten	Eén plukje direct naast wegdek



Figuur 2.1
Een van de grotere duizendknoopharden langs de N781



Figuur 2.2
Een locatie met enkele planten bij de kruising N225/N782

2.2 Weggraven en wegzuigen grond

De praktijktest heeft plaatsgevonden van 3 t/m 11 mei 2021. Hierbij is gebruik gemaakt van een grondzuiger voor het verwijderen van één tot enkele planten en een graafmachine voor het uitgraven van grotere haarden. Dit laatste in verband met efficiëntie.

De opgezogen grond werd opgevangen in een opslagbunker op de grondzuiger met een capaciteit van 2 m³. Wanneer deze vol was, werd de grondzuiger naar de verzamelplek naast de N781 gereden waar ook de mobiele verhitter stond. Daar werd de grond in een container gestort voor verdere verwerking.

De afgegraven grond werd in een container op een oplegger achter een trekker gedaan en wanneer deze container vol was, werd deze ook naar de verzamelplaats langs de N781 gereden voor verwerking.

De ervaringen met het wegzuigen en weggraven van de grond, is vastgelegd, zowel schriftelijk als met behulp van foto's en video-opnames.



Figuur 2.3

Weggraven van de grond, deze werd in de groene container naar de verzamelplaats gebracht.



Figuur 2.4

De gronduiger van de firma v. d. Herik Zuigtechniek.

2.3 Transport naar en opslag grond op verwerkingsplaats

De weggezogen grond werd afgevoerd naar een verwerkingsplaats langs de N781 (kruising met N782). Dit omdat hier meer ruimte was om de verhitter en de diverse benodigde containers voor het zeven van de grond te plaatsen. Daarnaast was voor werken op deze plaats geen wegafzetting nodig, waardoor op deze plaats ook tijdens de spits gewerkt kon worden.

Om er zeker van te zijn dat er geen duizendknoopwortels op de verwerkingsplaats zouden kunnen achterblijven, is een worteldoek neergelegd met daarop rijplaten. De uitgegraven en -gezogen grond werd in een container verzameld en vervolgens gezeefd met fractie 20mm. Het zeefresidu is in een container afgevoerd naar een erkende verwerker. De gezeefde grond werd opgevangen in een andere container waar vanuit de grond door de verhitter werd geleid.



Figuur 2.5

Verwerkingsplaats met de mobiele verhitter en containers met aangevoerde grond, gezeefde grond, zeefresidu en verhitte grond die terug werd gebracht in de bermen.

2.4 Verhitten en terugplaatsen grond

De gezeefde grond waar nog kleine wortelfragmenten van duizendknoop in aanwezig waren, werden door de mobiele verhitter geleid die 3 jaar geleden door Van de Herik Zuigtechniek i.s.m. Van Gelder is ontwikkeld. De grond wordt hierin dusdanig verhit dat deze wortelfragmenten afsterven en de grond vervolgens weer toegepast kan worden. Uit onderzoek naar de effectiviteit van deze mobiele verhitter door WUR, Probos en Tree-O-Logic in 2019, bleek dat door de hittebehandeling het aantal vitale wortelfragmenten afnam met ongeveer 99% ten opzichte van alleen gezeefde grond.

De verhitte grond werd opgevangen in een container, waarna deze in die container terug werd vervoerd naar de locaties waar deze grond eerder was uitgenomen. Met een graafmachine werd de grond in het gat teruggebracht. Vervolgens werd de grond ingezaaid met een inheems mengsel om te zorgen dat de berm snel weer begroeid zou raken.



Figuur 2.6

Mobiele verhitter: aan de ene zijde werd de grond via een trechter op een transportband gebracht waarna de grond door de verhitter werd geleid (linker foto). Aan de andere kant werd de verhitte grond in een container gestort (rechter foto).

2.5 Monitoring

Monitoring door Stichting Probos heeft plaatsgevonden aan het eind van groeiseizoen 2021 (oktober), in het daarop volgende groeiseizoen in mei/juni 2022 en in oktober 2022.

Tijdens alle monitoringsrondes is gekeken of er op de locaties nieuwe uitlopers van duizendknoop aanwezig waren. De aanwezige uitlopers werden uitgegraven en de boven- en ondergrondse delen opgemeten en gewogen en vervolgens afgevoerd.

2.6 Bepalen duurzaamheid

Voordelen van de combinatie van de grondzuiger en mobiele verhitter zijn dat er in bermen waar kabels en leidingen liggen, gewerkt kan worden en er geen grondtransport plaatsvindt. Dat laatste is een groot voordeel gezien de laatste ontwikkelingen rond PFAS. Maar met name de verhitter heeft veel energie nodig en stoot CO₂ uit. Om te bepalen hoe duurzaam deze methode is, zijn de volgende kengetallen verzameld van de gebruikte machines en transportmiddelen om de CO₂-uitstoot te bepalen:

- Vermogen (kW)
- Capaciteit (m²/uur)
- Gebruiksuren
- Brandstofverbruik (liter/uur)

Vervolgens is de CO₂-uitstoot berekend van 2 alternatieve scenario's:

- Ontgraven van de haard, afvoeren grond met wortelresten naar verbrandingsinstallatie, aanvoeren nieuw grond.
- Gedurende 10 jaar maaien van de haarden met een maaizuigcombinatie volgens het maairegime dat de provincie nu hanteert.

De CO₂-uitstoot van de alternatieve scenario's is berekend aan de hand van kengetallen uit literatuur en waar nodig door het bevragen van (groen)aannemers.

3 Resultaten

3.1 Weggraven en wegzuigen grond

3.1.1 Werkstappen en ervaringen graven

De wat grotere duizendknoophaarden zijn verwijderd met een graafmachine. Met een grondzuiger kan preciezer worden gewerkt, maar een grondzuiger heeft een beperkte capaciteit. Daarom is gekozen om bij de haarden die enkele vierkante meters groot waren, te graven. Om overzicht te houden werd veelal in stroken van ongeveer de breedte van de bak van de graafmachine gewerkt.

In verband met de aanwezigheid van kabels en leidingen werd bij het gebruik van de graafmachine voorgestoken met een bats. Ook werd regelmatig de bats gebruikt om nauwkeuriger duizendknoopwortels uit te graven en randen van het gat af te steken om deze te controleren op nog eventuele aanwezigheid van de duidelijk herkenbare oranje wortels. Deze werkwijze met twee mensen werkte goed: het was een goede combinatie tussen efficiëntie met de graafmachine en precisie en controle middels handmatig graven.

De afgegraven grond werd in een container op een oplegger achter een trekker gedeponeerd en wanneer deze container vol was, werd deze naar de verzamelplaats langs de N781 gereden voor verwerking van de afgegraven grond.



Figuur 3.1

Afgraven van de grond



Figuur 3.2

Regelmatig werd de bats gebruikt om nauwkeuriger duizendknoopwortels uit te graven en randen te controleren op nog eventuele duizendknoopwortels.

Op een aantal locaties met grotere haarden groeiden de wortels op een paar plekken de diepte in (figuur 3.3). Hier is de wortel met een bats uitgegraven of is de wortel met de grondzuiger gevolgd en opgezogen. Deze wortels groeiden gemiddeld genomen tot op het witte zand en incidenteel daar nog een klein stukje (ongeveer 10 cm) in (figuur 3.4).



Figuur 3.3

Op een paar plekken groeiden wortels dieper de grond in.



Figuur 3.4

De wortels groeien tot op of net in het witte zand

3.1.2 Beschrijving werkstappen en ervaringen grondzuiger

Langs de N781 was een stuk berm van ongeveer 150m lang waar op 8 plaatsen één tot enkele planten groeiden. Deze zijn allen met de grondzuiger verwijderd.

Met een bats werd de grond los gestoken, waardoor deze gemakkelijker op te zuigen was. Tussendoor werden de wanden regelmatig schoon gezogen om deze op de duidelijk herkenbare duizendknoopwortels te controleren.

Zoals al eerder is gebleken (Penninkhof & Boosten, 2019), is inzetten van een grondzuiger een goede methode om duizendknoopplanten te verwijderen rond obstakels, zoals lantaarnpalen (figuur 3.5). Op één locatie is het niet gelukt een wortel die onder de betonnen voet van een verkeersbord door groeide (locatie N781-4). Bij verder wegzuigen van de grond en wortel onder deze voet, zou de stabiliteit van het verkeersbord in gevaar worden gebracht. Op een andere

locatie was het wortelstelsel van de duizendknoophaard dusdanig door het wortelstelsel van de beuk gegroeid (locatie N782/N225-1) dat ook hier volledige verwijdering van de duizendknoopwortels niet mogelijk was (figuur 3.6).

In de meeste gevallen was het wortelstelsel uitgebreider dan verwacht: om één plant inclusief wortels te verwijderen was het in een aantal gevallen nodig om tot 50 à 70 cm diep te zuigen en een oppervlak van 30 bij 100 cm weg te zuigen. Daardoor kostte het verwijderen van deze losse planten meer tijd dan van tevoren ingeschat was.



Figuur 3.5

Enkele planten bovengronds kunnen een groter wortelstelsel hebben dan verwacht. Met de grondzuiger zijn deze goed te verwijderen rond obstakels, zoals lantaarnpalen.



Figuur 3.6

Een wortel die onder de betonnen voet van een verkeersbord groeide, kon niet volledig worden verwijderd i.v.m. de stabiliteit van het verkeersbord. Bij een beuk waarbij de wortels van de duizendknoopplanten sterk verweven waren door het wortelstelsel van de beuk, konden ook niet alle duizendknoopwortels worden verwijderd.

3.1.3 Aandachtspunten

De ervaring is dat in de droge zandgrond de duizendknoopwortels goed zichtbaar zijn en goed te volgen en uit te graven / zuigen zijn. In de periode van uitvoering van de werkzaamheden heeft het een aantal keer geregend. In de natte, modderige grond zag je niet goed wat je deed

en versmeerden de zijkanten van de kuil bij afsteken met de bats. Daardoor konden eventuele wortels gemist worden. Daarom werden tijdens regen de graafwerkzaamheden tijdelijk stilgelegd. Tijdens het gebruik van de grondzuiger is het droog gebleven en zijn er dus geen ervaringen opgedaan met werken in de regen.

Zowel bij het weggraven van de grotere haarden als het wegzuigen van de losse planten, was het wortelstelsel uitgebreider en groeide het dieper dan van te voren verwacht. Met name in de grotere haarden groeide een deel van de wortels tot op het witte zand. Het grootste deel van de wortels bevond zich tussen maaiveld en 40 tot 50 cm diepte. Maar een deel van de wortels groeide door tot een diepte van ongeveer 140 cm. Daardoor waren er 7 dagen in plaats van 5 dagen nodig om alle haarden te verwijderen in de geselecteerde wegbermen. Om vooraf een betere inschatting te kunnen maken van de benodigde tijd, is het raadzaam om een aantal proefgaten te graven om te onderzoeken tot hoe diep de planten gemiddeld wortelen.

Ook kan het helpen te achterhalen hoe de duizendknoophaarden zijn ontstaan: zijn de haarden voor het eerst gesignaleerd na grondwerkzaamheden of is het waarschijnlijk dat ze door maaibeheer zijn ontstaan? In deze praktijkproef werden in de wat grotere haarden op ongeveer 80 cm diepte nog dikke wortels met een doorsnede van tenminste 2 cm gevonden, terwijl de planten bovengronds klein zijn. Deze wortels zijn waarschijnlijk via grondwerk aangevoerd. Ook werden er op één plek op enkele tientallen centimeters diepte verdroogde duizendknoopstengels gevonden die deze theorie versterken.

De haardjes die uit één tot vijf planten bestonden, wortelden vrij ondiep en waren daardoor eenvoudig te verwijderen. Deze zijn waarschijnlijk ontstaan uit stengeldelen die via maaibeheer zijn verspreid. Met de grondzuiger kostte het ongeveer 10 minuten per (groepje) planten en konden de planten heel nauwkeurig verwijderd worden. Tijdens de praktijkproef langs de N224 (Penninkhof & Boosten, 2019) zijn er ook op deze manier losse planten weggezogen. Dit bleek ook toen een efficiënte en betrouwbare methode te zijn om ondiep wortelende planten te verwijderen.

Tijdens deze praktijkproef is rond één boom een duizendknoophaard verwijderd. De wortels groeien door het wortelstelsel van de boom heen, waardoor het lastig en tijdrovend is om alle duizendknoopwortels te verwijderen. Zo'n haard rond een enkele boom met de grondzuiger verwijderen is mogelijk, maar het is af te raden met deze methode wegbermen met rijen bomen waar omheen duizendknoop groeit duizendknoopvrij te maken.

Werken langs N-wegen vraagt een goede planning: tijdens de spits kan er niet gewerkt worden in de berm direct langs de weg. Het inrichten van een verzamelplaats om de verwijderde grond te verwijderen waar wel tijdens deze uren gewerkt kan worden, verhoogt de efficiëntie van het werken. Tijdens de spits kan op deze locatie de grond gezeefd en verhit worden, zodat deze grond na de spits weer teruggestort kan worden.

3.2 Verhitten grond

3.2.1 Beschrijving werkstappen en ervaringen

De weggegraven en weggezogen grond werd eerst gezeefd met een zeef met fractie 20 mm. Het zeefresidu werd in een container gedeponneerd om apart afgevoerd te worden naar een erkende verwerker. De gezeefde grond werd in een andere container gedeponneerd. Vanuit die container werd de gezeefde grond met een graafmachine in een trechter geschept waar de grond

doorheen op een transportband viel (figuur 3.7). Deze transportband leidde de grond door de verhitter heen en aan de andere kant werd de verhitte grond middels een andere transportband in een schone container opgevangen (figuur 3.8). Wanneer die container vol was, werd de grond terug vervoerd naar de locaties waar deze grond eerder was uitgenomen. Met een graafmachine werd de grond in het gat teruggebracht. Vervolgens werd de grond ingezaaid met een inheems mengsel om te zorgen dat de berm snel weer begroeid zou raken.



Figuur 3.7

De zeef met fractie 20 mm (links). De gezeefde grond werd in de trechter geschept en via een transportband de verhitter in geleid (rechts).



Figuur 3.8

De verhitte grond werd in een schone container opgevangen waarna deze werd gebruikt om de gaten in de bermen weer op te vullen.

3.2.2 Aandachtspunten

Het inrichten van een verzamelplaats om de verwijderde grond te verwijderen waar tijdens deze uren gewerkt kan worden, verhoogt de efficiëntie van het werken. Tijdens de spits kan op deze locatie de grond gezeefd en verhit worden, zodat deze grond na de spits weer teruggestort kan worden. Om er zeker van te zijn dat er niet per ongeluk wortelfragmenten of andere plantendelen op deze verzamellocatie achterblijven, is het aan te bevelen worteldoek met daarop rijplaten neer te leggen.

Naast dat het werken in de regen tijdens het graven niet aan te raden is (zie paragraaf 3.1.3), zorgt werken in de regen er ook voor dat de grond extra water bevat. Dit water moet ook verhit worden waardoor het verhittingsproces minder efficiënt wordt.

3.3 Tijdsbeslag en kosten

3.3.1 Tijdsbeslag

Een beperkende factor was dat tijdens de spits niet direct langs de weg gewerkt kon worden. De spits was tot 9:30 en vanaf 15:00 uur. Hierdoor was er een relatief kort tijdsblok om de haarden te verwijderen. Tussen 9:30 en 15:00 uur werden tegelijkertijd de haarden afgegraven / weggezogen en werd de grond op de verzamelplaats gezeefd en verhit. Tijdens de spits werd alleen op de verzamellocatie gewerkt.

Er is in totaal ongeveer 223 m² grond uitgegraven/gezogen, thermisch gereinigd en teruggestort. Dit heeft, inclusief alle voorbereidingen en opruimen na afloop, ruim 6 werkdagen gekost.

Tabel 3.1

Omvang en benodigde tijd voor verwijderen van de duizendknoopharden

Haardnr	Omvang verwijderde haard inclusief buffer in m ²	Methode	Verwijderde grond in m ³	Benodigde tijd*
N781 – 1	43	Graven	Ongeveer 25 m ³ grond, tot max 1,50 m diep, bij slootkant 25 cm diep (twee vrachten)	5 uur
N781 – 2	49	Graven	Ongeveer 40 m ³ grond, tot max 1,50 m diep, bij slootkant 25 cm diep (vier vrachten)	6,5 uur
N781 – 3	10	Graven	Ongeveer 6 m ³ grond, deels tot 1,10 m diep, deels tot 50 cm diep (één vracht)	2 uur
N781 – 4	10	Zuigen	Ongeveer 4,5 m ³ grond, deels tot 1 m diep, deels tot 35 cm diep	2 uur
N781 – 5 + 6	10	Zuigen	Ongeveer 4 m ³ grond, gemiddeld tot 40 à 50 cm diep	6 uur
N781 – 7	9	Graven	Ongeveer 6 m ³ grond, tot ongeveer 1 à 1,20 meter diep	2,5 uur

Tabel 3.1*Omvang en benodigde tijd voor verwijderen van de duizendknoopharden*

Haardnr	Omvang verwijderde haard inclusief buffer in m ²	Methode	Verwijderde grond in m ³	Benodigde tijd*
N782/N225 - 1	98	Graven en zuigen (rond de boom)	Totaal ongeveer 55 m ³ grond, eerst grof afgegraven, daarna verder met grondzuiger, met name tussen de boomwortels. Op een aantal plekken tot 1 à 1,5 m diep	9 uur
N782/N225 - 2	2	Zuigen		1 uur

*incl. vrachten grond naar de verzamellocatie brengen en terugstorten van verhitte grond, excl. voorbereidingen en opruimen

3.3.2 Kosten

Tabel 3.2 geeft een overzicht van de kosten voor de inzet van de grondzuiger binnen de praktijktest. Dit is inclusief inzet van 4 personeelsleden voor het weggraven/zuigen (2 mensen) en het verhitten van de grond op de verzamellocatie (2 mensen).

Tabel 3.2	
<i>Kosten praktijktest grondzuiger en verhitter (exclusief BTW)</i>	
Onderdeel	Kosten (excl. BTW)
223 m ² grond thermisch gereinigd	€ 36.795,-
Staartkosten	€ 2.575,65
Verkeersmaatregelen	€ 6.067,53
Marge over verkeersmaatregelen 10%	€ 606,75
Totaal	€ 46.044,93

3.4 Nazorg groeilocaties

Na het verwijderen van de duizendknoopharden, het verhitten en vervolgens terugstorten van de grond, zijn de groeilocaties in 2021 tweemaal nagelopen door Van de Herik Zuigtechniek in het kader van nazorg. Eind mei en begin juni 2021 zijn de locaties nagelopen en zijn totaal respectievelijk 3 en 5 planten handmatig uitgegraven. Een deel hiervan langs de Mansholtlaan, die zijn waarschijnlijk bij het verwijderen van de losse planten in het noordelijke deel van de berm over het hoofd gezien. In 2022 is geen aparte nazorg uitgevoerd en is hergroei alleen tijdens de twee monitoringsrondes verwijderd.

3.5 Resultaten monitoring groeilocaties

Monitoring van de locaties waar de duizendknoopharden zijn verwijderd, heeft plaatsgevonden in oktober 2021 en tweemaal in het daaropvolgende groeiseizoen: in mei en in oktober 2022.

In oktober 2021 werden totaal 150 planten teruggevonden, dit is gemiddeld 0,3 duizendknoopplant per m². In mei 2022 zijn totaal 250 planten gevonden (0,7 plant per m²) en in oktober 2022 totaal 175 planten (0,4 plant per m²). Het merendeel van de planten, 75 à 85%, werd aangetroffen rond de boom waar tijdens de werkzaamheden al was gebleken dat de duizendknoopwortels dusdanig door het wortelstelsel van de beuk waren gegroeid, dat goede verwijdering ook met de grondzuiger niet mogelijk was (figuur 3.9).

Opvallend was één van de locaties in de berm van de N781. Hier groeiden verscheidene duizendknoopplanten tussen en naast een vangrail. In oktober 2021 werden hier slechts een aantal hergroeide planten teruggevonden (0,7 plant per m²), maar in mei 2022 werden hier 40 planten aangetroffen (4 planten per m²). In oktober 2022 was dit aantal weer gedaald naar 1,6 plant per m² (figuur 3.9).

Op 5 van de 8 locaties is in oktober 2022 geen hergroei meer aangetroffen. Op 2 van deze 5 locaties is tijdens alle drie monitoringsmomenten geen hergroei aangetroffen (figuur 3.11).



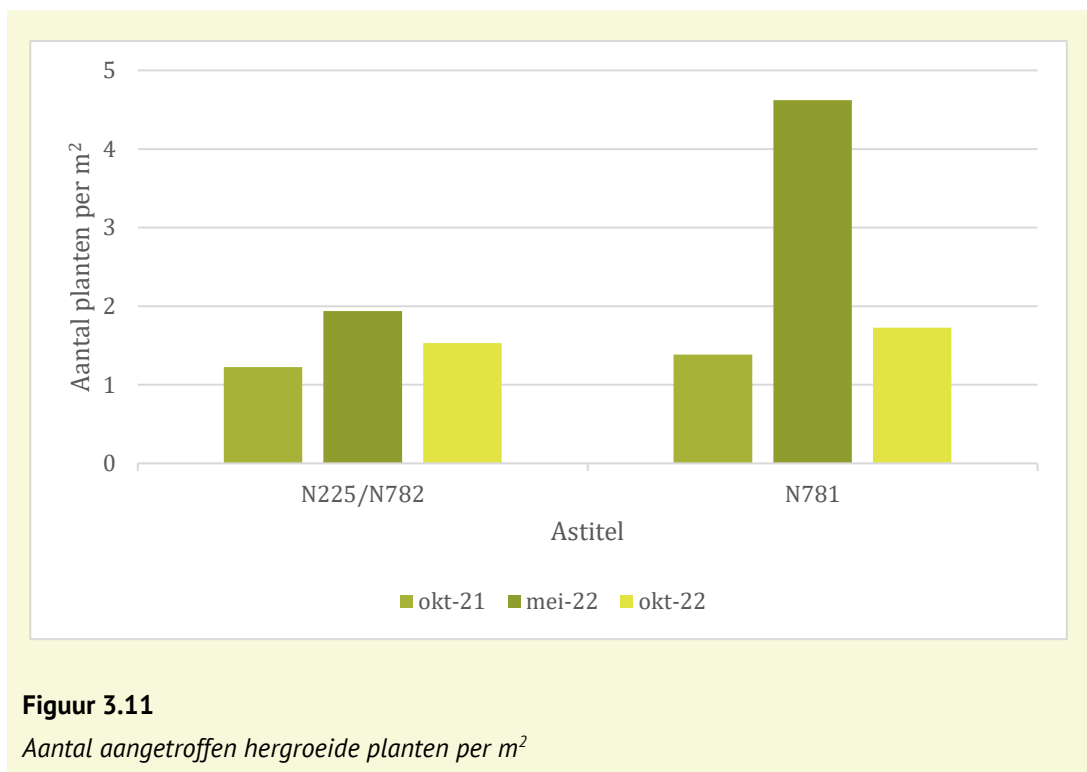
Figuur 3.9

Hergroei rond de beuk en tussen/naast de vangrail (mei 2022).



Figuur 3.10

Op 2 locaties is tijdens alle drie monitoringsmomenten geen hergroei aangetroffen. Op 3 andere locaties werd tijdens de laatste monitoring (oktober 2022) geen hergroei meer gevonden.



Figuur 3.11

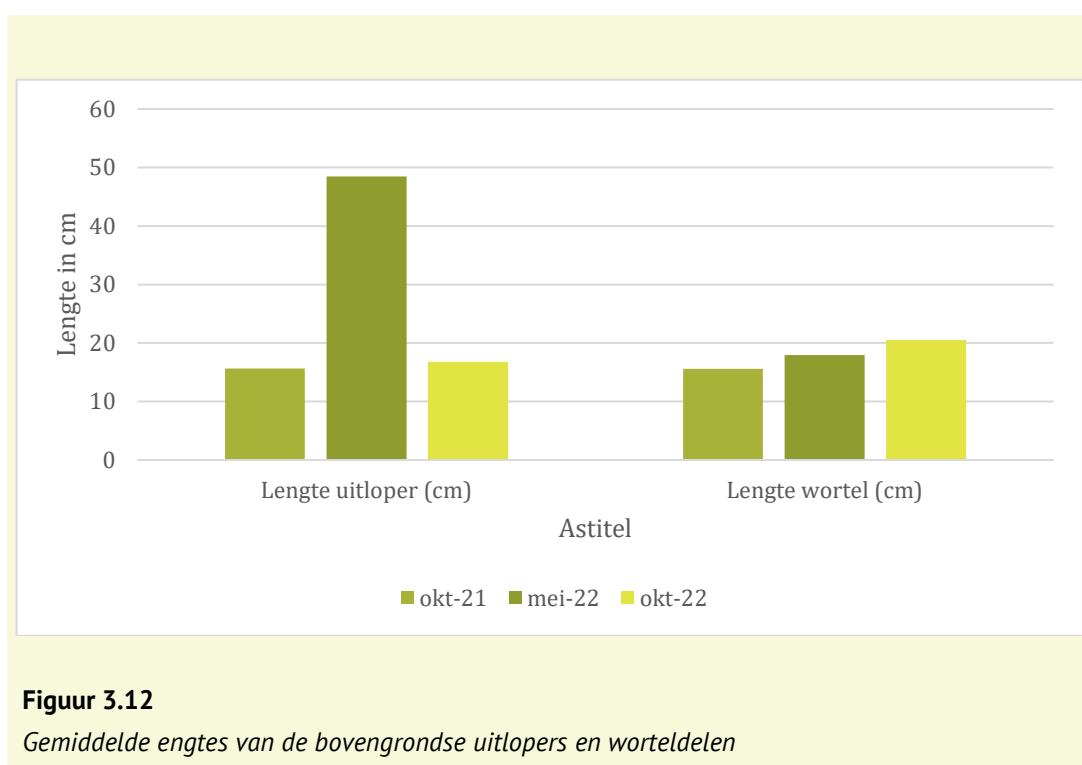
Aantal aangetroffen hergroeide planten per m²

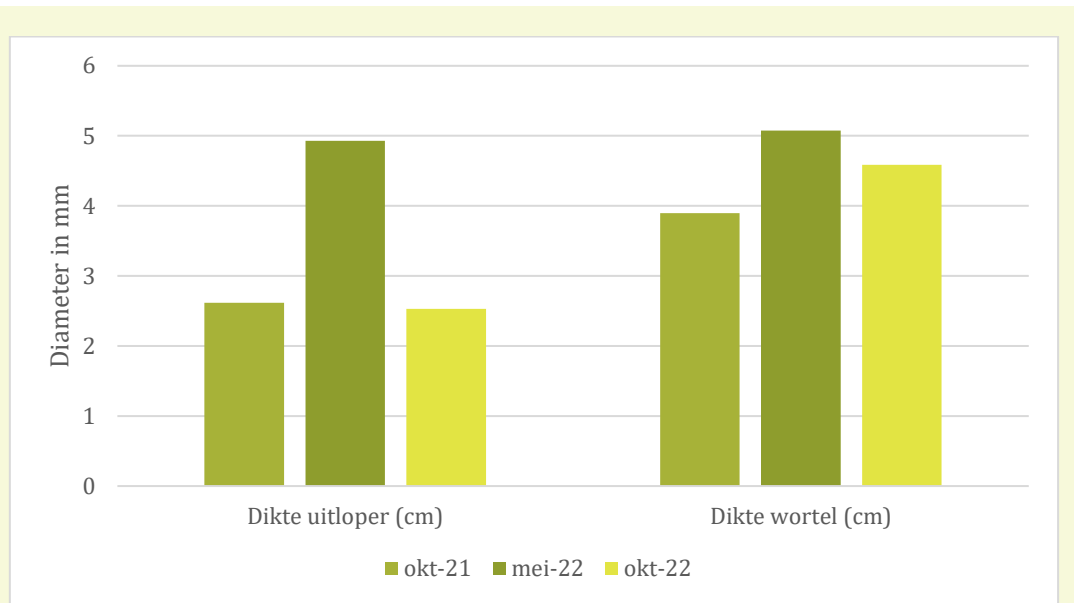
Alleen de hergroei in de berm van de N781 is uitgegraven en opgemeten. Op de ene locatie bij de hoek N225/N782 is namelijk geen hergroei aangetroffen tijdens de drie monitoringsmomenten. Op de andere locatie daar groeide de duizendknoop tussen de wortels van de beuk, waardoor uitgraven niet mogelijk was.

De uitlopers die in oktober 2021 zijn aangetroffen, hadden een gemiddelde lengte van 15,6 cm en een gemiddelde dikte van 2,6 mm. De wortels waren gemiddeld ook 15,6 cm lang en 3,9 mm dik. De biomassa van de uitlopers bedroeg gemiddeld 0,6 gram per m², die van de wortels gemiddeld 1,0 gram per m² (zie figuren 3.12, 3.13 en 3.14).

De in mei 2022 aangetroffen uitlopers hadden een gemiddelde lengte van 48,5 cm en een gemiddelde dikte van 4,9 mm. De worteldelen waren gemiddeld 17,9 cm lang en 5,1 mm dik. De biomassa van de uitlopers bedroeg gemiddeld 9,8 gram per m², die van de wortels gemiddeld 3,9 gram per m² (zie figuren 3.12, 3.13 en 3.14).

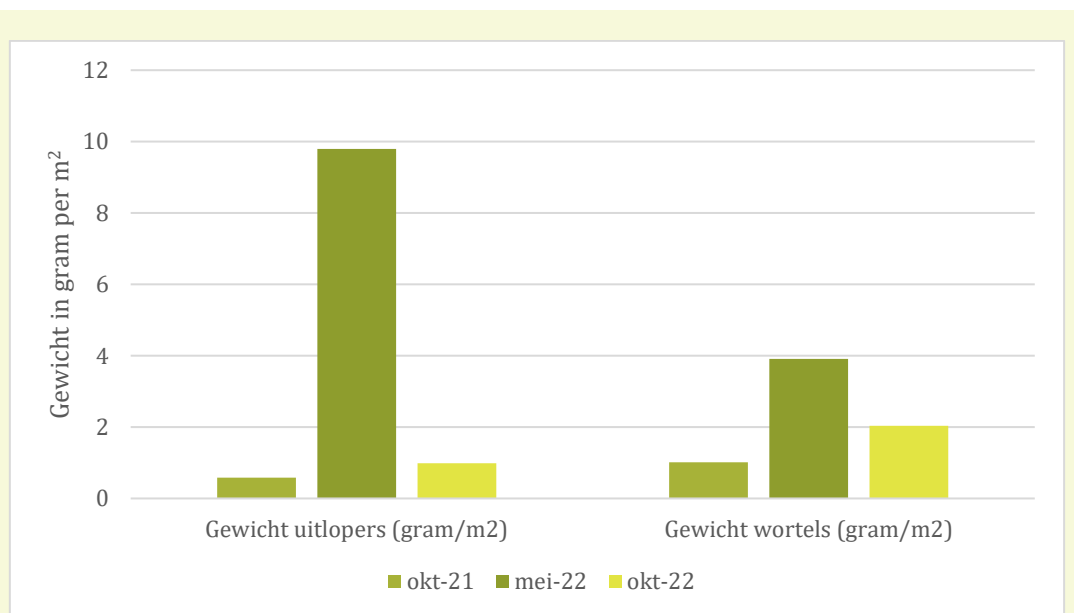
Tijdens de laatste monitoring in oktober 2022 hadden de aangetroffen uitlopers een gemiddelde lengte van 16,8 cm en een gemiddelde dikte van 2,5 mm. De worteldelen waren gemiddeld 20,5 cm lang en 4,6 mm dik. De biomassa van de uitlopers bedroeg gemiddeld 1,0 gram per m², die van de wortels gemiddeld 2,0 gram per m² (zie figuren 3.12, 3.13 en 3.14).





Figuur 3.13

Gemiddelde diameters van de bovengrondse uitlopers en worteldelen



Figuur 3.14

Gemiddelde biomassa van de bovengrondse uitlopers en worteldelen

4 Duurzaamheid

Om de duurzaamheid van methode van duizendknoopharden te bepalen van deze praktijktest, is middels kengetallen en benodigde uren de CO₂-uitstoot berekend. Daarnaast is de uitstoot voor twee alternatieve scenario's berekend. Belangrijk hierbij op te merken is dat het geen LCA (levenscyclus analyse) betreft, er is alleen met het brandstofverbruik van het materieel gerekend, de levenscycli van het gebruikte materieel is niet in de berekeningen meegenomen.

4.1 Duurzaamheid ontgraven/wegzuigen, verhitten van de grond en terugstorten

Voor de praktijkproef is verschillend materieel gebruikt. In tabel 4.1 wordt een overzicht hiervan gegeven inclusief kengetallen.

Tabel 4.1

Gebruikt materieel en kengetallen voor verwijderen van de duizendknoopharden d.m.v. ontgraven/wegzuigen, verhitten van de grond en terugstorten van de grond

Materieel	Vermogen (kW)	Capaciteit (m ³ /uur)	Brandstofverbruik (l/uur)	Gebruiksuren
Graafmachine	51,1	20	6	13,2
Grondzuiger	50	5	10	8,3
Trekker met container	136	20	12	9,1
Kraantje met zeefbak	29,8	20	6	54
Mobiele verhitter		7	50	54

Van elk stuk materieel gebruikt in de pilot is bekend hoeveel uur het in totaal is gebruikt en het diesilverbruik per uur. Het totale diesilverbruik is hiermee berekend door het verbruik van de graafmachine, de grondzuiger, de trekker met container en het kraantje met zeefbak bij elkaar op te tellen en te vermenigvuldigen met het aantal gebruiksuren.

Deze totale hoeveelheid diesel is daarna omgerekend naar de totale uitstoot in kg CO₂ door de hoeveelheid diesel te vermenigvuldigen met de uitstoot per liter. Bij de uitstoot van de brandstof wordt de uitstoot van de verbrandingsinstallatie opgeteld tot een totale uitstoot.

De totale uitstoot van de pilot was 9690 kg CO₂.

4.2 Duurzaamheid alternatieve scenario 1: ontgraven, afvoeren naar verbrandingsinstallatie en aanvoeren schone grond

Het eerste alternatieve scenario bestaat uit het ontgraven/wegzuigen van de duizendknoopharden, wegbrengen van de grond naar een verbrandingsinstallatie (75 min rijden), verbranden van de grond en aanvoeren van schone grond. In tabel 4.2 wordt een overzicht van het benodigde materieel gegeven inclusief kengetallen

Tabel 4.2

Benodigd materieel en kengetallen voor verwijderen van de duizendknoopharden d.m.v. ontgaven/wegzuigen, afvoeren naar verbrandingsinstallatie en aanvoeren schone grond.

Materieel	Vermogen (kW)	Capaciteit (m ³ /uur)	Brandstofverbruik (l/uur)	Gebruiksuren	Uitstoot kg CO ₂ /ton grond
Graafmachine	51,1	20	6	13,2	
Grondzuiger	50	5	10	8,3	
Vrachtwagen (24 m ³)			23	70	
Verbrandingsinstallatie					11,1

Voor het berekenen van de uitstoot (kg CO₂) per m³ voor elke locatie, en het totaal, zijn de volgende getallen nodig: de totale brandstofuitstoot (kg CO₂) en de uitstoot van de verbrandingsinstallatie (kg CO₂).

De totale brandstofuitstoot is berekend door het verbruik van de vrachtwagen (transport), het verbruik van de graafmachine, het verbruik van de grondzuiger en bij elkaar op te tellen en te vermenigvuldigen met de uitstoot van diesel per liter.

Het verbruik van de vrachtwagen is berekend door het verbruik van diesel in liter per uur te vermenigvuldigen met de totale gebruiksuren van de vrachtwagen. De totale gebruiksuren van de vrachtwagen is weer berekend door het aantal uur dat een vrachtwagen onderweg is (heen en terug) te vermenigvuldigen met het aantal keren dat grond met duizendknoopresten moet worden afgevoerd en schone grond moet worden aangevoerd (aantal keer heen en weer). Het aantal keren heen en weer is afhankelijk van hoeveel grond er per keer in de vrachtwagen past (hierbij is uitgegaan van 24 m³).

Het verbruik van de graafmachine en de grondzuiger zijn al berekend voor de praktijktest zelf (zie paragraaf 4.1).

De uitstoot van de verbrandingsinstallatie is berekend door de uitstoot (kg CO₂) per ton afval te vermenigvuldigen met de droge biomassa uitgegraven grond, in tonnen. De droge biomassa is dan weer berekend door de droge biomassa (kg) per m² te vermenigvuldigen met het oppervlakte (m²) uitgegraven grond en vervolgens om te rekenen naar ton.

De uitstoot van dit alternatieve scenario is 6328 kg CO₂

4.3 Duurzaamheid alternatieve scenario 2: Tien jaar lang 2 maal per jaar maaien met maaizuigcombinatie en afvoeren maaisel

Het tweede alternatieve scenario bestaat uit voortzetting van het huidige beheer waarbij de duizendknoopharden tweemaal per jaar apart worden gemaaid met een maaizuigcombinatie waarna het maaisel wordt afgevoerd naar een erkende verwerker. Voor dit scenario is gerekend met voortzetting van dit beheer gedurende 10 jaar. In tabel 4.3 wordt een overzicht van het benodigde materieel gegeven inclusief kengetallen.

Tabel 4.3

Benodigd materieel en kengetallen voor tien jaar lang 2 maal per jaar maaien met maaizuigcombinatie en afvoeren maaisel

Materieel	Brandstofverbruik (l/uur)	Gebruiksuren	Uitstoot kg CO ₂ /ton maaisel
Maaizuigcombinatie	25	1	
Vrachtwagen (24 m ³)	23	126	
Compostereren			12,5

Voor het berekenen van de uitstoot (kg CO₂) per m³ na 10 jaar tweemaal per jaar maaien voor elke locatie en in totaal zijn de volgende getallen nodig: de uitstoot van vrachtwagen (transport) (kg CO₂), de uitstoot van de maaizuigcombinatie (kg CO₂) en de uitstoot van de composteerder (kg CO₂).

Voor de uitstoot van de vrachtwagen is wederom het verbruik van de vrachtwagen vermenigvuldigd met de uitstoot van diesel per liter. Voor het verbruik van de vrachtwagen zijn wederom de totale gebruiksuren, bestaande uit het aantal uur onderweg en aantal keren heen om maaisel af te voeren, met het verbruik van diesel in liter per uur vermenigvuldigd. Het aantal keren heen is hier afhankelijk van het volume maaisel dat per keer in de vrachtwagen gaat. Voor het berekenen van volume van het maaisel is gebruik gemaakt het gemiddelde volume bovengrondse plantendelen dat per m² is verwijderd tijdens eerdere bestrijdingsproeven (van Dijk *et al.* 2019, Penninkhof & Boosten, 2019). De inhoud van de vrachtwagen is bepaald op 24 m³.

Voor de uitstoot van de maaizuigcombinatie is eerst de uitstoot per ha berekend, door hier ook het verbruik te vermenigvuldigen de uitstoot van diesel per liter. Het verbruik is hier berekend door het verbruik van diesel in liter per uur te vermenigvuldigen met de gebruiksuren per ha. De uitstoot per ha is vervolgens eerst omgerekend naar uitstoot per m² en daarna vermenigvuldigd met de oppervlakte van de verschillende harden.

Voor de uitstoot van de composteerder is de uitstoot per ton maaisel vermenigvuldigd met de bovengrondse biomassa in ton, omgerekend van de bovengrondse biomassa in kg per m² vermenigvuldigd met de oppervlakte van de harden.

De uitstoot van dit alternatieve scenario is 4632 kg CO₂

5 Conclusies

Op basis van deze praktijktest kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het wegzuigen van grond met duizendknoopwortels op droge zandgrond is goed mogelijk, met name één tot enkele planten kunnen efficiënt en nauwkeurig worden verwijderd.
- Voor haarden van enkele vierkante meters is de inzet van een graafmachine efficiënter. Dit combineren met handmatig de randen afsteken is nodig om goed te kunnen zien of alle wortels verwijderd zijn.
- Door vooronderzoek te doen naar de wijze waarop de duizendknoopharden zijn ontstaan (grondwerk dan wel maaibeheer) en de mogelijke worteldiepte kan een betere inschatting gemaakt worden van de benodigde tijd om de haarden te verwijderen.
- Het inrichten van een verzamellocatie waar de ontgraven grond naartoe wordt gebracht voor het zeven en verhitten draagt bij aan efficiënt werken omdat hier tijdens de spits doorgewerkt kan worden.
- In de test is in ongeveer 6 dagen tijd 223 m² grond behandeld.
- De kosten voor het verwijderen van duizendknoop, het verhitten van de grond en terugstorten in deze praktijktest bedroegen totaal € 46.045. Dit staat gelijk aan ongeveer € 205,- per m².
- Tijdens de monitoring werd op een aantal locaties hergroei aangetroffen. Het merendeel van de planten, 75 à 85%, werd aangetroffen rond de boom waar tijdens de werkzaamheden al was gebleken dat de duizendknoopwortels dusdanig door het wortelstelsel van de beuk waren gegroeid, dat goede verwijdering ook met de grondzuiger niet mogelijk was.
- Op de meetmomenten in oktober waren de stengels van de aangetroffen hergroei dunner en korter dan tijdens het meetmoment in mei.
- Op 5 van de 8 locaties is in oktober 2022 geen hergroei meer aangetroffen. Op 2 van deze 5 locaties is tijdens alle drie monitoringsmomenten geen hergroei aangetroffen.
- Nazorg is minimaal 2 maal per jaar gedurende minimaal 2 jaar na uitvoering van de bestrijding nodig. Nadat er gedurende drie aaneengesloten jaren geen jonge scheuten omhoog komen in het groeiseizoen (mei t/m september) kan de groeilocatie als 'duizendknoopvrij' worden aangemerkt.
- De uitstoot van de pilot was 9690 kg CO₂. Wanneer de duizendknoopharden waren ontgraven, de grond was afgevoerd naar een verbrandingsinstallatie en schone grond was aangevoerd, had dit tot zo'n 6328 kg CO₂-uitstoot geleid. Wanneer er tien jaar lang tweemaal per jaar gemaaid zou zijn met maaizuigcombinatie en het maaisel afgevoerd zou worden, zou er zo'n 4632 kg CO₂ uitgestoten zijn. Belangrijk hierbij op te merken is dat het geen LCA (levenscyclus analyse) betreft, er is alleen met het brandstofverbruik van het materieel gerekend, de levenscycli van het gebruikte materieel is niet in de berekeningen meegenomen.

6 Bronnen

Aguilera, A. G., P. Alpert, J.S. Dukes & R. Harrington. 2010. Impacts of the invasive plant *Fallopia japonica* (Houtt.) on plant communities and ecosystem processes. *Biological invasions*, 12(5), 1243-1252.

BUKO Transport. (Z.D.). *Ons wagenpark*. Transport BUKO. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://transport.buko.nl/wagenpark/>

CE Delft, 2020. *STREAM Goederenvervoer 2020*. Zie het 'vraag en antwoordenformulier t.b.v. co2emissiefactoren.nl' voor brongegevens brandstoffen.

De Jong, J.J., van Raffe J.K. 2018. *Normenboek Gemeentelijk Groen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research.

Dijk, C.J. van, M. Boosten, W. de Visser, J. Kremers, & K. Flier. 2019. *Onderzoek naar de effectiviteit van verhitten van grond met Aziatische duizendknoop*. Wageningen, Wageningen UR

Everaars, C. 2018. *Ketenanalyse maaien*. Dé CO2 Adviseurs.

Firm of the Future, 2019. *LCA: Maaien - Bermen (2019)*. Provincie Gelderland.

Jones, D., Bruce, G., Fowler, M. S., Law-Cooper, R., Graham, I., Abel, A. & Eastwood, D. 2018. *Optimising physiochemical control of invasive Japanese knotweed*. *Biological Invasions*, 20(8), 2091-2105.

Larsen, T. 2013. *Biology, ecological impacts, and management of Japanese knotweed (Polygonum cuspidatum syn. Fallopia japonica)* in Nova Scotia.

Oldenburger, J., J. Penninkhof, C. de Groot, F. Voncken. 2017. *Praktijkproef bestrijding duizendknoop. Resultaten en kostenefficiëntie van zeven bestrijdingsmethoden voor duizendknoop en varianten daarop*. Wageningen, Stichting Probos.

Penninkhof, J., M. Boosten. 2019. *Praktijktest verwijderen duizendknoop met grondzuiger, Eindrapportage - geactualiseerd najaar 2019*. Wageningen, Stichting Probos

Renewi group. 2021. *Let's create a more circular, greener world*. Renewi plc