

Project  
Betreft  
Rapport  
Datum

SBIR oproep minder geluid langs de provinciale weg  
Haalbaarheidsonderzoek – fase 2  
M.2016.0425.10.R001  
11 oktober 2016



## Inhoud

1. Managementsamenvatting .....	3
1.1 Impact.....	3
1.2 Technologische haalbaarheid .....	3
1.3 Economisch perspectief.....	3
2. Resultaten van het haalbaarheidsonderzoek .....	4
2.1 Uitvoering van het project.....	4
2.2 Inhoudelijke bevindingen .....	4
2.2.1 Bijdrage aan het maatschappelijk vraagstuk .....	4
2.2.2 Technische haalbaarheid .....	5
2.2.3 Economische haalbaarheid .....	13
2.3. Financiën .....	14
3. Voorstel voor fase 2 .....	16
3.1 Het resultaat van het project .....	16
3.2 Innovatie paragraaf.....	17
3.3 Plan van aanpak .....	19
3.3.1 Fase 2: definitief prototype.....	19
3.3.2 Fase 3: grootschalige praktijkproef.....	19

# 1. Managementsamenvatting

## 1.1 Impact

Voor de impact van dit concept is het van belang dat het onderzoek niet alleen bijdraagt aan een wetenschappelijke grondslag. Voor het laten slagen van deze innovatie is het, naast het bijdragen aan wetenschappelijk onderzoek, ook noodzakelijk om hierover veelvuldig te publiceren en dat de resultaten van het onderzoek worden opgenomen in de nationale Reken- en meetvoorschriften en diverse softwarepakketten. Daarbij moeten we definitieve ontwerpeisen opleveren over de verschillen tussen de zomer- en wintersituatie en de leeftijd van de soorten. De praktijkopstelling zal hier dan ook op ingericht worden.

## 1.2 Technologische haalbaarheid

In Europees verband wordt door diverse onderzoeksinstituten en universiteiten onderzoek gedaan naar het akoestische effect van heggen. Hierbij worden zogenaamde deskstudies gedaan, maar ook enkele veldproeven. Al deze onderzoeken tonen hetzelfde reducerende effect als onze eerste indicatieve berekeningen. Echter is onbekend welke soorten vegetatie welk effect op de geluidreductie heeft.

Voor de offerte en selectie van fase 1 hebben wij al een eerste indicatieve berekening van ons concept gepresenteerd. Op basis van dit vooronderzoek en de beschikbare literatuur is aangetoond dat het concept potentie heeft. Om aanvullend meer inzicht te krijgen in het concept en de soorten hebben wij op acht locaties aanvullende indicatieve metingen gedaan. Doel van deze metingen is een eerste grove analyse en toetsing van onze theorie. Op 23 augustus 2016 hebben wij de metingen uitgevoerd. In dit hoofdstuk bedrijven wij de uitkomst van het haalbaarheidsonderzoek en de metingen.

Op basis van de literatuurstudie kan geconcludeerd worden dat afscherming ten gevolge van haagstructuren, in combinatie met een bodemgebied, een reductie tot ongeveer 5 dB(A) kan realiseren. De demping in het frequentiegebied tot 1 kHz komt door de bodemlaag. Tot 1 kHz zal een haagstructuur niet veel reductie geven. In het frequentiegebied 1 tot 2 kHz vindt er nauwelijks demping plaats. Vanaf 2 kHz komt de demping tot stand door de gekozen haag.

De metingen bevestigen het effect van hagen. We concluderen dat middels de haagstructuren een afschermende werking wordt bereikt van 1 á 2 dB(A) zoals beoogd met de uitvraag.

## 1.3 Economisch perspectief

Zoals benoemd in onze offerte en selectie van fase 1, is het doel van ons onderzoek het concept van een haagstructuur als geluidsscherm als innovatie te laten slagen. We willen als bedrijven meewerken aan innovaties waarmee de opdrachtgever en de markt verder kunnen. Wij zien kansen om het concept nog verder te verbeteren en daardoor ook als businesscase nog interessanter te maken. Zoals benoemd in paragraaf 2.2.3 zijn wij al door diverse partijen benaderd aan de hand van de basis van ons onderzoek, geluidreductie door toepassing van groenstructuren, een concreet product te ontwikkelen. Hierbij richten we ons vooral op een modulair systeem.

## 2. Resultaten van het haalbaarheidsonderzoek

### 2.1 Uitvoering van het project

Voor de offerte en selectie van fase 1 hebben wij al een eerste indicatieve berekening van ons concept gepresenteerd. Op basis van dit vooronderzoek en de beschikbare literatuur is aangetoond dat het concept potentie heeft. Om aanvullend meer inzicht te krijgen in het concept en de soorten hebben wij op acht locaties aanvullende indicatieve metingen gedaan. Doel van deze metingen is een eerste grove analyse en toetsing van onze theorie. Op 23 augustus 2016 hebben wij de metingen uitgevoerd. In dit hoofdstuk bedrijven wij de uitkomst van het haalbaarheidsonderzoek en de metingen.

### 2.2 Inhoudelijke bevindingen

Goed beschouwend zijn geluidsschermen ongewilde objecten in een landschap. Berlijnse muren worden het soms genoemd. Natuurlijk, functioneel is een geluidsscherm wel. Een scherm zal geluidsniveaus in de omgeving van een verkeersweg verminderen waardoor hinder door verkeerslawaai tegen wordt gegaan. Door de rechtstreekse voortplanting van geluid te onderbreken zal het geluid worden omgebogen waardoor er diffractie zal plaatsvinden. Dit heeft vervolgens een lager geluidsniveau tot gevolg. Beplante geluidsschermen zijn al een stuk vriendelijker in het landschap. Vele geluidsmuren en geluidsschermen worden dan ook bekleed met een beplanting. Een volgende stap is om te onderzoeken of alleen beplanting eenzelfde effect kan bewerkstelligen.

#### 2.2.1 Bijdrage aan het maatschappelijk vraagstuk

Met onze zintuigen leggen wij als mens contact met onze omgeving. Als wij naar onze evolutie kijken hebben wij zo'n 95% van onze bestaansgeschiedenis doorgebracht in een natuurlijke omgeving. Onze zintuigen zijn hier nog steeds op ingesteld en wij ervaren "bekende" natuurgeluiden als fluitende vogels, stromende beekjes en ruisende bomen als harmonisch. Pas sinds de negentiende eeuw leven we massaal in moderne steden en lawaaierige landschappen vol motorische en mechanische geluiden. Onze oren en hersenen zijn hier (nog) niet op afgestemd en wij ervaren deze geluiden als disharmonisch.

Toepassing van beplanting in onze moderne omgeving kan dus direct en indirect zorgen voor het ervaren van minder geluidhinder.

#### **Beleving**

De mens beleeft haar omgeving met al haar zintuigen (zien, horen, ruiken, proeven en voelen). De ene mens is meer gevoelig voor geluid, de ander reageert sterk op geur en weer een ander is vooral visueel ingesteld. Een onprettige(re) beleving met een zintuig kan een positieve totaalbeleving van de omgeving verminderen. Een prettige(re) beleving met een zintuig kan een positieve totaalbeleving van de omgeving versterken.

Er is gemiddeld zo'n 400 miljard bits/sec aan prikkels om ons heen waarvan wij zo'n 11 miljoen bits/sec met onze zintuigen verwerken en maar 50 bits/seconde met ons bewustzijn. Vooral veranderingen in zintuigelijke prikkels in onze omgeving merken we bewust. Beleving van geluid in onze omgeving is bewust maar ook een groot deel onbewust. Aanhoudend geluid kan na verloop van tijd tot gewenning kan leiden. Dit wil echter niet zeggen dat er dan geen invloed is op onze gezondheid en welzijn.

#### **Horen**

Geluidsniveau wordt gemeten met een geluidsmeter en veelal uitgedrukt in decibel dB(A). Het menselijk oor is echter veel gevoeliger dan een geluidmeter. De door de mens waargenomen luidheid van een bron wordt bijvoorbeeld ook bepaald door het feit of er nog andere geluiden aanwezig zijn. Mensen vinden natuurgeluiden meestal aangenaam en motorische geluiden vaak minder aangenaam

(van den Berg<sup>1</sup>). Ruisende beplanting als riet, populieren of bamboe produceren een door ons als prettig ervaren geluid. Ook kan beplanting zangvogels aantrekken. Het overige lawaai is nog steeds aanwezig maar wordt door deze natuurlijke geluiden gemaskeerd en is daardoor minder opvallend. Bij het door ons ervaren van geluid-als-lawaai spelen verder ook duur en tijdstip op de dag een rol.

### Zien

Het merendeel van de informatie om ons heen nemen wij visueel tot ons. Uit divers onderzoek blijkt dat uitzicht op beplanting visueel prettiger is waarbij ons stressniveau zakt en wij ons veiliger voelen. Bij wegverkeer blijkt dat het geluid ervan minder hinderlijk is als de bron niet zichtbaar is (Li, Chau en Tang<sup>2</sup>). Lawaai trekt door aanwezigheid van beplanting minder de aandacht. De impressie van de omgeving kan daarom afwijkend zijn van de werkelijkheid.

### Bijkomende resultaten

Voor het uitvoeren van de praktijktest kan ook naar een tweede positief effect gekeken worden. Wat zijn de mogelijke effecten van een (groen)scherf op de luchtkwaliteit? Hierbij wordt met name gedacht aan de effecten op ultrafijn stof en NO<sub>x</sub>. Om te komen tot dit soort aanvullende positieve effecten dient gezocht te worden naar een inheemse beplanting.

Het plaatsen van beplanting langs N-wegen zorgt voor een versterking van de ecologische waarden. De beplanting kan fauna bescherming bieden. In versteende gebieden zijn soorten als de huismus gebaat bij inheemse beplanting. In het landelijk gebied zijn soorten als wezel en hermelijn sterk gebaat bij beplantingsstructuren langs N-wegen.

### Conclusie

Aandacht voor beleving van beplanting kan ingezet worden om de hinderervaring van geluid te verminderen. Hierbij moet rekening worden gehouden met de akoestische effecten van het type beplanting in relatie tot demping, seizoen, bodem, water en windrichting. Toepassing van beplanting voor het ervaren van geluidsreductie dient daarom altijd ter plekke en in de hele context te worden bezien.

## 2.2.2 Technische haalbaarheid

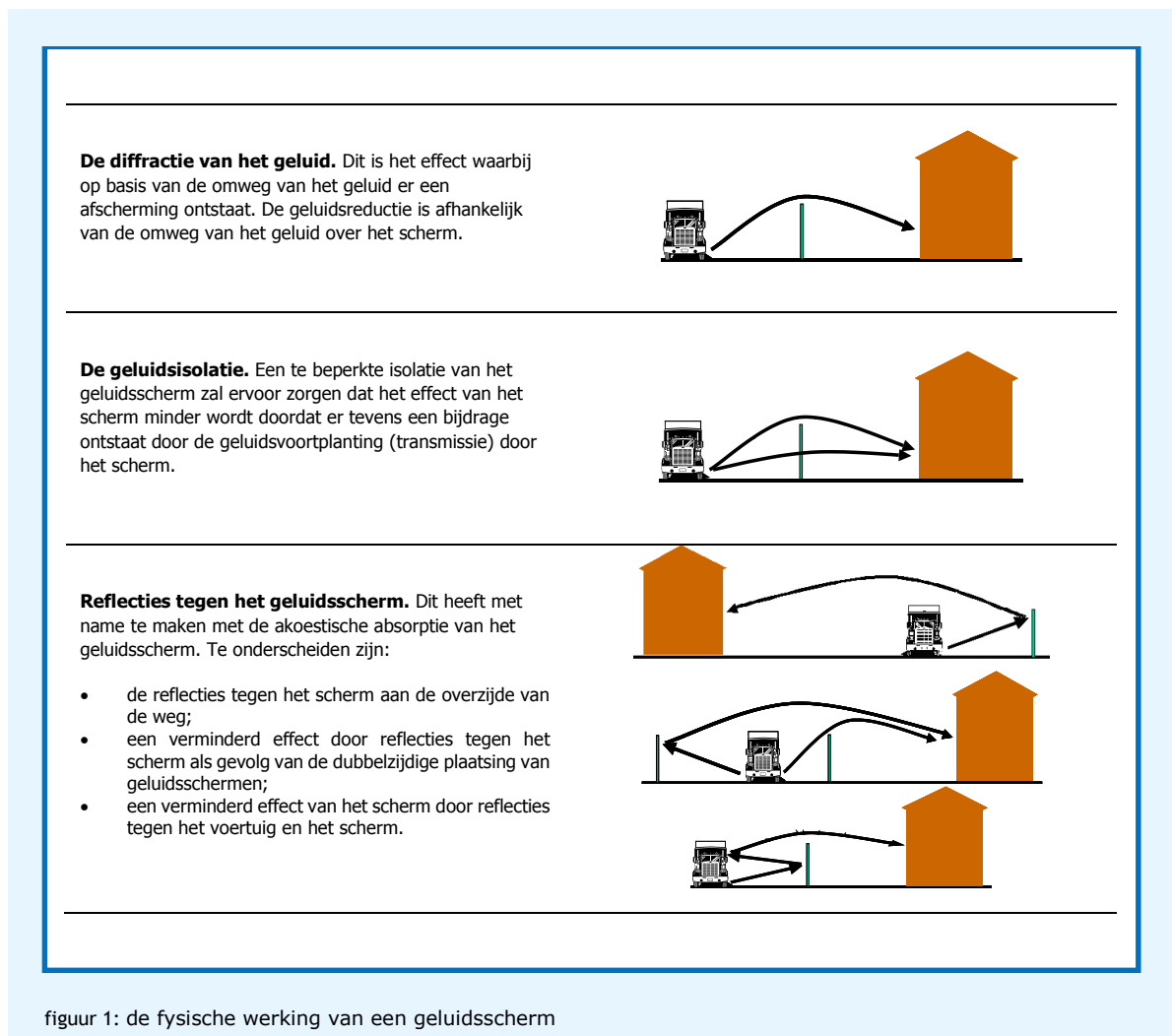
### 2.2.2.1 Het principe

Het geluidreducerende effect van een geluidsscherf berust op het gegeven dat geluid een omweg moet maken langs en over het scherm. De grootte van de omweg bepaalt de geluidreductie. Algemeen geldt een hoger scherm is effectiever in de geluidsreductie. Naarmate het scherm verder van de bron wordt geplaatst zal het scherm minder effectief zijn. Ervan uitgaande dat er vrijwel geen doorstraling is van geluid door het geluidsscherf zelf. Belangrijk is dus een optimale geluidsisolatie van het scherm. De aspecten die bij de fysische werking van een geluidsscherf een rol spelen zijn kort in het onderstaande figuur weergegeven.

---

<sup>1</sup> -F. van den Berg (2004): Kwaliteit van Omgevingsgeluid, Lawaai beheersing Handboek voor Milieubeheer; of Positieve Effecten van Geluid, in: Geluid en Omgeving, Staatsuitgeverij, 2012

<sup>2</sup> -H.N. Li, C.K. Chau, S.K. Tang (2010): Can surrounding greenery reduce noise annoyance at home? Science of the Total Environment 408, 4376–4384



De afschermende werking van beplante schermen hangt af van de juiste plaatsing en vorm. De omweg van het geluid kan met een standaardmethode berekend worden, zoals beschreven in de nationale Reken- en meetvoorschriften. Softwarepakketten als GeoMilieu zijn hierop gebaseerd.

In de voorschriften is ook vastgelegd dat de geluidsisolatie aan bepaalde minimale voorwaarden moet voldoen, om de transmissie door het scherm te verwaarlozen ten opzichte van de akoestische energie die over het scherm gaat. Aangezien juist bij een beplant geluidsscherm er een grote bijdrage is van de geluidstransmissie door het scherm (door een te beperkte geluidsisolatie), moet hiervoor speciaal bekeken worden wat het effect van de doorstraling is op de totale werking van het geluidsscherm.

Ten aanzien van de mogelijke reflecties tegen het beplante geluidsscherm, is het van belang dat de akoestische absorptie van het scherm hoog is. Inkomende geluidsenergie zal dan niet worden teruggekaatst, maar worden geabsorbeerd in het scherm.

### 2.2.2.2 Literatuurstudie

In Europees verband is door diverse onderzoeksinstituten en universiteiten onderzoek gedaan naar het akoestische effect van hagen. Voor de haalbaarheidsstudie zijn de bestaande literatuurstudies doorgenomen. In dit hoofdstuk presteren wij de uitkomsten hiervan. Voor deze samenvatting is gebruik gemaakt van de volgende artikelen en publicaties:

- Measured light vehicle noise reduction by hedges – Van Renterghem, Applied Acoustics 78 (2014) [1],
- A vegetation screen as a sound barrier along roads in the province of Noord-Holland – Wageningen UR 3-7-2012, Team 1017 [2],
- Environmental methods for transport noise reduction – CRC Press by M.E. Nilsson [3],
- Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors – Van Renterghem, Applied Acoustics 92 (2015) [4],
- Geluid en Groen – Maurice Martens (1980) [5],
- Road traffic noise attenuation by belts of trees – Journal of Sound and Vibration 74 (1981) [6].

Uit de verschillende literatuurstudies blijkt dat er vooral in het Verenigd Koninkrijk (VK) onderzoek is gedaan naar de afschermdende werking van beplante schermen. Naast het VK zijn er onderzoeken uitgevoerd in Denemarken, Duitsland, Frankrijk en Nederland. Alle onderzoeken zijn uitgevoerd met de ontvanger hoogte op minimaal 1,5 meter hoogte.

In de literatuur onderzoeken van na 2014 wordt structureel verwezen naar het onderzoek van *Van Renterghem uit Applied Acoustics 78 [1]*. In het onderzoek van Van Renterghem is gekeken naar hagen variërend tussen de 1,6 en 4,0 meter hoogte met een dikte van 1,6 tot 2,5 meter. Uit het onderzoek blijkt dat een heg een demping heeft tussen de 1.2 en 3.6 dB(A) waarbij de dikte van de heg geen invloed heeft op de reductie. Indien er spectraal naar de demping wordt gekeken dan blijkt dat de demping tussen de 250 en 1000 Hz is als gevolg van bodemdemping. Het wel of niet aanwezig zijn van een heg maakt geen verschil. Voor het frequentiegebied boven de 1 kHz blijken twijgen, takken en bladeren de dempende factor te zijn. Vanaf 5 kHz kunnen reducties tot 10 dB(A) behaald worden afhankelijk van de takken- en bladerdichtheid. De onderzochte soorten hagen zijn weergegeven in onderstaande tabel.

**tabel 1: Latijnse en Nederlandse namen onderzochte hagen [1]**

Latijnse naam	Nederlandse naam
Picea sp.	Spar
Viburnum tinus	Sneeuwbal
Crataegus monogyna	Eenstijlige meidoorn
Carpinus betulus	Haagbeuk
Taxus baccata	Venijnboom
Fagus sylvatica	Beukenhaag
Prunus laurocerasus	Laurierkers

Volgens het onderzoek *Geluid en Groen – Maurice Martens (1980) [5]* is de demping in het middengebied (800 – 2000 Hz) minimaal, maar buiten dit gebied is er voldoende demping te realiseren. Een verklaring voor de minimale demping in het middengebied was ten tijde van publicatie nog niet bekend. De grenzen van het middengebied kunnen wat verschuiven ten gevolge van de status van de plant. Een seizoen vaste plant is dus gewenst.

Voor de demping onder 1 kHz wordt een dikke humuslaag geadviseerd. Een zachte bodem van kale grond of gras is mogelijk maar heeft weinig effect. Optimale grond demping wordt gerealiseerd indien de spiegelbron in de heg plaats vindt [3].

In het onderzoek uitgevoerd door Van Renterghem in 2015 [4] voor 'urban' wegen is gebruik gemaakt van hagen welke 0,64 meter dik waren en 0,96 meter hoog. Waarbij effectieve reducties optraden tot 5 dB(A) bij een ontvanger op een hoogte van 1,5 meter. In het onderzoek wordt een 'urban weg' beoogd indien het een weg is waaraan voet- of fietspaden grenzen en vervolgens huizen gesitueerd zijn. Daarnaast heeft Van Renterghem gekeken naar de reducties van hagen bij trams. Deze hagen zijn 0,4 meter dik en 1,0 meter hoog en hebben een maximale reductie van 15 dB(A). De reductie tot 15 dB komt volgens Van Renterghem door de bodemeffecten en niet door het type haag. Deze heeft bij de trams, net als bij wegen, een afschermdende werking variërend tussen de 1.1 en 3.6 dB(A). De dikte van de haag (variërend van 1.3 tot 2.5 meter) is hierbij niet relevant.

Naast de onderzoeken uitgevoerd door Van Renterghem of onderzoeken met verwijzingen naar zijn onderzoeken heeft de Universiteit Wageningen een literatuurstudie naar afschermdende effecten van



hagen langs wegen uitgevoerd. Uit dit onderzoek blijkt dat een demping tot 15 dB(A) mogelijk is [2]. Echter wordt er als kanttekening bij geplaatst dat dit waarschijnlijk een overschatting is. In onderstaande tabel zijn de dempingen per soort haag weergegeven overeenkomstig dit onderzoek. Tevens heeft de Universiteit van Wageningen geconcludeerd dat er nauwelijks demping plaats vindt in het 1 tot 2 kHz gebied.

**tabel 2: Latijnse en Nederlandse namen onderzochte hagen inclusief demping [2]**

Latijnse naam	Nederlandse naam	Reductie dB(A)
Ilex aquifolium	Gewone Hulst	4 tot 6
Viburnum odoratissimum	Sneeuwbal	15
Fargesia robusta	Bamboe	3.5 tot 4

Indien er niet alleen naar haagstructuren wordt gekeken maar ook naar bomen dan blijkt een gemiddelde demping tot 10 dB(A) mogelijk te zijn. Echter moet hier voor een bomenrij worden aangelegd met een diepte van 50 meter [3]. In het kader van dit onderzoek is dit niet realiseerbaar aangezien deze ruimte niet beschikbaar is. Derhalve beschouwen wij deze optie verder niet meer.

### Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat afscherming ten gevolge van haagstructuren, in combinatie met een bodemgebied, een reductie tot ongeveer 5 dB(A) kan realiseren. De demping in het frequentiegebied tot 1 kHz komt door de bodemlaag. Tot 1 kHz zal een haagstructuur niet veel reductie geven. In het frequentiegebied 1 tot 2 kHz vindt er nauwelijks demping plaats. Vanaf 2 kHz komt de demping tot stand door de gekozen haag. Als beplanting is volgens de literatuur de Viburnum odoratissimum (Sneeuwbal) het efficiëntst omdat een haag van deze soort de meeste demping heeft in het middengebied (1 tot 2 kHz).

Voor vegetatieschermen zijn de volgende zaken belangrijk:

- Een dikke humuslaag als bodemgebied.
- De haag sluit zo goed mogelijk aan met het bodemgebied.
- De spiegelbron ligt midden in de haag.
- De haag is groenblijvend gedurende het hele jaar.
- De haag heeft een zo groot mogelijke dichtheid van bladeren.
- De haag heeft dikke en brede bladeren.
- De haag is bestand tegen pekel.

### 2.2.2.3 Metingen

In de omgeving van Doetinchem zijn op acht locaties diverse haagstructuren onderzocht. In onderstaande tabel zijn afbeeldingen van een aantal meetopstellingen weergegeven.

**tabel 3: metingen**



figuur 2: Carpinus betulus



figuur 3: Pinus mugo





figuur 4: *Lonicera nitida* (breed)



figuur 5: *Lonicera nitida* (smal)



figuur 6: *Prunus laurocerasus* 'Otto Luyken'



figuur 7: *Acer campestre*

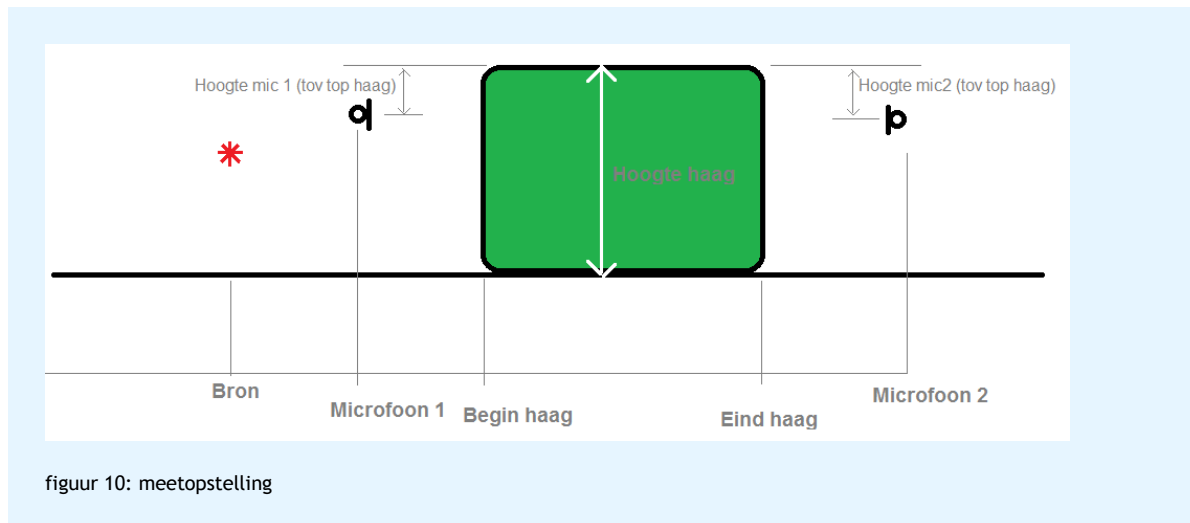


figuur 8: *Ligustrum vulgare*



figuur 9: *Taxus baccata*

Alle metingen zijn uitgevoerd conform hetzelfde principe zoals weergegeven in figuur 10. Op alle meetlocaties zijn de beide microfoons op één meter afstand van de haag geplaatst. De geluidsbron is op één meter van microfoon 1 gepositioneerd. De bron produceert een witte ruis met een bronvermogen van ongeveer 105 dB(A). De hoogte van de microfoons is op 0,3 meter onder de bovenkant van de haag gesitueerd. Het gemeten geluid bestaat dus uit het geluid wat door en over de haag heen gaat.



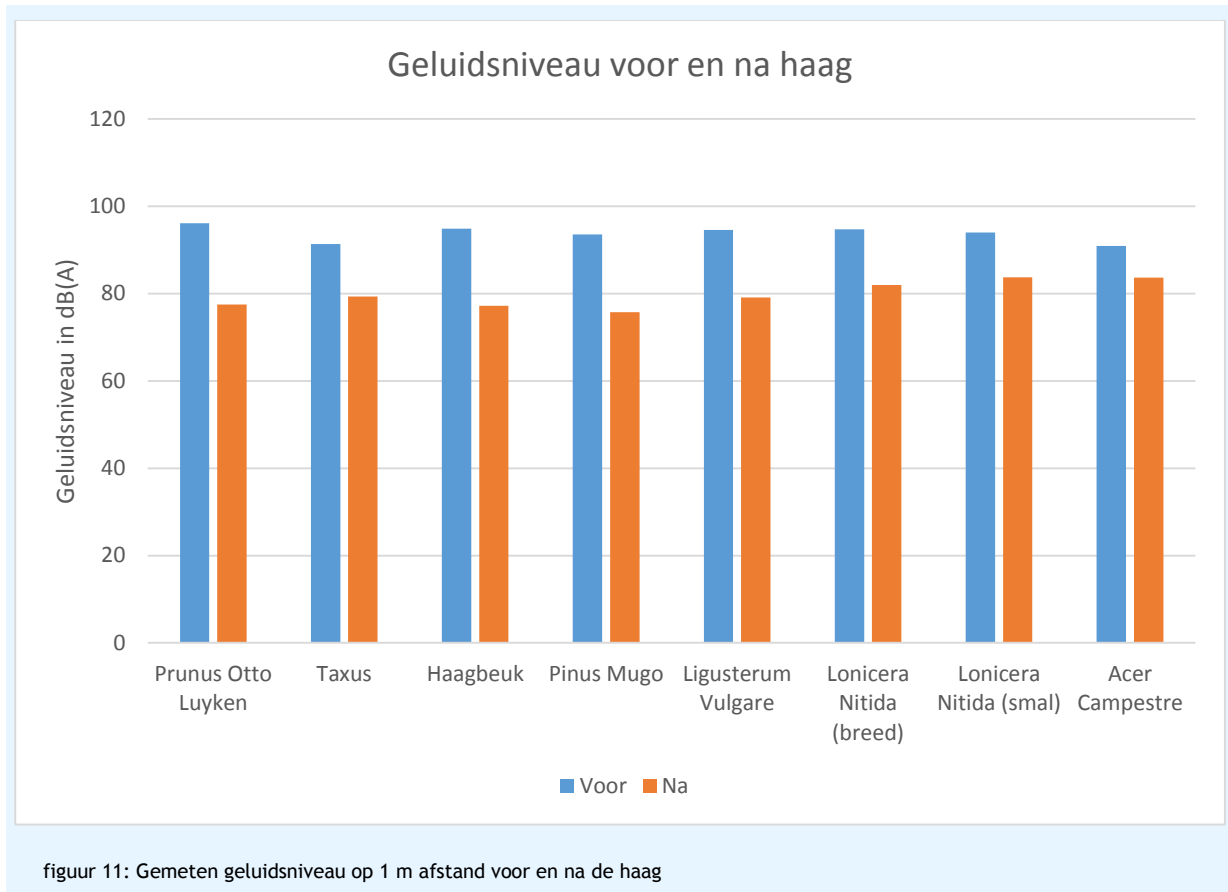
figuur 10: meetopstelling

tabel 4: onderzochte plantensoorten, dimensies, locatie en afstanden meetopstelling

Plant	Ondergrond naast haag	Hoogte haag	breedte haag	Hoogte mic 1 (tov top haag)	hoogte mic2 (tov top haag)	box - mic 1	mic1- haag	haag - mic2	mic1- mic2
Prunus laurocerasus 'Otto Luyken' - Laurierkers	2x hard	0,75	2,4	0,30	0,30	1,0	1,0	1,0	4,4
Taxus baccata - Venijnboom	1x hard 1x abs	0,70	2,2	0,30	0,30	1,0	1,0	1,0	4,2
Carpinus betulus Haagbeuk	2x hard	0,70	2,0	0,23	0,23	1,0	1,0	1,0	4,0
Pinus Mugo - Den	2x hard	0,80	2,0	0,33	0,30	1,0	1,0	1,0	4,0
Ligustrum vulgare - Liguster	2x hard	0,60	1,8	0,30	0,30	1,0	1,0	1,0	3,8
Lonicera nitida (breed)- Kamperfoelie	2x hard	0,80	1,8	0,30	0,30	1,0	1,0	1,0	3,8
Lonicera nitida (smal)- Kamperfoelie	2x hard	0,60	0,9	0,30	0,30	1,0	1,0	1,0	2,9
Acer campestre - Veldesdoorn	2x abs	1,10	0,6	0,30	0,30	1,4	1,0	1,0	2,5

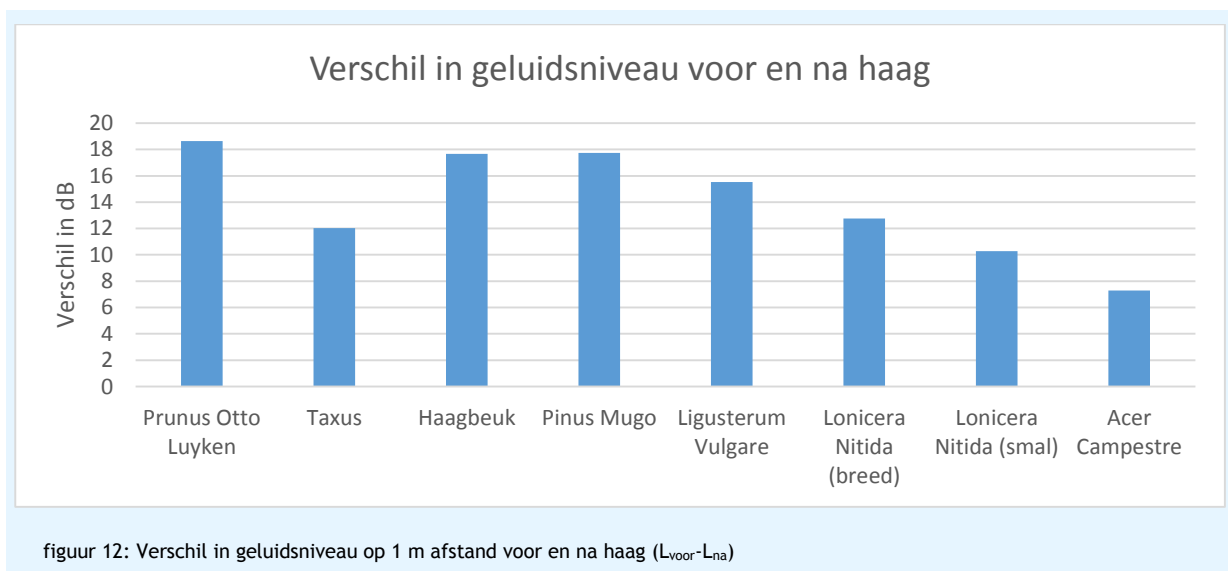
Bij nagenoeg alle meetopstellingen zijn twee metingen verricht, daarmee hebben wij in totaal zestien metingen verricht. Voor elke dubbele meting hebben wij de resultaten gemiddeld, aangezien er geen afwijkingen tussen de twee metingen zijn geconstateerd. De verschillende hagen variëren in breedte en hoogte. Om hier zo gelijk mogelijk mee om te gaan zijn de metingen op 1 meter afstand van en op 30 cm onder de top van de haag verricht.

In onderstaande figuur en in tabel 5 zijn de geluidsniveaus voor en na de haag weergegeven. De metingen zijn aflopend op breedte van de haag gesorteerd. De *Prunus laurocerasus* 'Otto Luyken' is de breedste haag, de *Acer campestre* de smalste.



figuur 11: Gemeten geluidsniveau op 1 m afstand voor en na de haag

Ter hoogte van de eerste microfoon bedraagt het geluidsniveau van de ruisbox rond de 94 dB(A). De verschillen in geluidsniveaus voor en na de haag zijn in onderstaande figuur weergegeven.

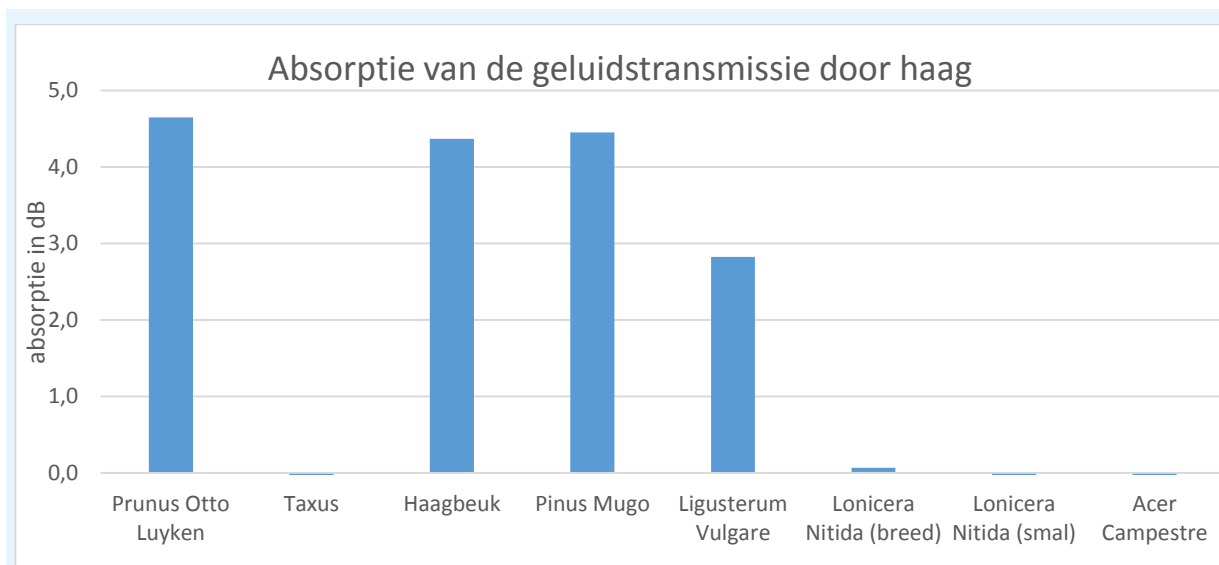


figuur 12: Verschil in geluidsniveau op 1 m afstand voor en na haag ( $L_{\text{voor}} - L_{\text{na}}$ )

De hagen hebben verschillende breedtes, hierdoor staan de microfoons bij de metingen op verschillende afstanden van elkaar. Wanneer voor deze afstandsverschillen gecorrigeerd wordt, zijn de resultaten beter te vergelijken.

In figuur 13 staan de meetresultaten gecorrigeerd voor de afname van het geluid over de afstand tussen de microfoons.

Verder is bij de *Acer campestre* sprake van een absorberend bodemgebied (gras) aan de zijde voor de haag (figuur 7). Voor de *Taxus baccata* en de *Acer campestre* bestaat de bodem na de haag uit gras. Gezien de geringe afstanden waarbij de metingen zijn verricht is ervoor gekozen hier geen correctie uit te voeren. De bijdrage van het ontbreken van de bodemreflectie zal rond de 0,5 dB bedragen.



figuur 13: Verschil in geluidsniveau op 1 m voor en na haag inclusief correctie voor de geluidsafname door de afstand tussen de microfoons.

**tabel 5: resultaten per plantensoort**

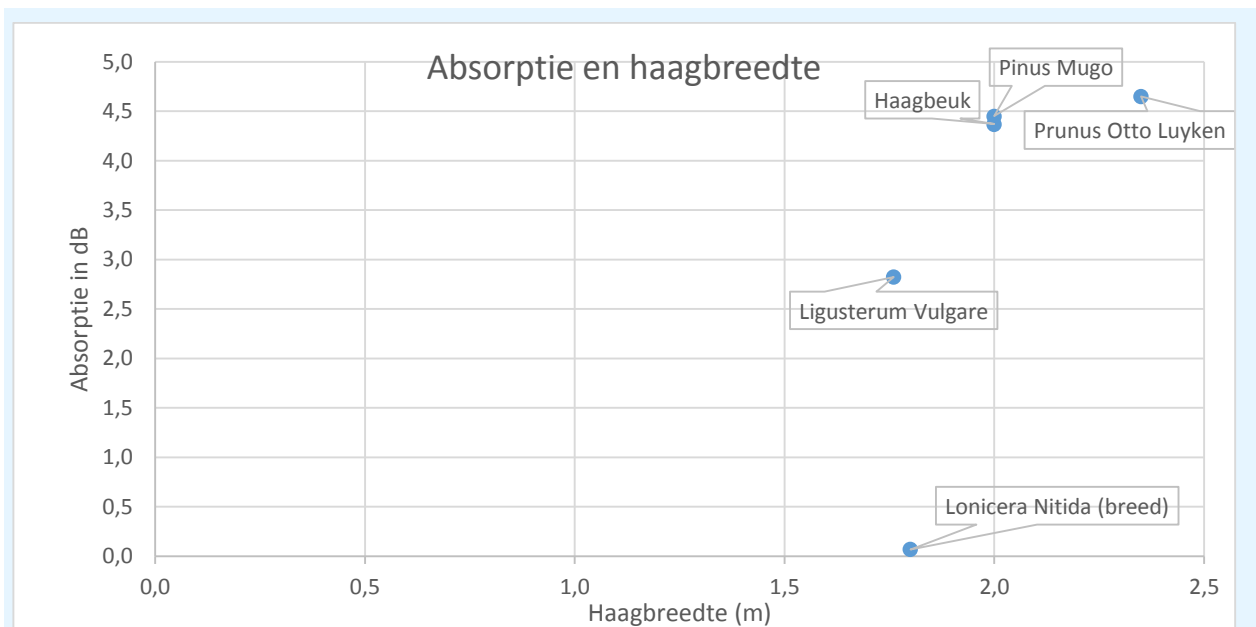
plantsoort	breedte haag	Hoogte haag	Leq op 1 m voor haag	Leq op 1 m na haag	Verschil (voor-na)	Verwachte geluidsafname door afstand & reflectie	Absorptie door haag
	m	m	dB(A)	dB(A)	dB	dB	dB
Prunus laurocerasus 'Otto Luyken'	2,4	0,75	96	77	19	14	5
Taxus baccata	2,2	0,70	91	79	12	14	-
Carpinus betulus	2,0	0,70	95	77	18	13	4
Pinus mugo	2,0	0,80	94	76	18	13	4
Ligusterum vulgare	1,8	0,60	95	79	16	13	3
Lonicera nitida (breed)	1,8	0,80	95	82	13	13	-
Lonicera nitida (smal)	0,9	0,60	94	84	10	11	-
Acer campestre	0,6	1,10	91	84	7	10	-

## Bespreking resultaten

Voor de *Carpinus betulus*, *Pinus mugo*, *Prunus laurocerasus* 'Otto Luyken' en de *Ligustrum vulgare* is sprake van een aanzienlijke geluidabsorptie door de haag. Deze vier hagen behoren tot de bredere hagen die onderzocht zijn (2,0-2,4 m).

Hoewel de *Taxus baccata* een vergelijkbare breedte heeft wordt er meer geluid door gelaten dan de vier hagen hierboven.

De haag van *Lonicera nitida* is op twee plaatsen onderzocht, bij een breder (1,8 m) en een smaller (0,9 m) deel van de haag. Bij het brede deel van de haag wordt 0,7 dB meer geabsorbeerd. Bredere hagen hebben een langere weglengte, waardoor er meer geluid kan worden geabsorbeerd.



figuur 14: Geluidsreductie en haagbreedte.

In bovenstaande figuur is te zien dat de bredere hagen in het algemeen minder geluid doorlaten dan de smallere hagen.

## Conclusie

Op basis van zowel de literatuurstudie alsmede de metingen kunnen wij concluderen dat middels de haagstructuren een afschermende werking wordt bereikt van 1 á 2 dB(A). Bij wegen welke op een talud liggen is het effect groter dan bij wegen gelijk aan het maaiveld.

### 2.2.3 Economische haalbaarheid

Zoals benoemd in onze vorige studie is het doel van ons onderzoek het concept als innovatie te laten slagen. We willen als bedrijven meewerken aan innovaties waarmee de opdrachtgever en de markt verder kunnen. Verder onderzoek en de verdere begeleiding is ons verdienmodel.

Daarbij is het naast het technische aspect ook een sociaal aspect noodzakelijk. Ondanks dat er diverse recente buitenlandse wetenschappelijke onderzoeken zijn over het toepassen van beplantingsstructuren voor geluiddemping, wordt dit in de praktijk nog niet als zodanig toegepast. Onbekend maakt onbemind.



Om ons concept als volwaardige maatregel geïmplementeerd te krijgen, dient het opgenomen te worden in de rekensoftware alsmede in de wettelijke reken- en meetvoorschriften. Daarmee kan het in de toekomst ook worden toegepast in geluidskarten en wettelijke procedures bij reconstructies.

### Marktpartijen

De afgelopen periode zijn de bij deze studie betrokken partijen los van elkaar benaderd door zowel ontwikkelaars van schermen en aannemers als door potentiële opdrachtgevers voor ons concept. Concreet zijn er een paar gemeenten geweest die interesse hebben in de studie aangezien zij vanuit hun bewoners een tweetal klachten horen:

1. Geluidhinder als gevolg van een nabij gelegen weg
2. Te weinig groen in de buurt

Een terugkomende reactie naar aanleiding van korte gesprekken met deze gemeenten is dat er te weinig groen langs de wegen staat en dat er te hard gereden wordt. Zij zijn op zoek naar maatregelen waardoor de automobilist langzamer gaat rijden (er ligt nu wel heel veel asfalt) en de beleving voor omwonenden groener wordt. Als de groenstructuren dan bijdragen aan een geluidreductie dan is dat helemaal een ideale oplossing.

Gelijktijdig wordt ons de vraag gesteld of een scherm van een haagstructuur niet veel duurder is dan een klein betonscherm. De achterliggende gedachten hiervan is dat deze betonnen schermen geplaatst worden en vervolgens nagenoeg geen onderhoud behoeven. Echter in de beleving zijn dit veelal ongewenste objecten (zie ook hoofdstuk 2.2.1).

Met de groenstructuren hebben gemeenten en provincies een maatregel die ze kunnen toepassen die verder gaat dan enkel geluidreductie. De beleving met een dergelijk scherm is anders. Dit terwijl het ook nog eens goedkoop is in aanleg en beheer en bijdraagt aan een duurzame infrastructuur. De meerwaarde voor de markt is vooral gelegen in het verreiken van de landschappelijke waarde. De eerste inschattingen op basis van onderhoudsbestekken zijn € 2,-/m1/jaar voor het onderhoud en afhankelijk van de samenstelling van de haag is de aanleg gelegen tussen € 0,80 en € 1,75 per meter.

## 2.3. Financiën

Uitgangspunt van deze fase is het aantonen dat de werking van het concept. Hierbij treft u een overzicht van de gevolgde stappen in het traject.

### **Workshop/expertmeeting**

Op 29 juli hebben de gezamenlijke partners een workshop gehouden om de selectie voor de haalbaarheidsstudie te bespreken. Onderdeel van het programma was het concept verder uit te diepen waarbij gekeken is naar een veelvoud aan soorten. Daarbij hebben wij onder andere gekeken naar de eigenschappen en toepasbaarheid van soorten rekening houdend met:

- hoogtevariatie in de vegetatie (extensief beheer)
- inheemse soorten, biodiversiteit (warmte, vocht, zout - extremen) of beplanting uit een zelfde klimaatzone (toekomstbestendige vegetatie)
- ziektegevoeligheid
- juiste bodemsoorten
- dichtheid - hoeveelheid stammen per m<sup>2</sup>, blad zwaar, naalden (zomer en winter)
- open bodemstructuur
- wortelopdruk
- crash dempend/(snel) herstellend in relatie tot beheer
- sterkte van groei bijvoorbeeld <25cm binnen één groeiseizoen
- verticaal groeiend gewas
- esthetiek
- brandgevaar (droge zomers, sigaretten etc.)
- richting van aanplant/situering, niet alleen lineair maar ook diagonaal of gebogen lijnen
- de wegligging tonrond of op 1 oor (droog, nat)



- zwerfafval
- wintergroene vegetatie
- spleeten van takken, schermen uitstekende delen



**Johannes Regelink**  
Directeur Terogroep: Apodemus field equipment, RANOX natuuraannemer & Re...

Ken je dat gevoel? Dat je vol energie en geboeid weg gaat van een overleg? Dat gevoel had ik gisteren na een expertmeeting over geluidsreductie door beplanting langs provinciale wegen. In opdracht van [Rijksoverheid](#) ([RVO.nl](#)), [Provincie Zuid-Holland](#) en [Provincie Noord-Holland](#) doen we daar samen met [DGMR](#) en [NLGreenlabel](#) een haalbaarheidsonderzoek over. De expertmeeting gisteren was met [Doede Wessels](#), [Hans J.A. van Leeuwen](#), [Lars Grims](#), [Nico Wissing](#), [Kim van der Leest](#) en [Ton van Oostwaard](#). Mooie werelden die bij elkaar kwamen! minder weergeven

Niet meer interessant • Commentaar • Delen • 👍 40

Figuur 15: Nieuwsbericht Johannes Regelink n.a.v. workshop/expertmeeting.

Op basis van deze expertmeeting zijn de locaties voor metingen ingepland. De uitkomsten hiervan zijn in deze rapportage weergegeven.

Naast de akoestische factoren hebben wij aanvullend ook aandacht besteed aan de niet akoestische factoren. Op basis van een aantal gesprekken met gemeenten en provincies inzake reguliere projecten hebben wij begrepen dat zij behalve geluid ook zoeken naar niet akoestische factoren bij geluidafscherming. Denk bijvoorbeeld aan de beleving van groen in gebieden in plaats van betonnen structuren. Dit is iets waaraan wij ook graag aandacht besteden in het haalbaarheidsonderzoek. Dit is uitgewerkt in paragraaf 2.2.1.

## 3. Voorstel voor fase 2

### 3.1 Het resultaat van het project

Op basis van het voorgaande kunnen we concluderen dat de *Carpinus betulus*, *Pinus mugo*, *Prunus laurocerasus* 'Otto Luyken' en de *Ligustrum vulgare* kansrijke soorten zijn om geluidsabsorptie door een groenstructuur te realiseren. Dit zijn allemaal soorten die gangbaar zijn in Nederland en toegepast worden door gemeenten.

#### **Carpinus betulus (Haagbeuk)**

Hoge boom of vorse struik met een groot verspreidingsgebied in Europa en Klein-Azië. In de herfst begint het blad al vroeg te kleuren maar het blijft lang aan de boom. Aan jonge bomen blijft ook in de winter verbruind blad hangen, dat sterk op dat van de beuk lijkt. Net als de beuk wordt ook de haagbeuk veelvuldig als haag of 'berceau' gebruikt. Door de haagbeuk twee tot vier keer per groeiseizoen te snoeien, blijft de haag mooi dik in het blad en ontwikkelt zich een dicht takkenwerk waarin vogels graag schuilen.

Voor een strakke haag dient de haagbeuk tweemaal in het jaar gesnoeid te worden. De beste snoeimaanden zijn april en september.

#### **Pinus mugo (Bergden)**

De Bergden, uit de gebergten van Centraal- en Zuid-Europa, is een zeer variabel soort met naalden in paren bij elkaar. De grove struikvormige den wordt zelden hoger dan 5 m en is geschikt voor verwildering op zandgrond. Ze houden niet van zeer zure grond: pH-waarde 6 of hoger. *Pinus mugo* 'Zundert' vormt een compacte struik die tot 80 cm hoog komt. De naalden zijn in de winter opvallend geel, maar worden in de zomer weer groen.

#### **Prunus laurocerasus 'Otto Luyken'**

*Prunus laurocerasus* 'Otto Luyken' (laurier) is de meeste gebruikte laurier in het openbaar groen. De struik groeit vooral in de breedte, tot ongeveer 1 m hoog. De donkergroene, glanzende bladeren hebben een spitse top. Zet de laurierkers bij voorkeur in lichtzure grond. Hij staat graag in gedeeltelijke schaduw, waar de grond minder uitdroogt. Snoei na de bloei in april-mei (in die maanden sieren langwerpige bloemtrossen met witte bloempjes de planten). Rijke bloei in de nazomer. Stakige struiken kunnen rigoureuus worden verjongd door snoeien. Alle delen van de plant zijn giftig. Bij snoeien of kneuzen van het blad komt blauwzuurgas vrij. Voer het snoeisel niet aan vee en voorkom dat kinderen de eerst rode, daarna zwarte bessen eten.

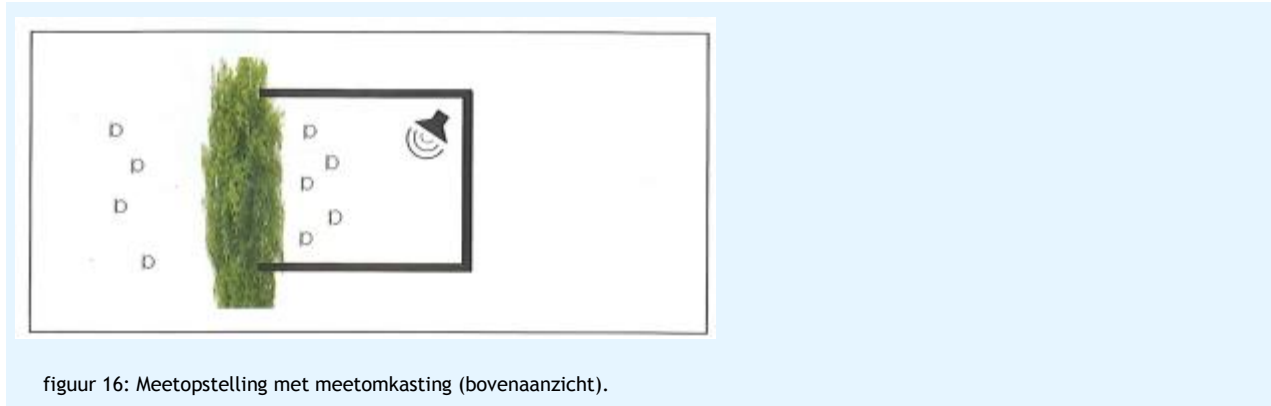
#### **Ligustrum vulgare**

Wijdverbreid voorkomend in Europa en de landen rond de Middenlandse Zee. In ons land van nature aanwezig in de duinen en Zuid-Limburg. Ongesnoeid wordt hij tot 5m hoog, maar in tuinen blijft de ijzersterke struik door snoeien veel kleiner. Zijn rol als haagplant is vrijwel geheel overgenomen door de zogenaamde haagliguster (*Ligustrum ovalifolium*) Aan deze struik blijft het blad in een normale winter gedeeltelijk zitten. Bij de *Ligustrum vulgare* valt het blad in de winter er meestal af (soms halfwintergroen), maar door de haag enkele jaren per jaar te scheren, blijft deze ook in de winter ondoorzichtig, vanwege de sterk vertakte twijgen (dichter vertakt dan het hout van de haagliguster). Zeer winterharde soort voor alle grondsoorten.

Alle bovenstaande genoemde soorten zijn toepasbaar voor het concept zoals wij dat beogen. Aandachtspunt zijn de gebieden waarin de plant wordt geplaatst. Niet alle soorten zijn even geschikt voor kleigronden terwijl andere soorten beter gedijen op deze gronden.

Echter naast de soort is het ook belangrijk hoe het 'geluidsscherm' georiënteerd is ten opzichte van de bron. Hiervoor zien wij een paar mogelijkheden.

Op basis van het haalbaarheidsonderzoek hebben we inzichtelijk welke vegetaties de grootste potentie hebben. Dit is de input voor fase 2 en de praktijkproef. Het vervolgonderzoek moet zich verder richten op deze soorten. Door middel van metingen in een gecontroleerde omgeving kunnen de definitieve resultaten worden vastgelegd. Deze gecontroleerde omgeving bestaat uit een meetopstelling in een omkasting (figuur 15).



figuur 16: Meetopstelling met meetomkasting (bovenaanzicht).

Middels deze metingen kunnen de definitieve geluidsvoortplanting (transmissie) door de haagstructuur worden vastgelegd. Een te beperkte isolatie van het geluidsscherm zal ervoor zorgen dat het effect van het scherm minder wordt doordat er tevens een bijdrage ontstaat door de geluidsvoortplanting (transmissie) door het scherm.

Het eindresultaat van deze fase is inzicht krijgen in de meest kansrijke soorten en samenstelling van de hagen. Daarbij moeten we duidelijkheid hebben over de verschillen tussen de zomer- en wintersituatie en de leeftijd van de soorten. Deze informatie is belangrijk om weer mee te nemen in de grote praktijkproef.

## 3.2 Innovatie paragraaf

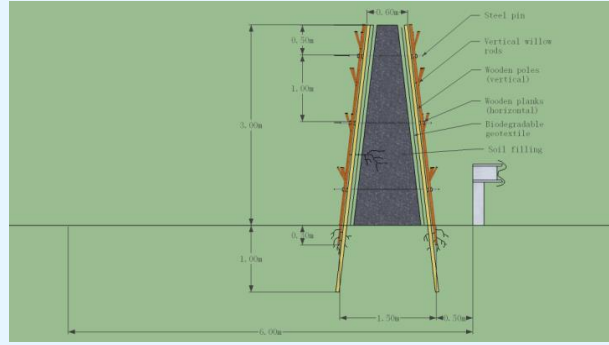
Zoals benoemd in onze offerte en selectie van fase 1, is het doel van ons onderzoek het concept van een haagstructuur als geluidsscherm als innovatie te laten slagen. We willen als bedrijven meewerken aan innovaties waarmee de opdrachtgever en de markt verder kunnen. Om ons concept als volwaardige maatregel geïmplementeerd te krijgen, dient het opgenomen te worden in de rekensoftware alsmede in de wettelijke reken- en meetvoorschriften. Daarmee kan het in de toekomst ook worden toegepast in geluidskaarten en wettelijke procedures bij reconstructies. Als uitkomst van de workshop is ook gekeken naar het businessmodel van onze innovatie.

Wij zien kansen om het concept nog verder te verbeteren en daardoor ook als businesscase nog interessanter te maken. Zoals benoemd in paragraaf 2.2.3 zijn wij al door diverse partijen benaderd aan de hand van de basis van ons onderzoek, geluidreductie door toepassing van groenstructuren, een concreet product te ontwikkelen. Hierbij richten we ons vooral op een modulair systeem.

De bedrijven die ons benaderd hebben willen graag meewerken aan het ontwikkelen een modulair systeem omdat ook zij het idee hebben dat hieraan behoefte is. In overleg met deze partijen is besloten pas in de volgende fase hieraan invulling te geven aangezien het basisprincipe van de haagstructuur eerst bewezen moet zijn en als zodanig door in de volgende fase.

Ideeën voor het modulair systeem zijn al wel benoemd. Door een standaard basis te ontwikkelen kunnen de planten al bij een kweker opgekweekt worden tot volwaardige hagen. Deze kunnen vervolgens toegepast worden op locatie. Een tweede voordeel hiervan is dat het risico van worteldruk op de wegen te verwaarlozen is. Een voorbeeld van het concept staat in figuur 16.





figuur 17: Voorbeeld modulair systeem.

Een ander idee is een basis van karton, met dank aan een Zwitserse Kickstarter TERRA! grass chair, en deze te vullen kan direct een goede basis als grondwal gecreëerd worden. Deze basis wordt gevuld met grond en daarin worden de planten geplaatst.



figuur 18: Het concept van de TERRA! grass chair.

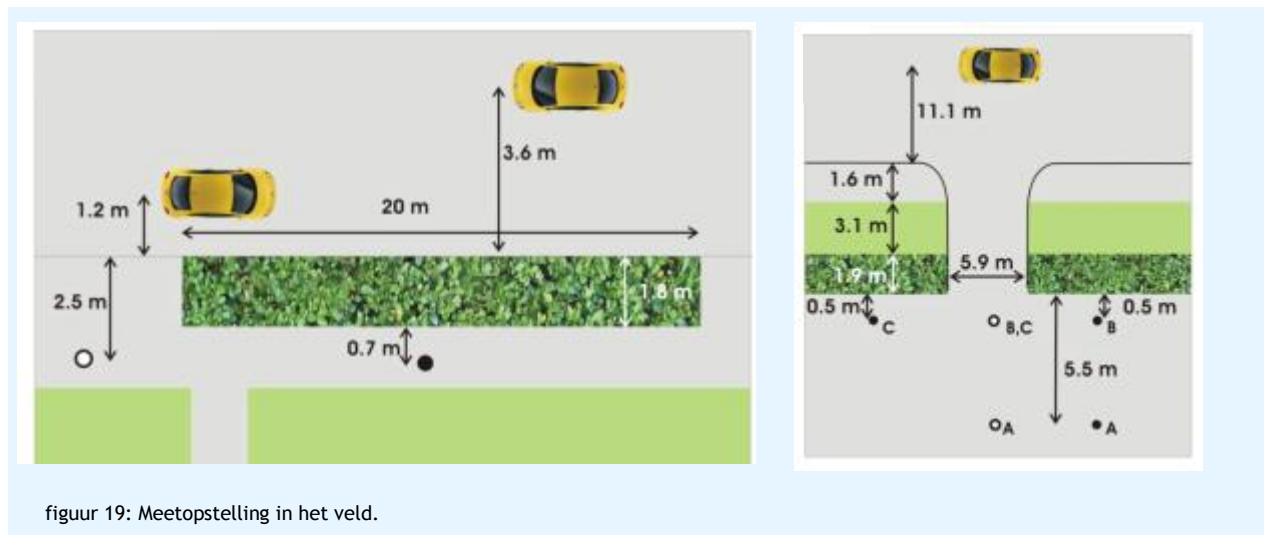
## 3.3 Plan van aanpak

### 3.3.1 Fase 2: definitief prototype

Het vervolg van het onderzoek richt zich volledig op de praktijk. We hebben aangetoond dat het concept de gevraagde reductie van 1 á 2 dB(A) haalt. Verder liggen er kansen om het concept uit te breiden naar een businesscase welke voor alle partijen interessant is. Hiervoor is echter wel een 'maker' noodzakelijk. Wij voorzien dan ook twee sporen in de volgende fase.

#### Spoor 1: Prototype

Middels de metingen in een gecontroleerde omgeving kunnen de definitieve soorten worden bepaald waarmee in de vervolgfase de praktijk proeven uitgevoerd kunnen worden.



figuur 19: Meetopstelling in het veld.

Het eindresultaat van deze fase is inzicht krijgen in de meest kansrijke soorten en samenstelling van de hagen. Daarbij moeten we duidelijkheid hebben over de verschillen tussen de zomer- en wintersituatie en de leeftijd van de soorten. Deze informatie is belangrijk om weer mee te nemen in de grootschalige praktijkproef.

#### Spoor 2: ontwikkeling modulair concept

Samen met de marktpartijen willen we een modulair concept ontwikkelen. Daarbij richten we ons niet specifiek op de te selecteren haag maar juist op het elementensysteem waar de haag in komt te staan zoals beschreven in de voorgaande paragraaf. Doelstelling is dat deze dan volledig ontworpen is voor de grootschalige praktijkproef.

### 3.3.2 Fase 3: grootschalige praktijkproef

De laatste fase van dit onderzoek is de grootschalige praktijkproef op de proefvakken zoals deze door de beide Provincies beschikbaar worden gesteld. Aan de hand van de voorgaande studies en kleinschalige praktijkproeven zal een volwaardige haag inclusief modulair concept worden aangeplant.

Interessant hierbij is een aantal verschillende situaties te testen. Gedurende de gehele periode zal gemeten worden middels onbemande meetstations. Deze metingen kunnen eenvoudig samen met Sensornet ([www.sensor.net](http://www.sensor.net)) worden uitgevoerd. Met de moderne mogelijkheden van data-acquisitie



is het eenvoudig goede metingen te doen. Zo nodig en indien gewenst kan met deze metingen via internet nog de nodige communicatie met de omgeving worden gevoerd.

Hiermee worden de uiteindelijke resultaten vastgelegd die in de nationale Reken- en meetvoorschriften en diverse softwarepakketten opgenomen worden. Daarbij moeten we definitieve ontwerpeisen opleveren omtrent de verschillen tussen de zomer- en wintersituatie en de leeftijd van de soorten. De praktijkopstelling zal hier dan ook op ingericht worden.

Een onderdeel van het onderzoek richt zich op de te gebruiken vegetatie. Een aantal voorwaarden worden daarvoor onderzocht: de landschappelijke inpassing, minimaal onderhoud, goed bestand tegen de omstandigheden. Gebruikmakend van deze criteria is het noodzakelijk verschillende soorten vegetatie te testen. Een type vegetatie langs willekeurige N-wegen toepassen, is daarbij niet wenselijk. Per situatie dient een passende soortensamenstelling geselecteerd te worden. Om dit onderzoek te kunnen doen is het noodzakelijk de kwaliteit van de gebruikte vegetatie voortdurend te monitoren en te onderzoeken hoe het onderhoud geminimaliseerd kan worden.

Een laatste onderzoekspunt is de beleving voor omwonenden. Het effect van geluidsschermen en dus ook van haagschermen is het grootste bij de hogere frequentiebanden. Dit zie je ook op het plaatje van de voorzijde. Een bijkomend positief effect is dat voor de mens dit als meer geluidsschermen wordt ervaren. Net als bij stille wegdekken wordt waarschijnlijk de verminderde energiebijdrage bij de hogere geluidsfrequenties als minder hinderlijk ervaren. Ook dit moet in een onderzoek (een belevingsonderzoek) nader beoordeeld worden.





## Colofon

<b>Opdrachtgever</b>	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl)
<b>Contactpersoon</b>	drs. R.J.D. Prins
<b>Project</b> Betreft	SBIR oproep minder geluid langs de provinciale weg Haalbaarheidsonderzoek
<b>Rapport</b> Datum Versie Status	M.2016.0425.00.R001 11 oktober 2016 001 definitief
<b>Uitgevoerd door</b>	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Casuariestraat 5 2501 CJ Den Haag Postbus 370 2501 CJ Den Haag
<b>Auteur</b>	ing. D.A.S.M. (Doede) Wessels 088 346 78 20 dwe@dgmr.nl
<b>Verantwoordelijk</b>	ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen 088 346 75 00 ln@dgmr.nl
<b>Verwerkt door</b>	DWE LN SBA