

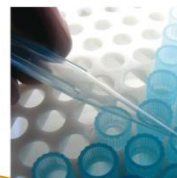
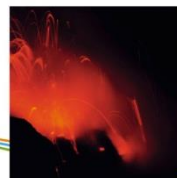
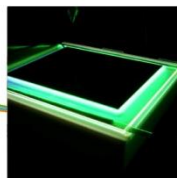
FINALE DRAFT

Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten

Pelckmans Adriaan & Huybrechts Diane

Studie uitgevoerd door het Vlaams Kenniscentrum
voor Beste Beschikbare Technieken (VITO)
in opdracht van het Vlaams Gewest

December 2020



VITO NV

Boeretang 200 – 2400 MOL – BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 – Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be – www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 435-4508191-02 KBC (Brussel)
BE32 4354 5081 9102 (IBAN) KREDBEBB (BIC)



DRAAFT

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden.

De gegevens uit deze studie zijn geactualiseerd tot juni 2020.

DRAFF

INLEIDING

Voor u ligt één van de BBT-studies die worden gepubliceerd door het BBT-kenniscentrum. Dit sectorrapport behandelt de Beste Beschikbare Technieken voor geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten.

Wat zijn BBT-studies?

De BBT-studies zijn rapporten die per sector de BBT beschrijven. Deze sectorrapporten worden actief en zowel digitaal (www.emis.vito.be) als in gedrukte vorm verspreid, zowel naar de overheid als naar de bedrijven.

Wat zijn BBT?

Milieuvriendelijke technieken hebben als doel de milieu-impact van bedrijven te beperken. Het kunnen technieken zijn om afval te hergebruiken of te recyclen, bodem en grondwater te saneren, of afgassen en afvalwater te zuiveren. Vaker nog zijn het preventieve maatregelen die de emissie van vervuilende stoffen voorkomen en het gebruik van energie, grondstoffen en hulpstoffen verminderen. Wanneer zulke technieken, in vergelijking met alle andere, gelijkaardige technieken, ecologisch gezien het best scoren én ze bovendien betaalbaar zijn, dan spreken we over Beste Beschikbare Technieken (BBT).

Wat is het BBT-kenniscentrum?

In opdracht van de Vlaamse Regering heeft de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) in 1995 een kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken (BBT) opgericht. Het BBT-kenniscentrum inventariseert informatie over milieuvriendelijke technieken, evalueert per bedrijfstak de Beste Beschikbare Technieken (BBT) en formuleert BBT-aanbevelingen naar de Vlaamse overheid en bedrijven.

Het BBT-kenniscentrum wordt, samen met het zusterproject EMIS (<http://www.emis.vito.be>) gefinancierd door het Vlaamse Gewest. Het kenniscentrum wordt begeleid door een stuurgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse minister van Omgeving, Natuur en Landbouw, het departement Omgeving (OMG), het departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI), en de agentschappen IWT, OVAM, VEA, VLM, VMM en Zorg en Gezondheid.

Waarom zijn BBT-studies nuttig?

De vergunningsvoorwaarden die aan de bedrijven worden opgelegd en de ecologiepremie die in Vlaanderen van kracht is, zijn in belangrijke mate gebaseerd op de BBT. Zo geven de sectorale voorwaarden uit VLAREM II vaak de mate van milieubescherming weer die met de BBT haalbaar is. Het bepalen van BBT is dus niet alleen nuttig voor de bedrijven, maar ook als referentie voor de overheid in het kader van het vergunningenbeleid. In bepaalde gevallen verleent de Vlaamse overheid ook subsidies aan de bedrijven als zij investeren in BBT.

Het BBT-kenniscentrum werkt BBT-studies uit voor een bedrijfstak of voor een groep van gelijkaardige activiteiten. Deze studies beschrijven de BBT en geven bovendien de nodige achtergrondinformatie. Die achtergrondinformatie helpt de vergunningverlenende overheid om de dagelijkse bedrijfspraktijk beter aan te voelen. Bovendien toont ze de bedrijven de wetenschappelijke basis voor hun vergunningsvoorwaarden.

De BBT-studies formuleren ook aanbevelingen om de vergunningsvoorwaarden en de regels inzake ecologiepremie aan te passen. De ervaring leert dat de Vlaamse overheid de aanbevelingen vaak ook werkelijk gebruikt voor nieuwe milieuregelgeving. In afwachting hiervan worden de aanbevelingen echter als niet-bindend beschouwd.

Hoe kwam deze studie tot stand?

Elke BBT-studie is het resultaat van een intensieve zoektocht in de literatuur, bezoeken aan bedrijven, samenwerking met experts in de sector, bevestigingen van producenten en leveranciers, uitgebreide contacten met bedrijfs- en milieuverantwoordelijken en ambtenaren enzovoort. De beschreven BBT zijn een momentopname en bovendien niet noodzakelijk volledig: niet alle BBT die vandaag en in de toekomst mogelijk zijn, zijn in de studie opgenomen.

Voor de wetenschappelijke begeleiding van de studie werd een begeleidingscomité samengesteld met vertegenwoordigers van industrie en overheid. Dit comité kwam 4 keer samen om de studie inhoudelijk te sturen (op 03/05/2018, 09/10/2018, 26/06/2019, 05/03/2020). De namen van de leden van dit comité en van de externe deskundigen die aan deze studie hebben meegewerkt, zijn opgenomen in bijlage 1. Het BBT-kenniscentrum heeft, voor zover mogelijk, rekening gehouden met de opmerkingen van de leden van het begeleidingscomité. Dit rapport is echter geen compromistekst. Het weerspiegelt de technieken die het BBT-kenniscentrum op dit moment als actueel beschouwt en de aanbevelingen die daaraan beantwoorden.

DRAF

LEESWIJZER

In **Hoofdstuk 1** lichten we het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT) en de invulling ervan in Vlaanderen toe en schetsten vervolgens het algemene kader van de voorliggende BBT-studie.

Hoofdstuk 2 beschrijft de bouw- en sloopactiviteiten en de belangrijkste socio-economische aspecten en milieujuridische aspecten.

In **Hoofdstuk 3** komen de verschillende processen aan bod die in de sector worden toegepast. Ook de milieu-impact van deze processen wordt beschreven.

Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de technieken die de sector kan toepassen om milieuhinder te voorkomen of te beperken.

In **Hoofdstuk 5** evalueren we deze milieuvriendelijke technieken en selecteren we de BBT. Niet alleen de technische haalbaarheid, maar ook de milieuvoordelen en de economische haalbaarheid (kostenhaalbaarheid en -effectiviteit) worden daarbij in rekening gebracht.

Hoofdstuk 6 geeft aanbevelingen op basis van de BBT. Dit omvat aanbevelingen voor de milieuregelgeving, voor ecologiepremie en voor verder onderzoek.

Hoofdstuk 7 geeft ten slotte de technieken in opkomst weer die geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten kunnen beperken.

DRAFT

SAMENVATTING

Het BBT-kenniscentrum, opgericht in opdracht van de Vlaamse Regering bij VITO, heeft tot taak het inventariseren, verwerken en verspreiden van informatie rond milieuvriendelijke technieken. Tevens moet het kenniscentrum de Vlaamse overheid adviseren bij het concreet maken van het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT). In dit rapport worden de BBT voor het beperken van geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten in kaart gebracht.

De BBT-selectie en de adviesverlening in deze studie is tot stand gekomen op basis van o.a. een socio-economische analyse van de bouw- en sloopactiviteiten, kostprijsberekeningen, een vergelijking met buitenlandse BBT-documenten, overleg met vertegenwoordigers van de federaties en specialisten uit de administratie. Het formeel overleg gebeurde in een begeleidingscomité, waarin overheid en sector vertegenwoordigd werden.

Bij bouw- en sloopactiviteiten wordt er onvermijdelijk geluid en trillingen gegenereerd, die mogelijk hinder veroorzaakt bij personen die zich in de buurt van de geluids- of trillingsbron bevinden. Naast de subjectieve ervaring, waarbij geluid- en trillingen als storend ervaren kunnen worden, kan de daaruit voortkomende hinder ook gezondheidsrisico's met zich meebrengen.

Zoals de titel van de studie doet vermoeden wordt er een onderscheid gemaakt tussen geluids- en trillingshinder, en kan die hinder het gevolg zijn van zowel bouw- als sloopactiviteiten. De geluidshinder is daarbij afhankelijk van akoestische factoren zoals het geluidsniveau of de blootstellingsduur en van niet-akoestische factoren zoals het type werkzaamheden dat uitgevoerd wordt of het tijdstip waarop de werken worden uitgevoerd. De trillingshinder bedoeld in deze studie, is de hinder voor personen ten gevolge van gebouwtrillingen veroorzaakt door trillingsbronnen gelinkt aan bouw- en sloopactiviteiten. De eventuele schade die door deze trillingen veroorzaakt wordt, ligt buiten scope van deze studie, aangezien het daar een aansprakelijkheidskwestie betreft.

In deze studie worden 34 kandidaat-BBT maatregelen beschreven die geluids- en trillingshinder berpen, en die werden ingedeeld in generieke maatregelen, specifieke maatregelen voor funderingswerken en specifieke maatregelen voor sloopwerken. Daarvan kunnen er, na overleg met het begeleidingscomité en een BBT-evaluatie in hoofdstuk 5, 31 maatregelen als BBT beschouwd worden. Heel wat maatregelen of technieken kunnen echter slechts van geval tot geval als BBT beschouwd worden, omdat de mate waarin ze inzetbaar zijn afhankelijk is van de technische/economische beperkingen en lokale omstandigheden. Ook zijn ze niet in alle situaties kosteneffectief en bijna alle maatregelen leiden tot een verhoging van de kosten. Of deze kostprijs opweegt tegen de beperking van de hinder, is niet alleen afhankelijk van de kostprijs zelf maar ook van de specifieke hindersituatie. De voorspelling van hinder is echter een complex gegeven, gezien de situatiegebonden verwevenheid van de verschillende hinderbepalende parameters.

Om die specifieke hindersituatie (geluidsniveau en trillingsfrequentie, tijdstip activiteit, hindergevoeligheid van receptoren, duur van de werken, afstand van de bouw- of sloopactiviteit tot dichtstbijzijnde hindergevoelige receptor) mee te nemen in de BBT-selectie, wordt in een richtinggevend model een categorisering van 3 niveaus (BBT vgtg - A, BBT vgtg - B en BBT vgtg - C) uitgewerkt. Daarin worden de beschikbare technieken die van geval tot geval BBT zijn ingedeeld. De indeling van de maatregelen in deze categorieën is gebeurd in overleg met het begeleidingscomité van deze studie en daarbij werd rekening gehouden met de impact op de werken (bv. duur of manier van werken), cross-media effecten en de kostprijs (bv. investeringskosten of operationele kosten).

Op basis van deze categorisering kan vervolgens beoordeeld worden welke maatregelen men in welke specifieke hindersituatie in overweging kan nemen. Maatregelen die als BBT geselecteerd zijn, hebben een zodanig grote milieuwinst of lage kosten, dat ze in alle omstandigheden waar hinder vastgesteld of verwacht wordt, redelijk worden geacht, ongeacht de specifieke hindersituatie.

Vervolgens worden er in hoofdstuk 6 een aantal aanbevelingen voor milieubeleid geformuleerd, waarbij enkele bestaande beleidsinstrumenten worden toegelicht waarop de in deze studie beschreven BBT aansluiting kunnen vinden. Tot slot worden er enkele technieken in opkomst besproken die bij de opmaak van de BBT-studie werden geïdentificeerd.

DRAAFT

ABSTRACT

The Centre for Best Available Techniques (BAT) is founded by the Flemish Government, and is hosted by VITO. The BAT centre collects, evaluates and distributes information on environmentally friendly techniques. Moreover, it advises the Flemish authorities on how to translate this information into its environmental policy. Central in this translation is the concept "BAT" (Best Available Techniques). BAT corresponds to the techniques with the best environmental performance that can be introduced at a reasonable cost. In this report, the BAT for limiting noise and vibration nuisance from construction and demolition activities are identified.

The BAT selection in this study was based on a literature survey, a technical and socio-economic study of the construction and demolition activities, cost calculations, a comparison with foreign BAT documents and discussions with industry representatives and authorities. The formal consultation was organised by means of an advisory committee, in which the government and the sector were represented.

Construction and demolition activities inevitably generate noise and vibrations, which may cause nuisance to people in the vicinity of the noise or vibration source. In addition to the subjective experience, in which noise and vibrations can be perceived as disturbing, the resulting annoyance can also cause health risks.

As the title of the study suggests, a distinction is made between noise and vibration nuisance, and this nuisance can be the result of both construction and demolition activities. Noise nuisance depends on acoustic factors such as the noise level or exposure time and on non-acoustic factors such as the type of work being carried out or the time at which the work is undertaken. The vibration nuisance referred to in this study is the nuisance to people as a result of building vibrations caused by vibration sources linked to construction and demolition activities. Any damage caused by these vibrations is outside the scope of this study, as it concerns a liability issue.

This study describes 34 candidate BAT measures that limit noise and vibration nuisance, and which were classified into generic measures, specific measures for foundation works and specific measures for demolition works. 31 measures can be considered BAT after consultation with the advisory committee and a BAT assessment in Chapter 5. However, many measures or techniques can only be considered BAT on a case-by-case basis, because their suitability depends on technical/economic limitations and local circumstances. Also, they are not cost-effective in all situations and almost all measures lead to an increase in costs. Whether this cost price outweighs the limitation of the nuisance depends not only on the cost price itself, but also on the specific nuisance situation. However, the prediction of nuisance is a complex issue, given the situation-specific interdependence of the various nuisance-determining factors.

In order to include the specific nuisance situation (noise level and vibration frequency, time of day activity, nuisance-sensitive receptors, duration of the works, distance of the construction or demolition activity to the nearest nuisance-sensitive receptor) in the BAT selection, a categorisation of 3 levels (BAT vgtg - A, BAT vgtg - B and BAT vgtg - C) is elaborated in a guiding model. This model classifies the available techniques that are BAT on a case-by-case basis. The classification of the measures into these categories was done in consultation with the advisory committee of this study and took into account the impact on the works (e.g. duration or way of working), cross-media effects and cost price (e.g. investment costs or operational costs).

Based on this categorisation, it is possible to assess which measures can be considered in a specific nuisance situation. Measures selected as BAT have such a high environmental

benefit or low cost that they are considered reasonable in all circumstances where nuisance is identified or expected, regardless of the specific nuisance situation.

Chapter 6 subsequently formulates a number of recommendations for environmental policy, explaining some existing policy instruments to which the BAT described in this study can be linked. Finally, a number of emerging techniques are discussed which were identified during the preparation of the BAT study.

DRAAFT

INHOUD

INLEIDING	2
LEESWIJZER	4
SAMENVATTING	5
ABSTRACT	7
INHOUD	9
LIJST VAN TABELLEN	12
LIJST VAN FIGUREN	13
LIJST VAN AFKORTINGEN	15
Hoofdstuk 1 OVER DEZE BBT-STUDIE	17
1.1 <i>Beste Beschikbare Technieken in Vlaanderen</i>	17
1.1.1 Definitie	17
1.1.2 Beste Beschikbare Technieken als begrip in het Vlaamse milieubeleid	17
1.2 <i>BBT-studie voor geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten</i>	19
1.2.1 Aanleiding en doelstellingen van de studie	19
1.2.2 Inhoud van studie	19
Hoofdstuk 2 SOCIO-ECONOMISCHE & MILIEUJURIDISCHE SITUERING VAN bouw- en sloopactiviteiten	21
2.1 <i>Omschrijving, afbakening en indeling van de bouw- en sloopactiviteiten</i>	21
2.1.1 Afbakening en indeling van de bouw- en sloopactiviteiten	21
2.1.1.1 Afbakening van bouw- en sloopactiviteiten	21
2.1.1.2 Technische indeling van de bouw- en sloopactiviteiten	21
2.1.1.3 NACE-BEL indeling van de bouw- en sloopsector	22
2.1.2 Bedrijfskolom	25
2.2 <i>Socio-economische situering van de bouw- en sloopactiviteiten</i>	26
2.2.1 Aantal en omvang van bedrijven	26
2.2.2 Evolutie van omzet, toegevoegde waarde en bedrijfsresultaat	30
2.3 <i>Milieujuridische situering van de bouw- en sloopactiviteiten</i>	30
2.3.1 VLAREM	31
2.3.2 Overige Vlaamse regelgeving	36
2.3.3 Gemeentelijke regelgeving	37
2.3.4 Overige Belgische wetgeving	38
2.3.5 Europese wetgeving	39
2.3.6 Brusselse wetgeving	41
2.3.7 Buitenlandse wetgeving	41
Dagwaarde	42
Max. blootstellingsduur	42
Hoofdstuk 3 PROCESBESCHRIJVING	48
3.1 <i>Bouw- en sloopactiviteiten</i>	48
3.1.1 Bouw van gebouwen	48

3.1.2	Infrastructuurwerken	52
3.2	<i>Geluidshinder</i>	54
3.2.1	Geluid	54
3.2.2	Geluidshinder	58
3.2.2.1	Gevolgen geluidshinder	59
3.2.3	Bijdrage van bouw- en sloopactiviteiten aan geluidshinder	60
3.2.4	Geluidsbronnen bij bouw- en sloopwerken	65
3.2.4.1	Algemene geluidsbronnen	67
3.2.4.2	Bouwmaterieel	67
3.2.4.3	Transport	69
3.3	<i>Trillingshinder</i>	69
3.3.1	Trillingen	70
3.3.2	Trillingshinder	71
3.3.3	Bijdrage bouw- en sloopactiviteiten aan trillingshinder	72
3.3.4	Trillingsbronnen bij bouw- en sloopwerken	72
3.3.4.1	Bouwmaterieel	73
3.3.4.2	Transport	74
Hoofdstuk 4	BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN	75
4.1	<i>Overzichtstabel maatregelen</i>	76
4.2	<i>Generieke maatregelen</i>	78
4.2.1	Opleiding en bewustmaking personeel (professionelen)	78
4.2.2	Opstellen geluidsbeheersplan	79
4.2.3	Werkuren beperken	80
4.2.4	Beperken menselijke geluidsbronnen	82
4.2.5	Zo gunstig mogelijke indeling werf	82
4.2.6	Rijroutes vrachtverkeer aanpassen aan de omgeving	83
4.2.7	Transportcapaciteit optimaliseren	85
4.2.8	Motor voertuigen uitschakelen	86
4.2.9	Gebruik van een multi-frequentie achteruitrijalarm	86
4.2.10	Valhoogte materialen beperken en impactgeluid dempen	88
4.2.11	Geluids- en trillingsarm materieel gebruiken	89
4.2.12	Materieel voldoende onderhouden	91
4.2.13	Geluids- en trillingsdempers plaatsen (materieel)	92
4.2.14	Geluidswerende schermen	95
4.2.15	Trillingsreducerende schermen	97
4.2.16	Gebruik van zelfverdichtend beton	98
4.2.17	Gebruik prefab-elementen	100
4.2.18	Voorzien van een werfaansluiting indien het volgens netbeheerder mogelijk is	101
4.2.19	Communicatie	102
4.2.20	Tegemoetkoming	103
4.3	<i>Specifieke maatregelen voor funderingswerken</i>	104
4.3.1	Vorboren, voorgraven of voorspuiten	104
4.3.2	Funderingspalen boren of schroeven	105
4.3.3	Hydraulisch fundering heien	106
4.3.4	Fundering hydraulisch indrukken	107
4.3.5	Fundering intrillen	108
4.3.6	Gebruik van een geluidsdempende balg of mantel	110
4.3.7	Gebruik van een geluidsdempende heimuts en adapter	111
4.3.8	Gebruik van een geïsoleerd heiblok	112
4.4	<i>Specifieke maatregelen voor sloopwerken</i>	113
4.4.1	Pyrotechnisch slopen	113

4.4.2	Hydraulische sloopschaar	114
4.4.3	Zagen en boren	115
4.4.4	Hydraulisch splijten	116
4.4.5	Drum-cutter	117
4.4.6	Waterstralen (renoveren)	118
Hoofdstuk 5 SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN		120
5.1	<i>Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken</i>	120
5.1.1	Methodologie BBT-selectie	120
5.1.2	BBT-selectie	126
5.2	<i>Bijkomende criteria</i>	131
5.3	<i>Conclusies</i>	138
Hoofdstuk 6 AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN		140
6.1	<i>Aanbevelingen voor milieubeleid</i>	140
6.1.1	Maatregelen opnemen in het lastenboek (bij overheidsopdrachten)	141
6.1.2	Charter werftransport	142
6.1.3	Minder hinder	142
6.1.4	Gedragscode	143
6.1.5	Inzetten op verhuur- en leasemarkt bouw- en sloopmaterieel	143
6.1.6	Faciliteren van werfaansluitingen	143
6.1.7	Informatiecampagne	144
Hoofdstuk 7 Technieken in opkomst		145
7.1	<i>Technieken in opkomst</i>	145
7.1.1	Generator op mierenzuur	145
7.1.2	Elektrische bouwvoertuigen	146
7.2	<i>Evaluatie technieken in opkomst</i>	147
LITERATUURLIJST		148
BIJLAGE 1: MEDEWERKERS VAN BBT-STUDIE		154

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: De economische indeling van de bouw- en sloopsector volgens de NACE-BEL nomenclatuur	22
Tabel 2: Overzicht van de geldende Vlaamse Regelgeving voor bouw- en sloopactiviteiten	31
Tabel 3: VLAREM II-rubrieken waarvoor een uitzondering geldt wanneer ze worden uitgevoerd tijdens wegen, bouw- en/of sloopwerken	32
Tabel 4: Dagwaarde en maximale blootstellingsduur volgens het Nederlandse Bouwbesluit 2012.....	42
Tabel 5: Streefwaarden dagperiode voor continue of herhaald voorkomende trillingen gedurende een korte periode voor alle gebouwfuncties	45
Tabel 6: Streefwaarden avond- en nachtperiode voor continue of herhaald voorkomende trillingen gedurende een korte periode, per gebouwfunctie	45
Tabel 7: Geluidshinder (tamelijk tot extreem) van specifieke hinderbronnen (selectie subcategorieën), vergelijking SLO-metingen – Vlaams Gewest.....	63
Tabel 8: Overzicht van geluidsbronnen bij bouw- en sloopactiviteiten, met bijhorend geluidsvermogen	66
Tabel 9: Karakterisering van trillingsbronnen met bijhorende trillingsexcitatie en trillingsfrequentie (Hz) (van Staalduin et al., 1993)	71
Tabel 10: Overzicht van de maatregelen om geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten te beperken	76
Tabel 11: Overzicht van demping geluidsbronnen bij heien, door mantel en balg.....	110
Tabel 12: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT	126
Tabel 13: Indeling van maatregelen in categorieën.....	130
Tabel 14: Overzicht van de belangrijkste initiatiefnemer(s) per maatregel (BBT of BBT vgtg)	140
Tabel 15: Evaluatie technieken in opkomst	147

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: <i>Plaats van bouw- en sloopactiviteiten in de bedrijfskolom en de relatie met andere economische activiteiten (EC, 2012)</i>	25
Figuur 2: Principe fundering op staal (plaatfundering) waarbij gewicht van de structuur verspreid wordt over de funderingsplaat en daarbij de bodem	50
Figuur 3: Diepteverdichting met behulp van een trilnaald	50
Figuur 4: In de grond gevormde, grondverdringende betonpaal, schroevend op diepte gebracht door middel van een stalen hulpbuis met groutinjectie (Dupont et al., 2006).	51
Figuur 5: Doorsnede vervaardiging van funderingsdiepwand (Constructiv, NN)	52
Figuur 6: Dwarsdoorsnede van de opbouw van een weg (Constructiv, NN)	53
Figuur 7: Auditieve gewaarwording of gespreksmogelijkheden ten opzichte van de geluidsomgeving (website FOD VVVL)	55
Figuur 8: Puntbron vs lijnbron (Bruël & Kjaer in Leefmilieu Brussel, s.d. b)	57
Figuur 9: Schematische weergave van een niveauverhoging voor twee even luide bouwmachines (Merkblatt Baulärm, 2016)	58
Figuur 10: Pyramide van geluidseffecten (WHO, 1972)	60
Figuur 11: Aantal mensen in de Europese Unie dat blootgesteld wordt aan een geluidsbelasting van meer dan 55 dB(A), per type geluidsbron (EEA, 2018)	61
Figuur 12: Verdeling van het aantal ontvangen klachten bij Milieu-inspectie in 2015 per thema op basis van klachtenboek Vlaamse Ombudsman	64
Figuur 13: Verloop van verschillende types trillingen in de tijd (van Staalduin et al., 1993)	70
Figuur 14: De drie factoren die trillingshinder bepalen (aangepast) (Mertens et al., 1995)	73
Figuur 15: Schematische weergave van het Minder Hinder Draaiboek	84
Figuur 16: Verschil tussen klassiek achteruitrijalarm en gericht multi-frequentie alarm (website Groot Jebbink)	87
Figuur 17: Silent blocks (website Hutchinson Paulstra)	93
Figuur 18: Machine in een omkasting, aangepast (BSI, 2008)	93
Figuur 19: Doorsnede van een uitlaatdemper met meerdere kamers	94
Figuur 20: Geluidswerende schermen rond een werfsite (website Construction News)	95
Figuur 21: Werken tussen akoestische panelen (website Protecta Screen, 2019 en BSI, 2008)	96
Figuur 22: Illustratie van de geluidsdemping (dB) bij geluidswerend scherm, afhankelijk het verschil in afstand (a+b-c) en van de frequentie (Hz) (BSI, 2008)	96
Figuur 23: Voortplanting van de trillingsenergie vóór en na de plaatsing van een scherm	97
Figuur 24: Werfaansluiting klaar voor gebruik (Eandis, s.d.)	101
Figuur 25: Hydraulisch heiblok (website Ab-fab)	107
Figuur 26: Hydraulische indrukinstallatie voor prefab-betonpalen (links) en hydraulische indrukinstallatie voor damwanden (rechts) (bronnen: www.drukpaal.nl & https://www.sterk.eu/)	108
Figuur 27: Damwand intrillen met resonantietechniek	109
Figuur 28: Harmonicavormige mantels rond de paal (website Vroom Funderingstechnieken en website Dieseko Group)	111
Figuur 29: Heimuts op betonnen heipaal (website Joost de Vree)	112
Figuur 30: Doorsnede van een in een boorgat aangebrachte cartridge (Attahiri, 2014)	114
Figuur 31: Hydraulische sloopschaar op kraan (links) (website Dehaco) en hydraulische handsloopschaar (rechts) (Linkedin Bas Kriesels, 2018)	115
Figuur 32: Diamanddraadzaag (HSE, 1997)	116
Figuur 33: Hydraulische splijtmachine (website Specialist Cutting Services Limited)	117

Figuur 34: Links een drum-cutter aan het werk; rechts een transversale-, longitudinale- en wiel-drum-cutter (website www.drumcutters.com)	117
Figuur 35: Waterstraalrobot die brugwand aanpakt (HSE, 1997)	118
Figuur 36: Selectie van BBT op basis van scores voor verschillende criteria	123
Figuur 37: Illustratieve weergave van de categorisering	132
Figuur 38: Generator op mierenzuur (TU/e, 2018).....	146

DRAAF

LIJST VAN AFKORTINGEN

AWV	Agentschap Wegen en Verkeer
BAT	Best Available Techniques
BAT-AEL	Emission levels associated with the best available techniques
BBT	Beste Beschikbare Technieken
bc	belangrijkecode
BEMP	Best Environmental Management Practices
BREF	BAT reference document
BS	Belgisch Staatsblad
BTW	belasting over de toegevoegde waarde
dB	Decibel
EC	Europese Commissie
EG	Europese Gemeenschap
EIPPCB	European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau
EMAS	Europees Milieumanagement- en Audit Schema
EMIS	Energie en Milieu Informatiesysteem voor het Vlaamse Gewest
EU	Europese Unie
FOD VVVL	FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu
GOP	Afdeling Gebiedsontwikkeling, Omgevingsplanning en -projecten van het Departement Omgeving
GPBV	Geïntegreerde Preventie en Bestrijding van Verontreiniging
Hz	Herz
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IWT	Instituut Innovatie door Wetenschap en Technologie
K.B.	Koninklijk Besluit
kmo	kleine of middelgrote onderneming
LIMOSA	Landenoverschrijdend Informatiesysteem ten behoeve van Migratieonderzoek bij de Sociale Administratie
MER	milieueffectrapportage
n.v.t.	niet van toepassing
n.v.w.b.	niet visueel waarneembaar
NACE	Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes
NBB	Nationale Bank van België
NIS	Nationaal Instituut voor de Statistiek
NOMEVAL	Noise of Machinery – Evaluation of Directive 2000/14/EC
ODELIA	OutDoor Equipment Noise Limit Assessment
OMG	Departement Omgeving van de Vlaamse Overheid
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
RIE	Richtlijn Industriële Emissies (2010/75/EU)
RSZ	Rijksdienst voor Sociale Zekerheid
SLO	Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek
SRD	Sectoral Reference Document
UNIZO	Unie van Zelfstandige Ondernemers
v.g.t.g.	van geval tot geval
VEA	Vlaams Energieagentschap
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek

VLAREBO	Besluit van de Vlaamse Regering houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming
VLAREM II	Besluit van de Vlaamse regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne
VLAREM III	Besluit van de Vlaamse regering houdende bijkomende algemene en sectorale voorwaarden voor GPBV-installaties
VLAREMA	Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen
VLM	Vlaamse Landmaatschappij
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VVSG	Vereniging van Vlaamse Steden en Gemeenten
WTCB	Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
ZG	Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid
ZVB	Zelfverdichtend beton

DRAPPEL

HOOFDSTUK 1 OVER DEZE BBT-STUDIE

In dit hoofdstuk lichten we eerst het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT) toe. Vervolgens schetsen we het algemene kader van deze Vlaamse BBT-studie. Onder meer de doelstellingen, de inhoud, de begeleiding en de werkwijze van de BBT-studie worden verduidelijkt.

1.1 Beste Beschikbare Technieken in Vlaanderen

1.1.1 Definitie

Het begrip "Beste Beschikbare Technieken", afgekort BBT, wordt in VLAREM II , artikel 1.1.2, gedefinieerd als:

"het meest doeltreffende en geavanceerde ontwikkelingsstadium van de activiteiten en exploitatiemethoden, waarbij de praktische bruikbaarheid van speciale technieken om in beginsel het uitgangspunt voor de emissiegrenswaarden en andere vergunningsvoorwaarden te vormen is aangetoond, met het doel emissies en effecten op het milieu in zijn geheel te voorkomen of, wanneer dat niet mogelijk blijkt algemeen te beperken;

- "technieken": zowel de toegepaste technieken als de wijze waarop de installatie wordt ontworpen, gebouwd, onderhouden, geëxploiteerd en ontmanteld;
- "beschikbare": op zodanige schaal ontwikkeld dat de betrokken technieken, kosten en baten in aanmerking genomen, economisch en technisch haalbaar in de industriële context kunnen worden toegepast, onafhankelijk van de vraag of die technieken al dan niet op het grondgebied van het Vlaamse Gewest worden toegepast of geproduceerd, mits ze voor de exploitant op redelijke voorwaarden toegankelijk zijn;
- "beste: het meest doeltreffend voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van bescherming van het milieu in zijn geheel."

Deze definitie vormt het vertrekpunt om het begrip BBT concreet in te vullen voor de bouw- en sloopactiviteiten in Vlaanderen.

1.1.2 Beste Beschikbare Technieken als begrip in het Vlaamse milieubeleid

Achtergrond bij begrip

Bijna elke menselijke activiteit (b.v. woningbouw, industriële activiteit, recreatie, landbouw) beïnvloedt op de één of andere manier het leefmilieu. Vaak is het niet mogelijk in te schatten hoe schadelijk die beïnvloeding is. Vanuit deze onzekerheid wordt geoordeeld dat iedere activiteit met maximale zorg moet uitgevoerd worden om het leefmilieu zo weinig mogelijk te belasten. Dit stemt overeen met het zogenaamde voorzorgsbeginsel.

In haar milieubeleid gericht op het bedrijfsleven heeft de Vlaamse overheid dit voorzorgsbeginsel vertaald naar de vraag om de "Beste Beschikbare Technieken" toe te passen. Deze vraag wordt als zodanig opgenomen in de algemene voorschriften van VLAREM II (art. 4.1.2.1). Het toepassen van de BBT betekent in de eerste plaats dat

iedere exploitant al wat technisch en economisch mogelijk is, moet doen om milieuschade te vermijden. Daarnaast wordt ook de naleving van de vergunningsvoorwaarden geacht overeen te stemmen met de verplichting om de BBT toe te passen.

Binnen het Vlaamse milieubeleid wordt het begrip BBT in hoofdzaak gehanteerd als basis voor het vastleggen van vergunningsvoorwaarden. Dergelijke voorwaarden die aan inrichtingen in Vlaanderen worden opgelegd steunen op twee pijlers:

- de toepassing van de BBT;
- de resterende milieueffecten mogen geen afbreuk doen aan de vooropgestelde milieukwaliteitsdoelstellingen.

Ook de Europese Richtlijn Industriële Emissies (2010/75/EU) en haar voorganger, de "IPPC" Richtlijn (2008/1/EC), schrijven de lidstaten voor op deze twee pijlers te steunen bij het vastleggen van vergunningsvoorwaarden voor activiteiten genoemd in Bijlage I bij de richtlijn.

Concretisering van begrip

Om concreet inhoud te kunnen geven aan het begrip BBT, dient de algemene definitie van VLAREM II nader verduidelijkt te worden. Het BBT-kenniscentrum hanteert onderstaande invulling van de drie elementen.

- "Beste" betekent "beste voor het milieu als geheel", waarbij het effect van de beschouwde techniek op de verschillende milieucompartimenten (lucht, water, bodem, afval, ...) wordt afgewogen;
- "Beschikbare" duidt op het feit dat het hier gaat over iets dat op de markt verkrijgbaar en redelijk in kostprijs is. Het zijn dus technieken die niet meer in een experimenteel stadium zijn, maar effectief hun waarde in de bedrijfspraktijk bewezen hebben. De kostprijs wordt redelijk geacht indien deze haalbaar is voor een 'gemiddeld' bedrijf uit de beschouwde sector én niet buiten verhouding is tegenover het behaalde milieuresultaat;
- "Technieken" zijn technologieën én organisatorische maatregelen. Ze hebben zowel te maken met procesaanpassingen, het gebruik van minder vervuilende grondstoffen, end-of-pipe maatregelen, als met goede bedrijfspraktijken.

Het is hierbij duidelijk dat wat voor het ene bedrijf een BBT is dat niet voor een ander hoeft te zijn. Toch heeft de ervaring in Vlaanderen en in andere regio's/landen aangetoond dat het mogelijk is algemene BBT-lijnen te trekken voor groepen van bedrijven die dezelfde processen gebruiken en/of gelijkaardige producten maken. Dergelijke sectorale of bedrijfstak-BBT maken het voor de overheid mogelijk sectorale milieuvorwaarden vast te leggen. Hierbij zal de overheid doorgaans niet de BBT zelf opleggen, maar wel de milieuprestaties die met BBT haalbaar zijn als norm beschouwen.

Het concretiseren van BBT voor sectoren vormt tevens een nuttig referentiepunt bij het toekennen van steun bij milieuvriendelijke investeringen door de Vlaamse overheid. De regeling ecologiepremie bepaalt dat bedrijven die milieu-inspanningen leveren die verdergaan dan de wettelijke vereisten, kunnen genieten van een investeringssubsidie.

1.2 BBT-studie voor geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten

1.2.1 Aanleiding en doelstellingen van de studie

Aanleiding

Naar aanleiding van de resultaten van het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek (SLO) van 2013 (zie 3.2.2) nam Vlaams minister van omgeving Joke Schauvliege in haar Beleidsnota Omgeving volgende paragraaf op: "...Uit het SLO (schriftelijk leefomgevingsonderzoek) in 2013 bleek een stijgende trend in geluid- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten en geurhinder van houtkachels. Ik laat onderzoeken welke maatregelen kunnen genomen worden om deze bronnen van stijgende hinder aan te pakken."

In deze studie wordt onderzocht welke maatregelen kunnen genomen worden om geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten aan te pakken.

Doelstellingen

Het doel van deze studie is het aanreiken van maatregelen die geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten beperken aan iedereen die deze hinder veroorzaakt, ondervindt of reguleert. Concreet wordt in deze studie:

- Een inventaris opgemaakt van maatregelen die geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten beperken;
- Uit de inventaris van maatregelen de BBT (Beste Beschikbare Technieken) geselecteerd;
- Op basis van de BBT aanbevelingen geformuleerd voor milieubeleid.

Bij deze doelstellingen wordt rekening gehouden met:

- het aantal potentieel gehinderden en daarmee samenhangend de zones waarin de werken plaatsvinden en het tijdstip waarop de werken doorgaan;
- de draagkracht van de uitvoerders, waarbij er wordt gekeken naar de eventuele vereiste tot investeringen en zo nodig een onderscheid gemaakt wordt tussen werken uitgevoerd door particulieren en door aannemers;

Ook omkaderende maatregelen zoals communicatie worden mee in de studie opgenomen.

De maatregelen die worden voorgesteld hebben dus als eerste doel de hinder op de omgeving van de bouw- en sloopwerken te beperken. Maatregelen ter bescherming van de werknemers op de werf komen niet aan bod in deze studie, al zullen deze in de praktijk vaak overlappen met de hinderbeperkende maatregelen voor de buurt.

Zowel vergunningverleners, milieutoezichthouders en omwonenden van werven als de bouwsector en particulieren zullen deze studie als informatiebron kunnen gebruiken.

1.2.2 Inhoud van studie

Vertrekpunt van het onderzoek naar de Beste Beschikbare Technieken voor geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten is een socio-economische doorlichting (hoofdstuk 2). Dit laat ons toe de economische gezondheid van de sector in te schatten,

wat van belang is bij het beoordelen van de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen.

In hoofdstuk 3 wordt de procesvoering in detail beschreven en wordt per processtap nagegaan welke milieueffecten optreden. Ook wordt er algemeen beschreven wat geluid en trillingen zijn en hoe daarbij hinder kan ontstaan. Er is ook aandacht voor de (beperkte) relatieve bijdrage van bouw- en sloopactiviteiten aan de algemene blootstelling aan geluids- en trillingshinder.

Op basis van een uitgebreide literatuurstudie, aangevuld met gegevens van leveranciers en bedrijfsbezoeken, wordt in hoofdstuk 4 een inventaris opgesteld van milieuvriendelijke technieken voor de bouw- en sloopactiviteiten. Vervolgens, in hoofdstuk 5, vindt voor elk van deze technieken een evaluatie plaats, niet alleen van het globaal milieurendement, maar ook van de technische en economische haalbaarheid. Deze grondige afweging laat ons toe de Beste Beschikbare Technieken te selecteren.

De BBT zijn op hun beurt de basis voor een aantal suggesties om de bestaande milieuregelgeving te evalueren, te concretiseren en aan te vullen (hoofdstuk 6). Tevens worden in hoofdstuk 7 aanbevelingen voor verder onderzoek en technologische ontwikkeling geformuleerd.

De BBT-studie is in grote mate gebaseerd op literatuuronderzoek. Er werden verschillende pogingen gedaan (o.a. aan de hand van een vragenlijst) om rechtstreeks input te krijgen vanuit de bouw- en sloopsector, echter was de respons daarop meestal beperkt. Daardoor ontbreekt er hier en daar relevante informatie, bijvoorbeeld aangaande de implementatiegraad of de kosten van de maatregelen.

HOOFDSTUK 2 **SOCIO-ECONOMISCHE & MILIEUJURIDISCHE SITUERING VAN BOUW- EN SLOOPACTIVITEITEN**

In dit hoofdstuk geven we een situering en doorlichting van de bouw- en sloopactiviteiten, zowel socio-economisch als milieujuridisch.

Vooreerst trachten we de bedrijfstak te omschrijven en het onderwerp van studie zo precies mogelijk af te bakenen. Daarna bepalen we een soort barometerstand van de sector (geen cijfers beschikbaar voor particulieren), aan de hand van een aantal socio-economische kenmerken. In een derde paragraaf gaan we dieper in op de belangrijkste milieujuridische aspecten voor de bouw- en sloopactiviteiten.

2.1 Omschrijving, afbakening en indeling van de bouw- en sloopactiviteiten

2.1.1 Afbakening en indeling van de bouw- en sloopactiviteiten

2.1.1.1 Afbakening van bouw- en sloopactiviteiten

De BBT-studie is gericht op de bouwnijverheid en op particulieren die bouwwerkzaamheden uitvoeren.

De bouwnijverheid omvat algemene bouwkundige en civieltechnische werken alsook het slopen of bouwrijp maken van terreinen. Al deze werken, alsook gelijkaardige werken uitgevoerd door particulieren, kunnen in principe geluidshinder en/of trillingshinder veroorzaken.

Mobiele brekers, ingedeeld onder rubriek 2.2.2, h) van de VLAREM-indelingslijst, vallen niet binnen de scope om hiervoor specifieke aanbevelingen te doen. Onder de sectorale milieuvorwaarden (subafdeling 5.2.2.4bis) van VLAREM II zijn immers voorschriften opgenomen om de geluids- en trillingshinder afkomstig van deze machines te beperken. Ook stofhinder afkomstig van bouw- en sloopactiviteiten wordt niet behandeld in deze studie. In hoofdstuk 6.12 van VLAREM II zijn reeds milieuvorwaarden opgenomen om de stofemissies te beheersen.

2.1.1.2 Technische indeling van de bouw- en sloopactiviteiten

De bouw- en sloopactiviteiten bedoeld in deze studie omvatten de algemene bouw van alle soorten gebouwen en ontwikkeling van bouwprojecten, de weg- en waterbouw (infrastructuurwerken) en gespecialiseerde bouwwerkzaamheden (o.a. sloopwerken) en dat voor nieuwbouwprojecten, renovaties en onderhoudswerken.

Een bouwproces kan ingedeeld worden in verschillende werffases (zie 3.1): het slopen en bouwrijp maken van een terrein, de installatie van de werf, de aanleg van funderingen, de eigenlijke constructie- of renovatiewerken (ruwbouw) tot en met de afwerking. Onderhoudswerken vinden buiten het hierboven beschreven bouwproces plaats. Al deze fases vallen in principe binnen de scope van de studie, doch het is duidelijk dat de potentiële hinder zal verschillen van fase tot fase. Bij de beoordeling van de toepasbaarheid van de maatregelen zal hier rekening mee gehouden worden.

Binnen de bouw- en sloopactiviteiten kan er een onderscheid gemaakt worden op basis van de grootte van de bouwbedrijven (zie ook grafiek 2). De meeste bouwbedrijven zijn eenmansbedrijven of KMO's. De grootte van het bouwbedrijf kan echter niet gelinkt worden aan een typische activiteit. Wel kan er een onderscheid gemaakt worden tussen bouwbedrijven die gespecialiseerd zijn in één activiteit van het bouwproces (bijvoorbeeld funderingsbedrijf of schrijnwerker) en vaak in onderaanneming werken en bouwbedrijven die als hoofdaannemer het gehele bouwproces coördineren.

Bouwwerken, en dan vooral reparaties of renovatiewerken, kunnen ook rechtstreeks door de eigenaar van het onroerend goed worden uitgevoerd. Deze groep van uitvoerders wordt in deze studie 'particulieren' genoemd.

Tot slot dient opgemerkt te worden dat niet alle bouwbedrijven eigenaar zijn van het materieel dat ze gebruiken. Materieel kan gehuurd of geleased worden van bedrijven die zelf geen bouw- of sloopactiviteiten uitvoeren, of kan gebruikt worden van andere bouw- en sloopbedrijven die hun materieel delen via (online) platformen zoals bijvoorbeeld Werflink.

2.1.1.3 NACE-BEL indeling van de bouw- en sloopsector

De NACE-BEL nomenclatuur is een benadering om sectoren volgens economische activiteit in te delen. Officiële statistieken, zoals gegevens van de Rijksdienst voor Sociale Zekerheid (RSZ) of het Nationaal Instituut voor de Statistiek (NIS), volgen meestal de indeling van NACE-BEL.

De bouw- en sloopsector valt onder de NACE-BEL sectie F Bouwnijverheid, rubrieken 41, 42 en 43. De verdere indeling van deze rubrieken is in Tabel 1 weergegeven.

Tabel 1: De economische indeling van de bouw- en sloopsector volgens de NACE-BEL nomenclatuur

NACE-BEL	Omschrijving
Sectie F	Bouwnijverheid
41	Bouw van gebouwen; ontwikkeling van bouwprojecten
41.1	Ontwikkeling van bouwprojecten
41.10	Ontwikkeling van bouwprojecten
41.101	Ontwikkeling van residentiële bouwprojecten
41.102	Ontwikkeling van niet-residentiële bouwprojecten
41.2	Burgerlijke en utiliteitsbouw
41.20	Burgerlijke en utiliteitsbouw
41.201	Algemene bouw van residentiële gebouwen
41.202	Algemene bouw van kantoorgebouwen
41.203	Algemene bouw van niet-residentiële gebouwen
42	Weg- en waterbouw
42.1	Bouw van wegen en spoorwegen
42.11	Bouw van autowegen
42.110	Bouw van autowegen en andere wegen

42.12	Bouw van boven- en ondergrondse spoorwegen
42.120	Bouw van boven- en ondergrondse spoorwegen
42.13	Bouw van bruggen en tunnels
42.130	Bouw van bruggen en tunnels
42.2	Bouw van civieltechnische werken ten behoeve van nutsbedrijven
42.21	Bouw van civieltechnische werken voor vloeistoffen
42.211	Bouw van water- en gasdistributienetten
42.212	Bouw van rioleringen
42.219	Bouw van civieltechnische werken voor vloeistoffen, n.e.g.
42.22	Bouw van civieltechnische werken voor elektriciteit en telecommunicatie
42.220	Bouw van civieltechnische werken voor elektriciteit en telecommunicatie
42.9	Bouw van andere civieltechnische werken
42.91	Waterbouw
42.911	Baggerwerken
42.919	Waterbouw, m.u.v. baggerwerken
42.99	Bouw van andere civieltechnische werken, n.e.g.
42.990	Bouw van andere civieltechnische werken, n.e.g.
43	Gespecialiseerde bouwwerkzaamheden
43.1	Slopen en bouwrijp maken van terreinen
43.11	Slopen
43.110	Slopen
43.12	Bouwrijp maken van terreinen
43.120	Bouwrijp maken van terreinen
43.13	Proefboren en boren
43.130	Proefboren en boren
43.2	Elektrische installatie, loodgieterswerk en overige bouwinstallatie
43.21	Elektrische installatie
43.211	Elektrotechnische installatiewerken aan gebouwen
43.212	Elektrotechnische installatiewerken, uitgezonderd aan gebouwen
43.22	Loodgieterswerk, installatie van verwarming en klimaatregeling
43.221	Loodgieterswerk
43.222	Installatie van verwarming, klimaatregeling en installatie
43.29	Overige bouwinstallatie
43.291	Isolatiewerkzaamheden
43.299	Overige bouwinstallatie, n.e.g.
43.3	Afwerking van gebouwen
43.31	Stukadoorswerk
43.310	Stukadoorswerk
43.32	Schrijnwerk
43.320	Schrijnwerk
43.33	Vloerafwerking en behangen
43.331	Plaatsen van vloer- en wandtegels
43.332	Plaatsen van vloerbedekking en wandbekleding van hout
43.333	Plaatsen van behang en vloerbedekking en wandbekleding van andere materialen
43.34	Schilderen en glaszetten
43.341	Schilderen van gebouwen
43.342	Schilderen van civieltechnische werken
43.343	Glaszetten
43.39	Overige werkzaamheden in verband met de afwerking van gebouwen
43.390	Overige werkzaamheden in verband met de afwerking van gebouwen
43.9	Overige gespecialiseerde bouwactiviteiten

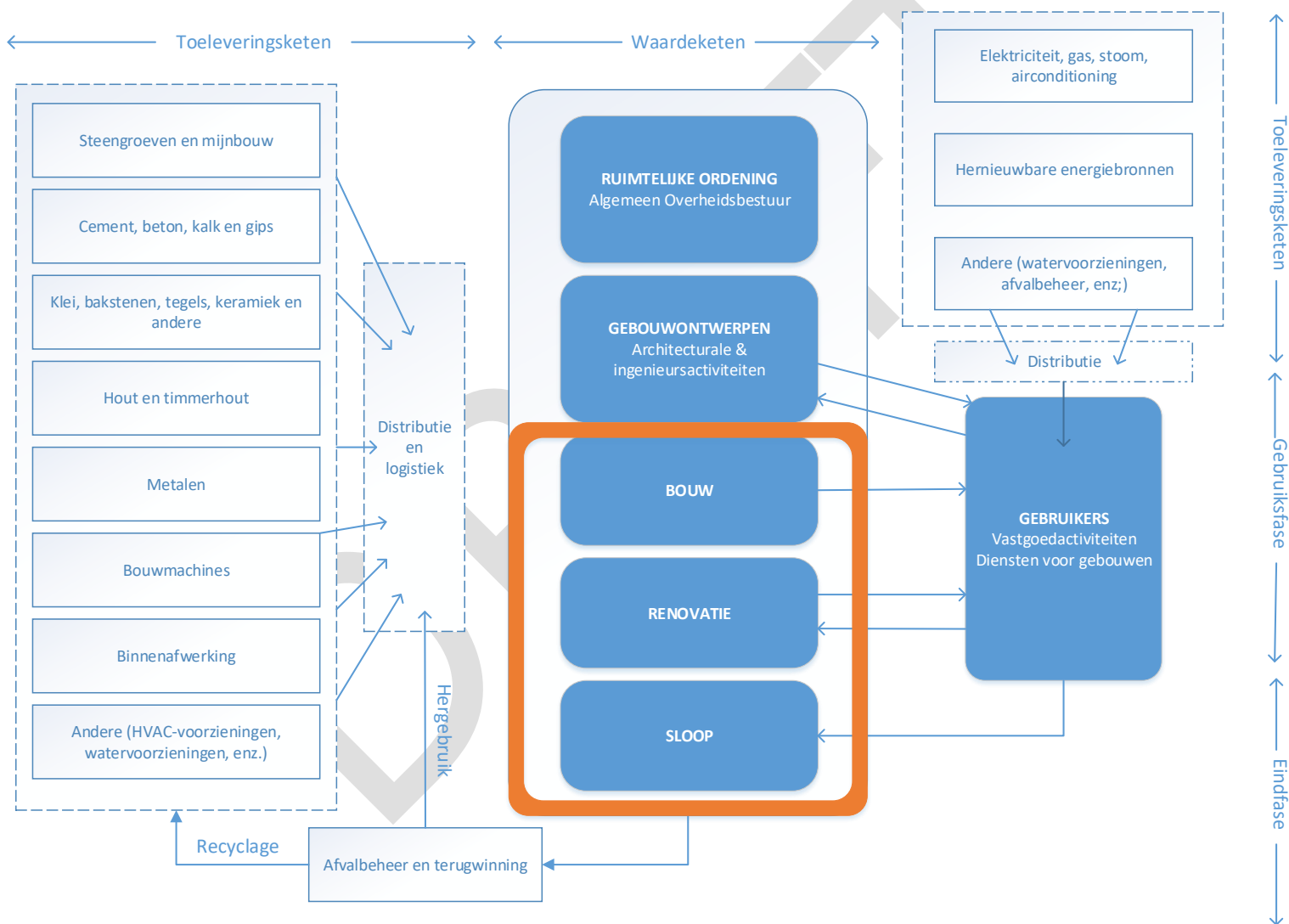
43.91	Dakwerkzaamheden
43.910	Dakwerkzaamheden
43.99	Overige gespecialiseerde bouwactiviteiten, n.e.g.
43.991	Waterdichtingswerken van muren
43.992	Gevelreiniging
43.993	Bouw van sierschouwen en open haarden
43.994	Uitvoeren van metsel- en voegwerken
43.995	Restaureren van bouwwerken
43.996	Chapewerken
43.999	Overige gespecialiseerde bouwwerkzaamheden

DRAAF

2.1.2 Bedrijfskolom

De plaats van de bouw- en sloopactiviteiten (oranje kader) in relatie met andere economische activiteiten wordt schematisch weergegeven Figuur 1. De waardeketen, waar de bouw- en sloopactiviteiten deel van uit maken, kan enkel bestaan dankzij een toeleveringsketen die de sector voorziet van grondstoffen en materieel. Deze toeleveringsketen bestaat in de bouwsector voor een deel uit verhuur- en leasebedrijven, die materiaal tijdelijk ter beschikking stellen van de bedrijven uit de waardeketen. De uitkomst van de waardeketen, met name vastgoed en infrastructuur, komt terecht bij de eindgebruikers; de huurders, eigenaars of beheerders.

De scope van deze studie bevindt zich in de waardeketen ter hoogte van de bouw-, renovatie-, en sloopactiviteiten. Andere actoren in de bedrijfskolom kunnen mogelijk ook geluids- en trillingshinder veroorzaken maar zijn, net als de overige milieuaspecten, geen onderwerp van deze studie.



Figuur 1: Plaats van bouw- en sloopactiviteiten in de bedrijfskolom en de relatie met andere economische activiteiten (EC, 2012)

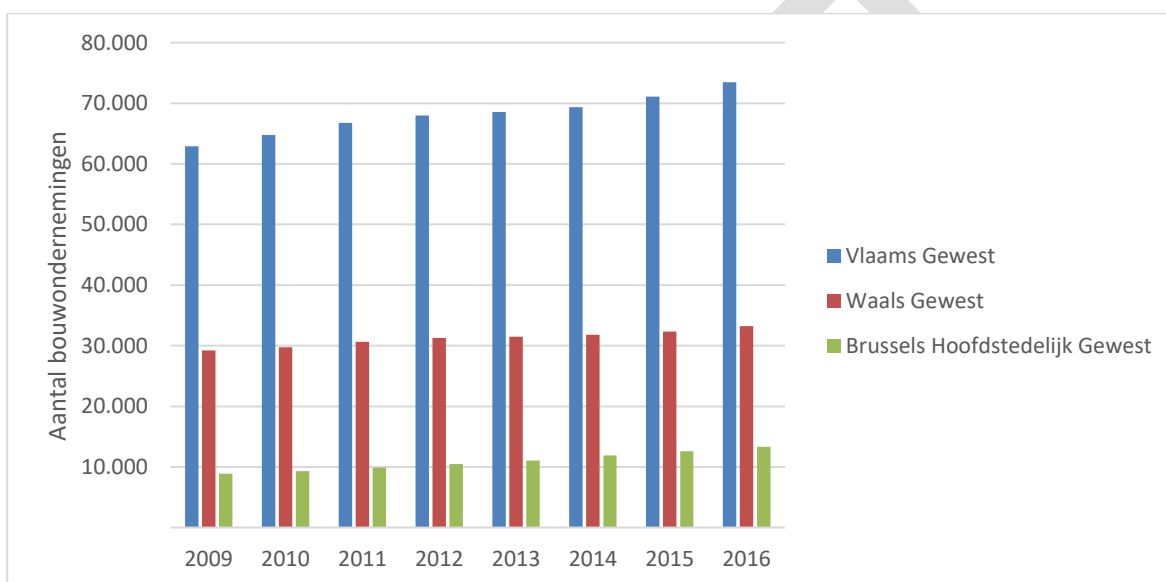
Ook hergebruik en recyclage maken deel uit van de bedrijfskolom. De in Vlaanderen aanwezige evolutie naar meer selectief slopen, onder andere door recente regelgeving rond sloopinventaris en slooppopvolgingsplan bij de meeste vergunningsplichtige sloop- of

ontmantelingswerken, heeft een invloed op de gebruikte technieken, die vaak ook minder lawaaierig zijn (bv. sloopschaar).

2.2 Socio-economische situering van de bouw- en sloopectiviteiten

In deze paragraaf wordt de toestand van de bouw- en sloopector geschetst aan de hand van enkele socio-economische indicatoren. Deze geven een algemeen beeld van de structuur van de sector en vormen de basis om in de volgende paragraaf de gezondheid van de sector in te schatten. Van de bouw- en sloopectiviteiten uitgevoerd door particulieren zijn er geen cijfers beschikbaar.

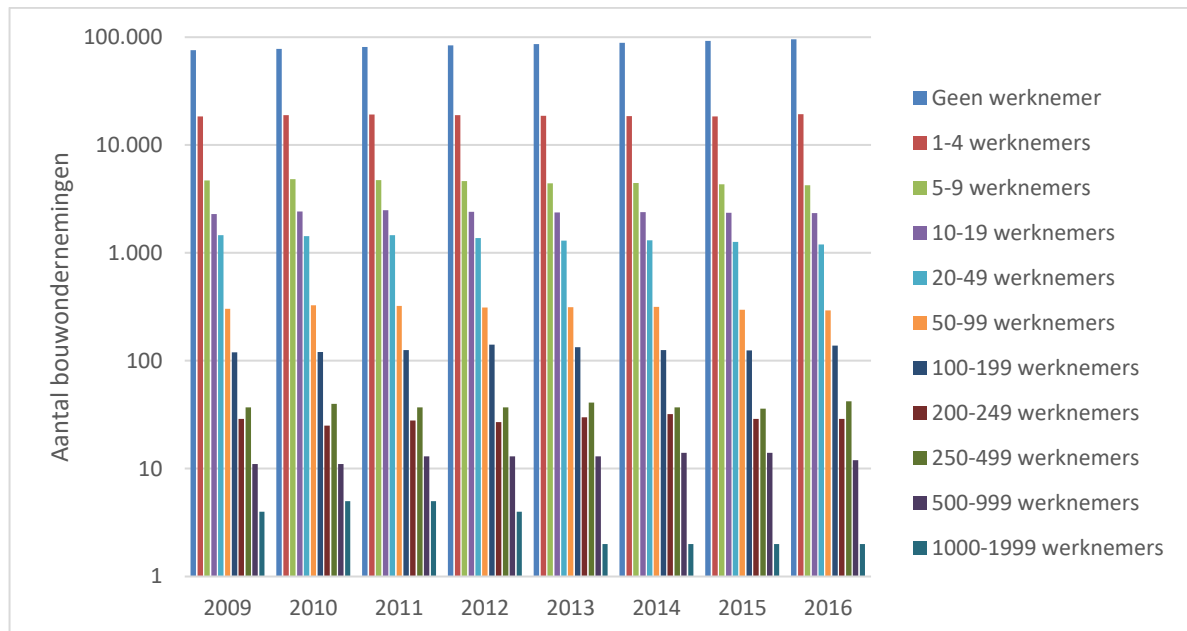
2.2.1 Aantal en omvang van bedrijven



Grafiek 1: Aantal bouwondernemingen per Gewest (gegevens Statbel, 2018)

In grafiek 1 wordt het aantal btw-plichtige ondernemingen die zijn ingedeeld onder de Bouwnijverheid weergegeven per Gewest, gebaseerd op de ligging van de maatschappelijke zetel. Onder Bouwnijverheid worden alle bedrijven opgenomen die onder sectie F zijn ingedeeld volgens de NACE-BEL-indeling (Bouw van gebouwen, weg- en waterbouw en gespecialiseerde bouwwerkzaamheden). Belgische ondernemingen in het buitenland en onbekende bedrijven zijn niet opgenomen in deze cijfers.

Er is een toename van het aantal bouwbedrijven over de jaren heen. Proportioneel is deze het grootst in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest waar men van 8893 bedrijven in 2009 is geëvolueerd naar 13318 ondernemingen in 2016. Het aantal bouwondernemingen in het Vlaams Gewest is ongeveer dubbel zo groot als het aantal bouwondernemingen in het Waals Gewest. Van alle Belgische btw-plichtige bedrijven in 2016 waren 14% bouwbedrijven.



Grafiek 2: Aantal bouwondernemingen per werknemersklasse - België (gegevens Statbel, 2018)

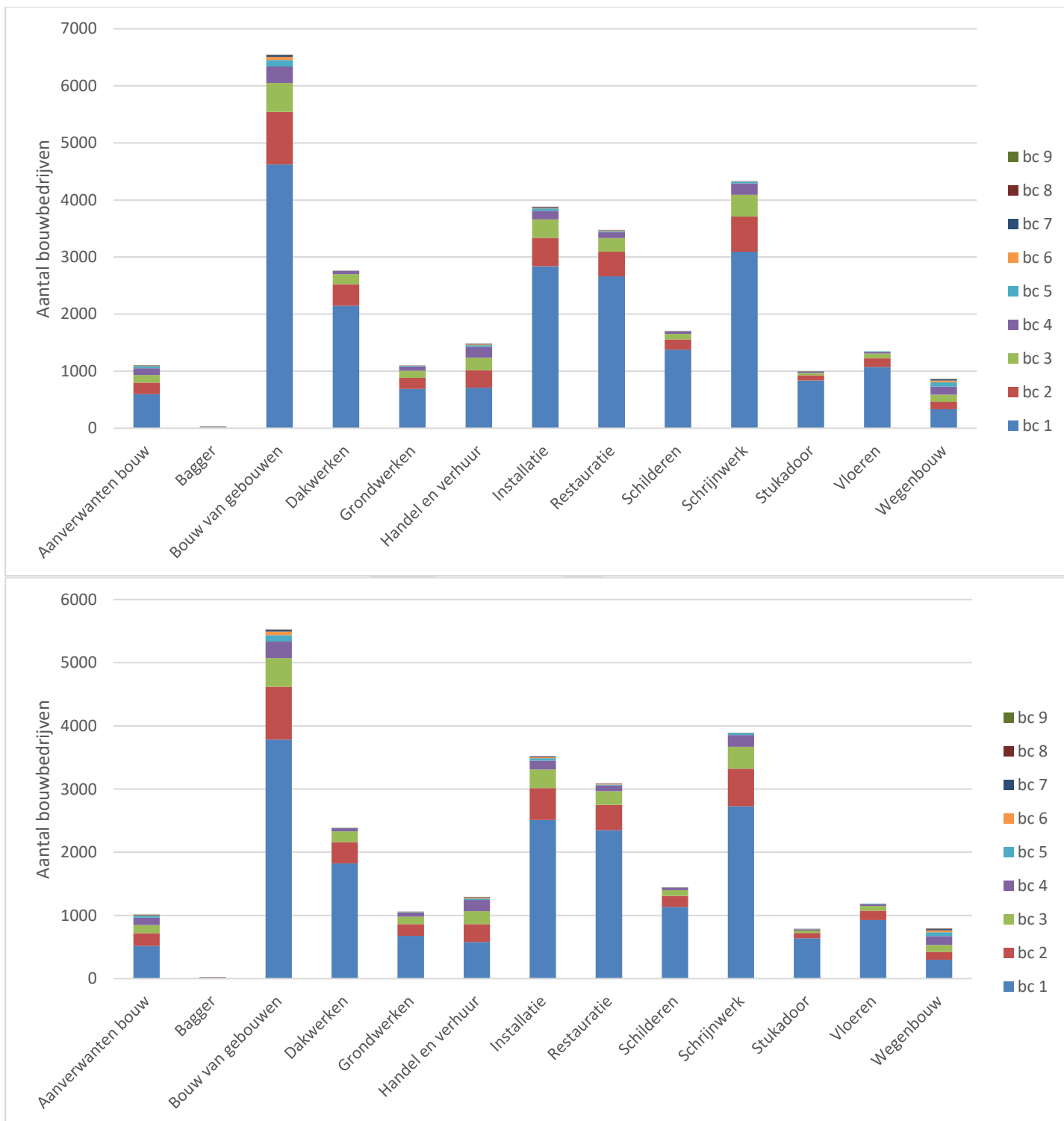
In grafiek 2 wordt het aantal Belgische btw-plichtige bouwondernemingen (let op: logaritmische schaal) weergegeven per werknemersklasse van 2009 tot en met 2016 (gegevens Statbel). Het grootste aantal ondernemingen heeft geen werknemers en zijn dus éénmansbedrijven. Er is ook een opvallende toename in het aantal ondernemingen zonder werknemers over de jaren heen van 75665 ondernemingen in 2009 naar 95743 in 2016, terwijl het aantal van de andere ondernemingen met werknemers stabiel blijven. De meeste bouwbedrijven zijn kmo's.

Niet alle bouw- en sloopbedrijven voeren echter even hindergevoelige activiteiten uit (zie Hoofdstuk 3 Procesbeschrijving). In grafiek 3 is een overzicht opgenomen van het aantal Belgische bouwbedrijven met werknemers in paritair comité 124 (paritair comité voor het bouwbedrijf), waarbij er een opdeling wordt gemaakt per subsector en per belangrijkheidscode (bc), en dat voor het jaar 2016 en het meer recente 2020.

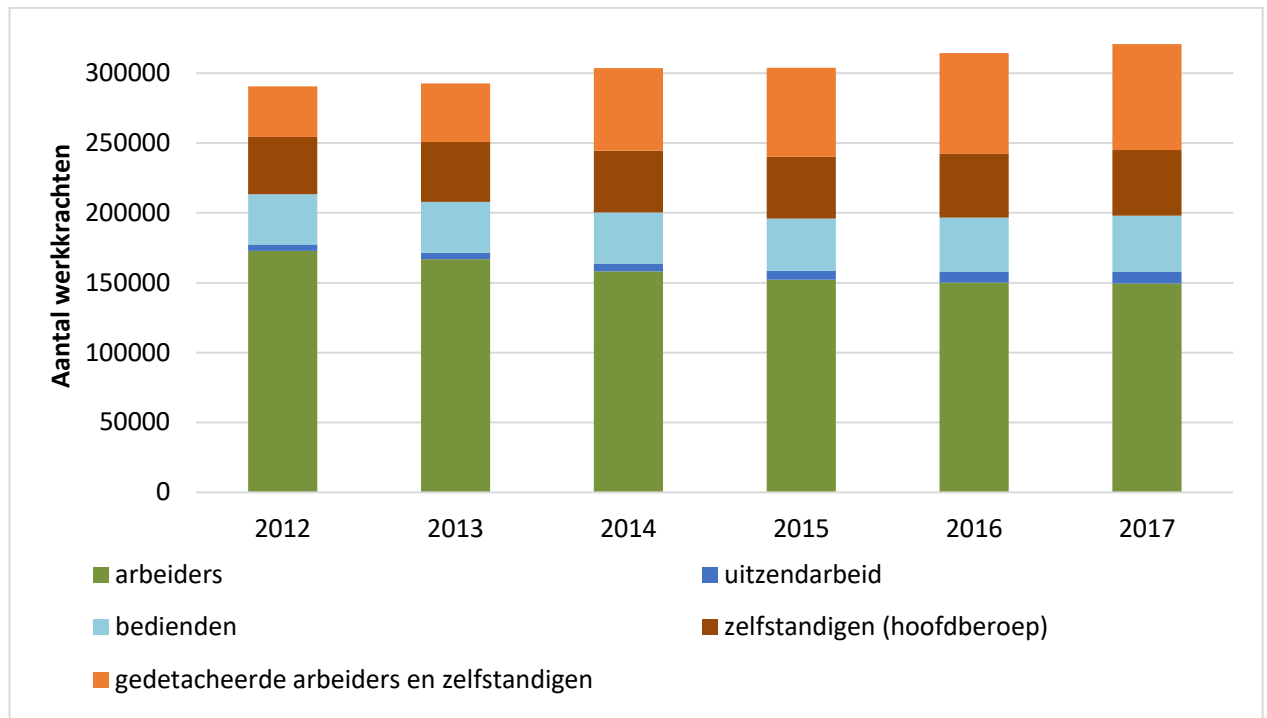
De belangrijkheidscode bepaalt de administratieve grootte van de onderneming in functie van het aantal tewerkgestelde werknemers (arbeiders en/of bedienden). Deze code wordt in de meeste gevallen bepaald op basis van het gemiddelde van het aantal werknemers dat tewerkgesteld is op het einde van het vierde kwartaal van het voorlaatste jaar en van het eerste, tweede en derde kwartaal van het laatste jaar. Hij is geldig vanaf het eerste kwartaal van het lopende jaar en wordt telkens bijgewerkt in februari van het lopende jaar (Sociale Zekerheid, 2020).

- bc 1: 1 tot 4 werknemers
- bc 2: 5 tot 9
- bc 3: 10 tot 19
- bc 4: 20 tot 49
- bc 5: 50 tot 99
- bc 6: 100 tot 199
- bc 7: 200 tot 499
- bc 8: 500 tot 999
- bc 9: 1000 of meer

Deze opdeling was enkel mogelijk voor bouwbedrijven met werknemers in paritair comité 124, al kunnen er op bouw- en sloopwerven ook andere statuten aanwezig zijn (bv. zelfstandigen, gedetacheerden,...).



Grafiek 3: Aantal Belgische bouwbedrijven met werknemers in paritair comité 124, per subsector en per belangrijkheidscode, in 2016 (boven) en 2020 (onder) (Constructiv, 2020)



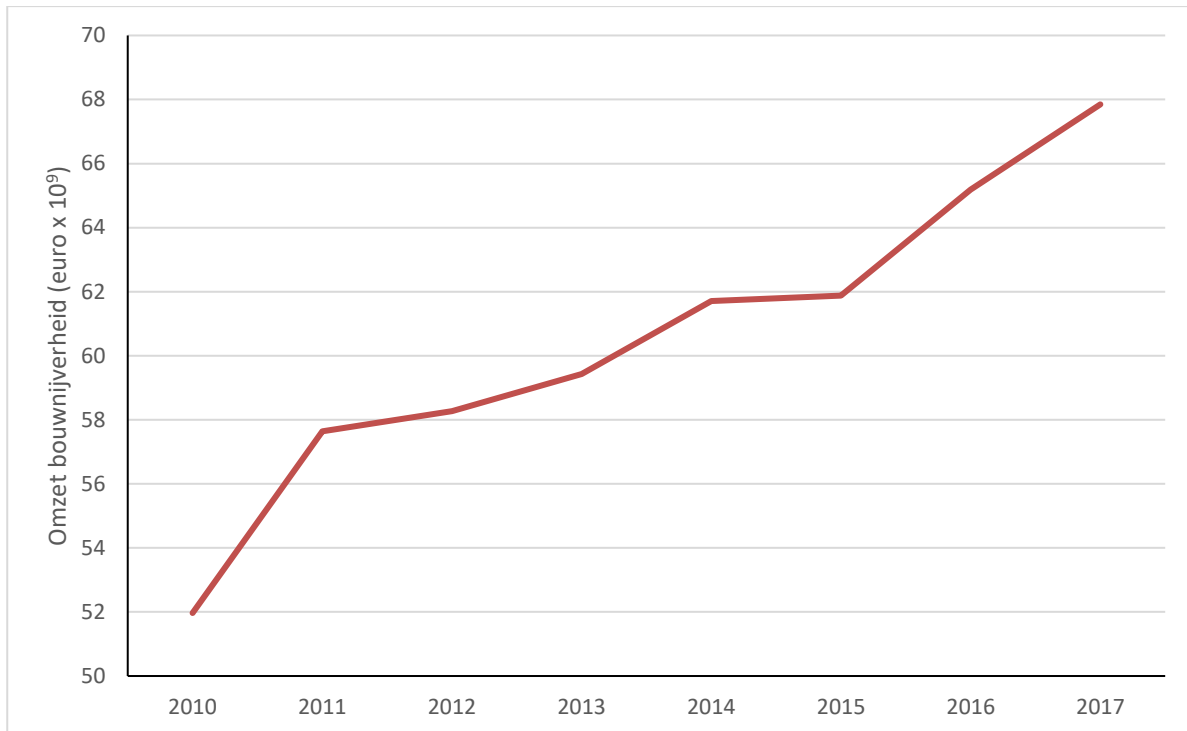
Grafiek 4: Statuut van de werkkrachten in de bouw en de verhouding gedetacheerde arbeiders en zelfstandigen ten opzichte van Belgische werkkrachten (Bouwunie, 2018 op basis van Constructiv, RSZ en RSVZ)

Op basis van de LIMOSA meldingsplicht voor buitenlandse werkgevers of zelfstandigen in ons land, kan het aantal buitenlandse werkkrachten actief op Belgische bouwerven becijferd worden. Het aandeel van gedetacheerde buitenlandse arbeidskrachten en zelfstandigen ten opzichte van de Belgische arbeidskrachten neemt jaarlijks toe. Mogelijk heeft de recente herziening van de Europese detacheringsrichtlijn van 28 juni 2018 (Directive 2018/957), waarin onder andere het loon van de gedetacheerde werknemers moet worden ingevuld volgens de geldende wetten en praktijken van het gastland, een invloed op de toekomstige evolutie van dit aandeel.

Gezien de vaak beperkte verblijftijd in het gastland en de taalbarrière is het mogelijk dat het ter kennis brengen van de goede praktijken moeizamer verloopt bij deze groep werkkrachten.

2.2.2 Evolutie van omzet, toegevoegde waarde en bedrijfsresultaat

Omzet



Grafiek 5: Omzet van de Belgische bouwnijverheid (gegevens Statbel, 2018)

In grafiek 5 wordt de omzet weergegeven die gegenereerd werd in de Belgische bouwnijverheid (NACE-afdeling 41, 42 en 43) van 2010 tot en met 2017. De omzet neemt elk jaar toe, tussen 2010 en 2017 met ongeveer 30%.

2.3 Milieujuridische situering van de bouw- en sloopactiviteiten

In onderstaande paragrafen wordt het milieujuridisch kader van deze BBT-studie geschetst. De aandacht gaat hierbij voornamelijk uit naar de regelgeving in Vlaanderen. Daarnaast komen ook de nationale, Brusselse, Nederlandse en Europese regelgeving aan bod. De meeste regelgeving die hier wordt beschreven, is gericht op het beperken van geluidshinder van bouw- en sloopactiviteiten. Voor trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten ontbreekt - naast de regelgeving betreffende welzijn op het werk, die buiten scope van deze studie valt - in Vlaanderen, België alsook op Europees niveau een milieujuridisch kader.

In Vlaanderen kan er een onderscheid gemaakt worden tussen 3 categorieën van voor bouw- en sloopactiviteiten van toepassing zijnde regelgeving. Voor onder VLAREM II ingedeelde inrichtingen zijn de in VLAREM opgenomen milieuvorwaarden van kracht. Voor activiteiten die volgens de Vlaamse Codex Ruimte Ordening (VCRO) omgevingsvergunningsplichtige stedenbouwkundige handelingen zijn, kunnen er in de omgevingsvergunning hinderbeperkende maatregelen opgelegd worden. Dit gebeurt in de praktijk echter zelden of nooit. Tot slot zijn voor niet-ingedeelde bouw- en sloopwerkzaamheden het strafwetboek en de gemeentelijke reglementen

(politiereglement of stedenbouwkundige verordening) van kracht, die algemeen gelden voor alle bouw- en sloopactiviteiten in de betreffende gemeente(n).

Tabel 2: Overzicht van de geldende Vlaamse Regelgeving voor bouw- en sloopactiviteiten

Bouw- en sloopactiviteiten	Regelgeving			
	Milieuvoorwaarden VLAREM II	Hinderbepenkende voorwaarden omgevingsvergunning	Gemeentelijke reglementen	Strafwetboek
Ingedeeld VLAREM II	✓ ¹	✓	✓	✓
Omgevingsvergunningsplichtig VCRO		✓	✓	✓
Niet omgevingsvergunningsplichtig			✓	✓

2.3.1 VLAREM

VLAREM II (Besluit van de Vlaamse regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne) regelt de indeling en milieuvorwaarden voor de hinderlijke inrichtingen in het Vlaamse Gewest. VLAREM III (Besluit van de Vlaamse regering houdende bijkomende algemene en sectorale bepalingen voor GPBV-installaties) geeft bijkomende milieuvorwaarden voor GPBV-installaties.

VLAREM II – indelingslijst

In VLAREM II wordt onderscheid gemaakt tussen drie klassen van hinderlijke inrichtingen. De inrichtingen of activiteiten van de eerste klasse brengen de grootste risico's of hinder mee. De inrichtingen of activiteiten van de derde klasse brengen de minste risico's of hinder mee. Tot welke klasse een inrichting hoort, hangt af van de voorkomende rubrieken, vermeld in bijlage 1 van VLAREM II 'Indelingslijst'.

Slechts enkele (deel)activiteiten van bouw- en sloopwerken zijn opgenomen in de indelingslijst van VLAREM II. Zo kunnen volgende rubrieken van VLAREM II voorkomen op een bouw- of sloopwerf:

- rubriek 2.2.2: opslag en mechanische behandeling van inerte afvalstoffen en niet-gevaarlijke afvalstoffen
- rubriek 3: 'Afvalwater en koelwater' indien in de inrichting afvalwater ontstaat
- rubriek 6.4 en 6.5: Opslagplaatsen voor brandbare vloeistoffen en brandstofverdeelinstallaties voor motorvoertuigen
- rubriek 15: Garages, parkeerplaatsen en herstellingswerkplaatsen voor motorvoertuigen
- rubriek 17: 'Gevaarlijke producten' (bv. voor opslag diesel voor stroomgroep)
- rubriek 30.3: Mortel en betonmortelcentrales
- rubriek 53.2 en 53.5: bronbemalingen met inbegrip van terugpompingen van onbehandeld en niet-verontreinigd grondwater in dezelfde watervoerende laag
- rubriek 55: verticale boringen

¹ Voor inrichtingen die in VLAREM II zijn ingedeeld in klasse 1 en 2 kunnen er in de omgevingsvergunning bijzondere voorwaarden worden opgenomen. Dit kan niet voor inrichtingen van klasse 3 omdat deze enkel meldingsplicht hebben.

- rubriek 61: tussentijdse opslagplaats voor uitgegraven bodem

Overwegende Art. 4.5.1.1. §2 van VLAREM II, dat stelt dat de VLAREM-bepalingen betreffende beheersing van geluidshinder niet van toepassing zijn tijdens bouw-, sloop- of wegenwerken (*zie VLAREM II – milieuvorwaarden*), zijn enkel bronbemalingspompen van klasse 3 ingedeeld tijdens de eigenlijke werken.

Verder zijn er voor een aantal rubrieken die kunnen voorkomen op een werf uitzonderingen opgenomen in de indelingslijst van VLAREM II zelf, waarbij de activiteit niet is ingedeeld wanneer ze wordt uitgevoerd tijdens wegen, bouw- en/of sloopwerken. Hiervoor worden verschillende formuleringen gebruikt (zie Tabel 3).

Tabel 3: VLAREM II-rubrieken waarvoor een uitzondering geldt wanneer ze worden uitgevoerd tijdens wegen, bouw- en/of sloopwerken

Rubriek	Subrubriek	Beschrijving	Uitzondering
1	1.2	opslagplaats voor aardpek, teer, asfalt, pek en dergelijke stoffen van meer dan 5000kg	de tijdelijke opslag op een bouwplaats is niet ingedeeld
2	2.1.1	opslag van afvalstoffen die niet aan de verwerking van afvalstoffen verbonden zijn	de volgende opslag is geen inrichting voor het verwerken van afvalstoffen: b) de opslag van inert bouw- en sloopafval op terreinen of bij inrichtingen waarvoor een geldige milieu- of bouwvergunning is afgeleverd en voor zover de opslag bijdraagt tot het realiseren van het voorwerp van de vergunning
	2.2.2	opslag en mechanische behandeling van afvalstoffen	Het mechanisch behandelen op de bouwplaats zelf, op percelen waarop de stedenbouwkundige vergunning voor het bouwwerk betrekking heeft, van inerte stoffen die bij de uitvoering van wegenwerken ontstaan, wordt in deze context evenmin als een behandeling van afvalstoffen beschouwd als die stoffen nuttig worden aangewend op die bouwplaats zelf. De nuttige toepassing moet blijken uit het feit dat als de restanten niet gebruikt zouden worden, een alternatief met vergelijkbare eigenschappen aangevoerd zou moeten worden als grondstof.
	2.3.11	het verzamelen of storten van winningsafval op een terrein, ongeacht of dat afval zich in vaste vorm, in een oplossing, in een suspensie, of in vloeibare toestand bevindt	uitgezonderd de volgende handelingen voor zover ze niet verboden zijn en als ze vergund zijn: b) herinjectie van uit mijnen en steengroeven gepompt grondwater of met civieltechnische bouw- of onderhoudswerkzaamheden geassocieerd grondwater
4	4.3	inrichtingen voor het mechanisch, pneumatisch of elektrostatisch	uitgezonderd het aanbrengen van bedekkingsmiddelen met behulp van rol, spuitbus, kwast of borstel, het

		aanbrengen van bedekkingsmiddelen	aanbrengen van bedekkingsmiddelen aan een gebouw of een andere vaste constructie, en het aanbrengen van wegmarkeringen en de activiteiten, vermeld in rubriek 11 (drukken)
12	12.1	elektriciteitsproductie	verplaatsbare elektriciteitsproductiegroepen tijdelijk ingezet voor de elektrische voeding van werktuigen, toestellen en installaties gebruikt bij de uitvoering van de eigenlijke bouw-, sloop- of wegenwerken en verplaatsbare elektrische noodgroepen zijn niet ingedeeld in rubriek 12.1
	12.2	transformatoren	verplaatsbare transformatoren opgesteld op een bouwplaats voor de uitvoering van eigenlijke bouw, sloop- of wegenwerken zijn niet ingedeeld in rubriek 12.2.
16	16.3	inrichtingen voor het fysisch behandelen van gassen (samenpersen-ontspannen)	luchtcompressoren, tijdelijk ingezet bij wegen-, bouw- en sloopactiviteiten, zijn niet ingedeeld
19		Hout (hout, houtschors, riet, vlas (houtachtig gedeelte), stro of soortgelijke producten)	Het verwerken van hout, houtschors, riet, vlas, stro of soortgelijke producten, gekoppeld aan de uitvoering van eigenlijke bouw- of sloopwerken, is niet in deze rubriek ingedeeld
29		metalen	Het mechanisch, thermisch of fysisch bewerken van metaal, alsook het stralen met zand of andere producten, gekoppeld aan de uitvoering van eigenlijke bouw- of sloopwerken, is niet in deze rubriek ingedeeld
	29.5.4	inrichtingen voor het fysisch behandelen van metalen of voorwerpen uit metaal of stralen met zand of andere producten	uitgezonderd het stralen van een gebouw of een andere vaste constructie
30	30.1	inrichtingen voor het mechanisch behandelen van minerale producten	inrichtingen voor het mechanisch behandelen van inerte afvalstoffen die bij de uitvoering van wegen- of sloopwerken ontstaan vallen niet onder deze rubriek
31	31.1	stationaire motoren en gasturbines	motoren met inwendige verbranding die opgesteld zijn op een bouwplaats voor de uitvoering van eigenlijke bouw, sloop- of wegenwerken, zijn niet (in deze rubriek) ingedeeld

60		geheel of gedeeltelijk opvullen van groeven, graverijen, uitgravingen en andere putten, met inbegrip van waterplassen en vijvers	onder deze rubriek valt niet het grondverzet en het gebruik van uitgegraven bodem, niet-verontreinigde bagger- en ruimingspecie of grondstoffen die overeenkomstig het VLAREMA voldoen aan de voorwaarden voor het gebruik als bodem in het kader van functionele ophogingen en aanvullingen die worden uitgevoerd boven het maaiveld met als doel het bouwrijp maken van terreinen of de realisatie van een grond- of bouwwerk
----	--	--	---

De meeste bouw- en sloopactiviteiten omvatten geen ingedeelde activiteiten en zijn dus niet omgevingsvergunningsplichtig omwille van milieuredenen. Deze niet-ingedeelde activiteiten vallen binnen de scope van deze studie.

VLAREM II - milieuvorwaarden

VLAREM II beschrijft de milieuvorwaarden waaraan ingedeelde inrichtingen moeten voldoen. Er worden drie soorten milieuvorwaarden onderscheiden: algemene, sectorale en bijzondere. De algemene milieuvorwaarden zijn van toepassing op alle hinderlijke inrichtingen. De sectorale milieuvorwaarden zijn specifiek van toepassing op welbepaalde hinderlijke inrichtingen, en primeren op de algemene voorwaarden. Daarnaast voorziet VLAREM II ook de mogelijkheid om bijzondere milieuvorwaarden op te leggen in de omgevingsvergunning.

Hoofdstuk 4.1 Algemene voorschriften

In hoofdstuk 4.1 van de algemene milieuvorwaarden voor ingedeelde inrichtingen wordt in artikel 4.1.3.2. vastgelegd dat de exploitant, door de beste beschikbare technieken toe te passen, alle nodige maatregelen moet treffen om de buurt niet te hinderen door geur, rook, stof, geluid, trillingen, niet-ioniserende stralingen, licht en dergelijke meer. De exploitant van ingedeelde inrichtingen moet dus te allen tijde de geluids- en trillingshinder beperken, ook tijdens de bouw- en sloopwerken.

Hoofdstuk 4.5 Beheersing van geluidshinder van ingedeelde inrichtingen

In hoofdstuk 4.5 van de algemene milieuvorwaarden worden er maatregelen opgelegd die de exploitant van een ingedeelde inrichting moet treffen om de geluidsproductie aan de bron en de geluidsoverdracht naar de omgeving te beperken. Naargelang de omstandigheden en op basis van de technologisch verantwoorde mogelijkheden volgens de beste beschikbare technieken wordt hierbij gebruik gemaakt van een oordeelkundige (her)schikking van de geluidsbronnen, geluidsarme installaties en toestellen, geluidsisolatie en/of -absorptie en/of -afscherming. Al deze voorwaarden zijn van toepassing op ingedeelde inrichtingen, uitgezonderd tijdens de eigenlijke bouw-, sloop- of wegenwerken (Art. 4.5.1.1. §2).

De overige bepalingen in hoofdstuk 4.5 zijn niet van toepassing en worden hier niet besproken. Voor niet-ingedeelde inrichtingen zijn er in Deel 6 van VLAREM II geen voorwaarden opgenomen met betrekking tot geluidshinder, behalve voor niet-ingedeelde muziekactiviteiten.

VLAREM II – Milieukwaliteitsnormen

In dit deel van VLAREM II worden milieukwaliteitsnormen vastgelegd die de kwaliteitseisen bepalen waaraan het betrokken onderdeel van het milieu in heel het Vlaamse Gewest moet voldoen.

Hoofdstuk 2.2 Milieukwaliteitsnormen voor geluid en beleidstaken ter zake

In hoofdstuk 2.2 worden de milieukwaliteitsnormen voor geluid en beleidstaken ter zake besproken. Dit zijn de kwaliteitseisen waaraan het milieuaspect 'geluid' in heel het Vlaams Gewest moet voldoen. De milieukwaliteitsnormen voor geluid en de beleidstaken ter zake worden vastgesteld in uitvoering van de federale kaderwet van 18 juli 1973.

De in VLAREM II-bijlage 2.2.1. aangegeven waarden in dB(A) gelden, afhankelijk van de ligging, als milieukwaliteitsnormen voor het $L_{A95,1h}$ -niveau van het omgevingsgeluid in open lucht. Ter beoordeling van het geluid van inrichtingen gelden deze waarden in dB(A) als richtwaarden waaraan het specifieke geluid van een inrichting wordt getoetst.

Verder wordt in dit hoofdstuk vastgelegd dat de Vlaamse Regering, overeenkomstig het decreet van 5 april 1995 houdende algemene bepalingen inzake milieubeleid, bijzondere milieukwaliteitsnormen kan vaststellen voor stiltegebieden en probleemzones en dat die normen kunnen worden uitgewerkt naargelang de omgeving of gevoeligheid van een bevolkingsgroep, naargelang bestaande of nieuwe situaties en naargelang het type omgevingslawaai.

Daarnaast worden in dit hoofdstuk ook beleidstaken betreffende de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai vastgelegd, overeenkomstig het Besluit van de Vlaamse Regering inzake de evaluatie en de beheersing van het omgevingslawaai van 22 juli 2005 (en wijzigingen), dat een omzetting is van onder andere de Europese Richtlijn 2002/49/EG inzake de beheersing van omgevingslawaai (zie punt 2.3.6).

Hierin worden ook beleidstaken betreffende de evaluatie en beheersing van omgevingslawaai vastgelegd (bijvoorbeeld de opmaak van geluidsbelastingkaarten en geluidsactieplannen).

Bijzondere milieuvorwaarden

Overeenkomstig hoofdstuk 3.3 van VLAREM II, kan de bevoegde overheid bijzondere milieuvorwaarden opleggen. Bijzondere milieuvorwaarden vullen de algemene en/of sectorale milieuvorwaarden aan, of stellen bijkomende eisen. Ze worden opgelegd met het oog op de bescherming van de mens en het leefmilieu, en met het oog op het bereiken van de milieukwaliteitsnormen.

Bijzondere voorwaarden kunnen worden opgelegd voor alle ingedeelde activiteiten.

Ze kunnen worden opgelegd in functie van lokale omstandigheden, bijvoorbeeld voor inrichtingen gelegen in de nabijheid van stiltebehoevende instellingen of zones (zie Afdeling 4.5.6 van VLAREM II):

- "stiltebehoevende instellingen": gebouwen waar omwille van de functie en het gebruik ervan het geluid in de omgeving steeds moet beperkt worden; dit zijn inzonderheid bejaardentehuizen, ziekenhuizen, scholen en gelijkaardige;
- "stiltebehoevende zones": zones waar omwille van de functie ervan het geluid in de omgeving al of niet tijdelijk moet beperkt worden; deze zones omvatten inzonderheid de woongebieden en de natuurgebieden met een wetenschappelijke waarde, volgens het gewestplan of een ruimtelijk uitvoeringsplan, alsook de erkende natuur- en bosreservaten.

Ook kunnen er, zoals bepaald in §3 van afdeling 4.5.6, strengere grenswaarden aan geluid worden opgelegd, wanneer het geluid van een inrichting een incidenteel,

fluctuerend, intermitterend of impulsachtig karakter vertoon, en dat in de nabijheid van de stiltebehoevende instellingen of zones.

2.3.2 Overige Vlaamse regelgeving

De onderstaande paragraaf geeft een opsomming (niet-limitatieve lijst) van overige Vlaamse milieuregelgeving die relevant is voor de bouw- en sloopactiviteiten.

Milieueffectrapportage

Het uitgangspunt van milieueffectrapportage (MER) is dat al in het stadium van de planning en de besluitvorming van bepaalde activiteiten de mogelijke schadelijke effecten voor mens en milieu in kaart worden gebracht, samen met die van de bestaande alternatieven voor die activiteiten. Deze regel volgt uit het voorzorgsbeginsel en het beginsel van preventief handelen (ook wel het voorkomingsbeginsel genoemd).

In het besluit van de Vlaamse regering van 10 december 2004 houdende de vaststelling van de categorieën van projecten onderworpen aan milieueffectrapportage zijn de infrastructuurprojecten opgenomen die onderworpen zijn aan een milieueffectrapportage (bijvoorbeeld stadsontwikkelingsprojecten en de aanleg van wegen). De initiatiefnemer kan een gemotiveerd verzoek tot ontheffing van de MER-plicht indienen bij de bevoegde administratie.

Voor meer informatie in verband met MER verwijzen we naar:
<https://www.lne.be/milieueffect-rapportage>.

Volgens het 'Richtlijnenboek geluid en trillingen' moet de MER-deskundige steeds beoordelen of er voor de constructiefase een afzonderlijke analyse moet worden uitgevoerd in een MER, afhankelijk van de potentiële hinder bij omwonenden. Indien relevant zal dus ook de aanlegfase van bovenstaande projecten belicht worden en kunnen er eventueel milderende maatregelen worden voorgesteld.

Vlaamse Codex Ruimtelijke Ordening

In de Vlaamse Codex Ruimtelijke Ordening en zijn uitvoeringsbesluiten is de vergunningsplicht van bouw- en sloopwerkzaamheden geregeld. Afhankelijk van het type van bouw- en sloopwerk is voor het uitvoeren van de stedenbouwkundige handelingen:

- een omgevingsvergunning nodig;
- een melding nodig;
- een vrijstelling van melding.

In deze wetgeving zijn geen specifieke vereisten opgenomen naar geluids- of trillingshinder. In sommige omgevingsvergunningen voor stedenbouwkundige handelingen kunnen wel maatregelen opgenomen zijn om hinder te beperken. Voorbeelden van stedenbouwkundige handelingen waarvoor een omgevingsvergunning vereist is zijn het optrekken, plaatsen, afbreken, herbouwen, verbouwen of uitbreiden van een constructie.

De Vlaamse Regering kan ook gewestelijke stedenbouwkundige verordeningen vaststellen voor een deel van of voor het hele gewest. Die verordeningen bevatten de nodige stedenbouwkundige voorschriften om onder andere te zorgen voor het verbieden van werken waarvoor een omgevingsvergunning vereist is op bepaalde uren en dagen met het oog op het behoud van de leefkwaliteit en de doorgang van het langzaam verkeer

(VCOR, Titel II Planning, hoofdstuk III Stedenbouwkundige verordening, artikel 2.3.1.6°).

2.3.3 Gemeentelijke regelgeving

Ook gemeenten en steden kunnen reglementen uitvaardigen betreffende geluidshinder. Vaak gebeurt dit in zogenaamde politiereglementen of politieverordeningen, die worden goedgekeurd door de gemeenteraad. Meestal wordt hierin in algemene termen bepaald wat beschouwd wordt als geluidsoverlast, bijvoorbeeld:

- het is verboden overdag om het even welk geluid, gerucht of rumoer te veroorzaken zonder reden of zonder noodzaak en dat toe te schrijven is aan een gebrek aan vooruitzicht en voorzorg en dat van die aard is dat het de rust van de inwoners in het gedrang kan brengen;
- of
- onverminderd de wetgeving terzake, in het bijzonder artikel 561.1° van het strafwetboek betreffende nachtrumoer, is het verboden zonder noodzaak of zonder de wettige uitoefening van een recht, lawaai te verwekken waardoor de rust van de inwoners kan gestoord worden.

In de reglementen die in het kader van deze studie werden bekeken, wordt geluid afkomstig van bouw- en sloopwerkzaamheden als niet-hinderlijk beschouwd, onder bepaalde voorwaarden. In de politieverordening van de Stad Mechelen is bijvoorbeeld volgende opsomming van niet-hinderlijk geluid gelinkt aan bouwwerkzaamheden opgenomen:

- werken aan de openbare weg of voor het aanleggen van openbare nutsvoorzieningen, uitgevoerd met toestemming van de daartoe bevoegde overheid of in opdracht van die overheid;
- werken die op werkdagen en zaterdag aan private eigendommen worden uitgevoerd, waarvoor de bevoegde overheid een vergunning heeft verleend, en verbeterings-, verbouwings- of onderhoudswerken aan dergelijke eigendommen die zonder vergunning kunnen worden uitgevoerd, en waarbij de nodige voorzorgen worden getroffen om overdreven of niet noodzakelijk lawaai te voorkomen;
- werken of handelingen die dringend of zonder verder uitstel moeten worden uitgevoerd ter bescherming van personen of eigendommen, of ter voorkoming van rampen.

In sommige gemeentelijke reglementen worden deze voorschriften gekoppeld aan werkuren, waarbij geluid van bouwwerkzaamheden enkel als niet-hinderlijk beschouwd wordt wanneer het plaatsvindt tussen bijvoorbeeld 7 uur en 20 uur op werk- en zaterdag.

Let wel, geluid dat niet intrinsiek is aan de werken maar er wel aan gelinkt is, zoals bijvoorbeeld het geluid van een werfradio, is in de in het kader van deze studie bekeken gemeentelijke reglementen niet beschouwd als een niet-hinderlijke activiteit als het geluid ervan niet noodzakelijk of onredelijk is. Er kunnen hier dus sancties tegenover staan.

De meeste gemeentelijke reglementen zijn gelijkaardig, maar niet exact hetzelfde. Er is dan ook geen verplichting tot harmonisatie tussen de steden en gemeenten betreffende hinderregelgeving. In vele politiezones zijn er echter initiatieven genomen om voor de verschillende gemeenten binnen één politiezone een eenvormige verordening te maken of de verordeningen zo veel mogelijk op elkaar af te stemmen (VVSG, 2007).

2.3.4 Overige Belgische wetgeving

Wet van 18 juli 1973 betreffende de bestrijding van geluidshinder

Deze federale kaderwet vormt de juridische basis voor de milieukwaliteitsnormen voor geluid en beleidstaken die zijn opgenomen in VLAREM II. Ze bepaalt namelijk dat de Vlaamse minister bevoegd voor het leefmilieu belast is met de coördinatie van de acties van de Vlaamse overheden ter bestrijding van de geluidshinder.

Ze stelt dat er maatregelen opgelegd kunnen worden om de geluidshinder van vaste of mobiele, blijvende of tijdelijke geluidsbronnen (onder andere van machines opgesteld op bouwwerven) te beperken, door met name:

- het veroorzaken van bepaalde soorten lawaai te verbieden;
- het veroorzaken van bepaalde soorten lawaai aan restrictiemaatregelen onderwerpen en onder meer de duur van het veroorzaken van lawaai te beperken;
- de fabricage, de uitvoer, het vervoer, de installatie en het gebruik van toestellen, inrichtingen of voorwerpen te regelen of te verbieden die bepaalde soorten lawaai veroorzaken of kunnen veroorzaken;
- de plaatsing en het gebruik van toestellen of inrichtingen om het lawaai te dempen, het op te sloppen, dan wel de nadelen ervan te verhelpen, op te leggen en te regelen;
- beschermingszones op te richten ten gunste waarvan specifieke maatregelen kunnen worden genomen. Deze zones komen onder meer overeen met de woonzones, de industriezones, de recreatiecentra en met gebieden die bijzonder stiltebehoevend zijn.

Verder bepaalt deze wet dat er technische eisen rond bouw en installatie opgelegd kunnen worden, die de hinder en voortplanting van geluid kunnen verhelpen.

Koninklijk Besluit van 6 maart 2002 betreffende het Geluidsvermogen van materieel voor gebruik buitenshuis

Dit KB omvat de omzetting van de Europese Richtlijn 2000/14/EG inzake de harmonisatie van de wetgevingen der lidstaten betreffende de geluidsemisatie in het milieu door materieel voor gebruik buitenshuis (zie 2.3.6). In het besluit worden eisen gesteld aan de bronsterkte (geluidsvermogen) van onder andere bouw- en sloopmachines (zie bijlage XI van het besluit). Bouwmachines binnen de scope van dit besluit, moeten voldoen aan deze eisen om verhandeld of gebruikt te mogen worden binnen de Europese Unie. Ook bepaalt het besluit de voorschriften voor geluidstests en legt ze vast op welke machines een CE-markering moet aangebracht worden, vergezeld van het gewaarborgde geluidsvermogensniveau.

Het besluit biedt echter geen kader hoe, wanneer, enz. deze machines kunnen gebruikt worden. Evenmin biedt ze een kader hoe er dient om gegaan te worden met oudere - lawaaierige - machines.

Koninklijk Besluit van 12 augustus 2008 betreffende het op de markt brengen van machines

Dit KB bepaalt (in bijlage I) dat machines zodanig ontworpen en gebouwd moeten zijn, dat risico's als gevolg van de emissie van luchtgeluid en risico's voortvloeiend uit door de machine veroorzaakte trillingen, tot een minimum worden teruggebracht, rekening houdend met de vooruitgang van de techniek en de beschikbaarheid van middelen om

geluid en trillingen te verminderen, in het bijzonder bij de bron. Voor de beoordeling van het niveau van de geluids- of trillingsemisatie mag daarbij worden uitgegaan van vergelijkbare emissiegegevens voor soortgelijke machines.

Verder bepaalt het KB dat in de gebruiksaanwijzing van de machine instructies moeten worden opgenomen voor een zodanige installatie en montage dat het geluid en trillingen worden beperkt. Ook moet er, onder bepaalde voorwaarden, informatie worden opgenomen over de geluidsemisatie en geluidsvermogen.

Strafwetboek

In artikel 561 §1 van het Belgisch Strafwetboek is opgenomen dat 'zij die zich schuldig maken aan nachtgerucht of nachtruoer waardoor de rust van de inwoners kan worden verstoord' gestraft kunnen worden met een geldboete van tien tot twintig euro en/of met een gevangenisstraf van één tot vijf dagen.

Het is hierbij voldoende dat het nachtlawaai de rust kan verstoren, ook al wordt deze niet effectief verstoord. Wel is het nachtlawaai enkel strafbaar in bewoonde plaatsen of in de nabijheid ervan. De wettekst heeft het ook enkel over inwoners en dus niet over publiek of voorbijgangers (Publius, 2016).

2.3.5 Europese wetgeving

Richtlijn 2000/14/EG Materieel voor gebruik buitenshuis van 8 mei 2000

Deze Richtlijn vormt de juridische basis voor het Koninklijk Besluit van 6 maart 2002 betreffende het Geluidsvermogen inzake de harmonisatie van de wetgevingen der lidstaten betreffende de geluidsemisatie in het milieu door materieel voor gebruik buitenshuis.

Hierbij gelden dezelfde beperkingen als bij het KB. De richtlijn houdt geen rekening met de veroudering van machines en eventuele wijzigingen die aan het materieel worden aangebracht, na de keuring in het kader van deze richtlijn.

NOMEVAL en ODELIA

Ter evaluatie van deze richtlijn heeft de Europese Commissie (DG GROW) twee onderzoeksrapporten gepubliceerd: de *Noise of Machinery – Evaluation of Directive 2000/14/EC* (NOMEVAL) uitgegeven in 2007 en een vervolgrapport in 2016, de *OutDoor Equipment Noise LImit Assessment* (ODELIA). In de NOMEVAL studie werd een brede analyse uitgevoerd van de richtlijn, met onder andere een consultatie van stakeholders, een technische, economische en milieueffectbeoordeling en een evaluatie van het markttoezicht op de toepassing van de richtlijn (dat beperkt bleek) (Dittrich et al., 2007). Daarop werden er aanbevelingen gedaan voor een eventuele herziening van de richtlijn, die werden geactualiseerd in het ODELIA-rapport.

In de ODELIA-studie werd onderzocht (Dittrich et al., 2016):

- Of de geluidsgrenswaarden die momenteel in artikel 12 worden vastgelegd kunnen worden aangepast, in het licht van de laatste technologische ontwikkelingen;
- Of er geluidsgrenswaarden kunnen worden opgelegd aan materieel dat momenteel in artikel 13 (markeringsplicht) is opgenomen;
- Of er nieuwe types materieel zijn die kunnen worden opgenomen in toekomstige regelgeving en die voldoen aan de algemene beschrijving van

- 'materieel voor gebruik buitenshuis', en wat de eventuele bijhorende geluidsgrenswaarden zouden kunnen zijn;
- Welke testmethodes geïdentificeerd en voorgesteld kunnen worden voor de meting van geluidsvermogensniveaus.

Hierbij werd eveneens rekening gehouden met de technische- en economische haalbaarheid van de aanpassing of toevoeging van geluidsgrenswaarden en de milieu-impact van het gebruik van het materieel.

Publieke consultatie

Volgend op de ODELIA-studie, heeft de Europese Commissie begin 2018 een publieke consultatie gelanceerd bij stakeholders, organisaties en burgers om de werking van de richtlijn te evalueren. Mogelijk wordt de Richtlijn herzien rekening houdend met het EU-wetgevingskader voor de gezondheid en veiligheid van producten op de interne markt, de technische vooruitgang en de nieuwste ontwikkelingen in de industriesector.

Richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement en de Raad van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai

Deze richtlijn vormt de basis voor het Besluit van de Vlaamse Regering inzake de evaluatie en de beheersing van het omgevingslawaai van 22 juli 2005 tot wijziging van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende de algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne (VLAREM) en bepaalt dat geluidshinder van wegen, spoorwegen, luchthavens en in grote agglomeraties moet worden aangepakt worden door de lidstaten.

EMAS-verordening van 25 november 2009

In de verordening van het Europees Milieumangement- en Audit Schema (EMAS) van 25 november 2009, werd opgenomen dat de Europese Commissie sectorale referentiedocumenten (SRD) moet opstellen om een geharmoniseerde toepassing te garanderen. Deze documenten bevatten:

- optimale werkmethoden op het gebied van milieubeheer (Best Environmental Management Practices - BEMPs)
- indicatoren van milieuprestaties voor specifieke sectoren
- zo nodig criteria voor topprestaties en evaluatiesystemen voor milieuprestatieniveaus.

Ook voor de bouwsector is er een SRD in opmaak. Er is al een 'Best practice report' beschikbaar voor de bouwsector (finale draft dateert van september 2012), waarin 36 BEMPs zijn opgenomen. Dit rapport bevat praktische voorbeelden van de implementatie van de BEMPs, alsook informatie over de geboekte milieuwinst, cross-media effecten, de toepasbaarheid en economische waarde van de opgenomen technologieën en een overzicht van redenen waarom bouwbedrijven de BEMPs implementeren in hun bedrijfsvoering. Eén van de BEMPs gaat over het verminderen van hinder voor de buurt van de werken, met aandacht voor geluids- en trillingshinder: "*Reduce disturbance to the neighbourhood, especially in sensitive areas, as residential areas or sites close to natural spaces. Reduce noise and vibration by establishing appropriate prevention and mitigation measures.[...]*" (EC, 2012).

2.3.6 Brusselse wetgeving

Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening

Onder titel III van de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening van het Brussels Gewest zijn voorwaarden opgenomen betreffende het uurrooster van de bouwplaatsen. Het werken op de bouwplaats, inclusief leveringen en het opstarten van de werf, is verboden op zaterdag en zondag en op feestdagen. Op andere dagen mag er enkel gewerkt worden:

- tussen 7u en 19u;
- tussen 7u en 16u wanneer het gaat om het heien van palen of damwanden, het vergruizen van puin of het gebruik van pikhamers.

Deze voorwaarden zijn niet van toepassing op werken uitgevoerd door particulieren aan hun eigen woning of op het omliggend terrein en die niet meer hinder veroorzaken dan de normale buurthinder, alsook de werken aan spoorweg-, metro- en tramlijnen.

Behoudens de bouwplaatsen waarvoor een milieuv vergunning vereist is, en voor zover de rust, de netheid, de bewoonbaarheid en de openbare veiligheid zijn verzekerd, kan een ander uurrooster worden aanvaard voor:

- bouwplaatsen buiten bewoonde gebieden;
- voor de uitvoering van werken die geen geluidshinder veroorzaken;
- voor de uitvoering van specifieke werken die om technische of veiligheidsredenen of omwille van de vlotte doorstroming van het verkeer niet kunnen worden onderbroken.

De bouwheer kan een aanvraag richten aan de burgemeester tot aanpassing van het uurrooster. De burgemeester bepaalt dan de duur waarvoor het aangepaste uurrooster wordt toegekend en koppelt hieraan voorwaarden om de hinder van de bouwplaats te beperken.

Het Besluit van 11 juli 2013 van de Regering van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest betreffende de uitvoering van bouwplaatsen op de openbare weg stelt ook dat maatregelen genomen moeten worden om de verspreiding van stof, lawaai en trillingen verbonden aan de bouwplaats te beperken.

2.3.7 Buitenlandse wetgeving

Nederland

In Nederland bestaat er een uitgebreid regelgevend kader over geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten, of in Nederland bouwlawaai genoemd. De drie belangrijkste pijlers in de Nederlandse regelgeving omtrent bouwlawaai zijn het Bouwbesluit (2012), de Circulaire Bouwlawaai (2010) en de gemeentelijke verordeningen. Het bouwbesluit regelt sinds 2012 een deel van het bouwlawaai op nationaal niveau. Daarvoor werd bouwlawaai vooral op gemeentelijk niveau geregeld, waarvoor de Circulaire Bouwlawaai als richtlijn diende.

Bouwbesluit (2012)

Het Bouwbesluit, dat in werking trad op 1 april 2012, bevat voorschriften voor het bouwen, gebruiken en (geheel of deels) slopen van bouwwerken. In artikel 8.3 van het besluit zijn regels opgenomen voor het geluid van (ver)bouwen van bouwwerken en sloopwerkzaamheden. Deze regels hebben alleen betrekking op bedrijfsmatige bouw- en sloopwerkzaamheden en niet op de particulier.

Het besluit hanteert een dagwaarde (maximaal 80 dB(A), waarmee een gemiddeld geluidsniveau wordt bepaald dat gerespecteerd moet worden tussen 7u en 19u en dat wordt gemeten op de gevel van een door Wet Milieubeheer gedefinieerd *geluidsgevoelig object*. Bedrijfsmatige bouw- en sloopwerkzaamheden mogen enkel op werkdagen en op zaterdag worden uitgevoerd. De dagwaarde is verder gekoppeld aan een maximale blootstellingsduur. Afhankelijk van de door de werken veroorzaakte dagwaarden, worden ze een maximaal aantal dagen toegestaan, zoals weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Dagwaarde en maximale blootstellingsduur volgens het Nederlandse Bouwbesluit 2012

Dagwaarde	Max. blootstellingsduur
Onder of gelijk aan 60 dB(A)	Onbeperkt
Boven de 60 dB(A)	Ten hoogste 50 dagen
Boven de 65 dB(A)	Ten hoogste 30 dagen
Boven de 70 dB(A)	Ten hoogste 15 dagen
Boven de 75 dB(A)	Ten hoogste 5 dagen
Boven de 80 dB(A)	0 dagen

Gemeenten kunnen via gemeentelijke verordeningen een ontheffing verlenen van artikel 8.3 van het Bouwbesluit. Deze ontheffingsmogelijkheid is voorzien voor bouw- en sloopwerkzaamheden die plaatsvinden in de avond, nacht en zondag, of voor werken die de maximale dagwaarde niet kunnen respecteren. Dit op voorwaarde dat men gebruik maakt van de akoestisch gezien best beschikbare stille technieken. Het lokale bestuur kan daarbij nog bijkomende voorwaarden stellen voor het uitvoeren van de werken, zoals de verplichting tot geluidsniveaumonitoring. Een ontheffing kan bijvoorbeeld nodig zijn voor een grondwaterpomp die dag en nacht in werking is.

Wat betreft de trillingshinder wordt in artikel 8.4 van het Bouwbesluit vastgelegd dat de trillingen veroorzaakt door het uitvoeren van bouw- of sloopwerkzaamheden de trillingssterktes genoemd in de Meet- en beoordelingsrichtlijn deel B "Hinder voor personen in gebouwen" van 2006 moeten respecteren. Deze richtlijn wordt verder beschreven.

Circulaire Bouwlawaai 2010

De circulaire Bouwlawaai is van toepassing voor situaties die niet gedekt worden door het Bouwbesluit 2012 en waarvoor dus geen omgevingsvergunning vereist is. De Circulaire hanteert net als het bouwbesluit een dagwaarde, namelijk het equivalente geluidsniveau bepaald over de periode lopend van 7.00 tot 19.00 uur vermeerderd met een straftoeslag voor geluid met een impulsachtig karakter. Verder wordt er gebruik gemaakt van een voorkeursgrenswaarde van 60 dB(A). Als de dagwaarde hoger is dan de voorkeursgrenswaarde van 60 dB(A), wordt een maximaal aantal blootstellingsdagen geadviseerd, die overeenkomt met deze uit het Bouwbesluit zoals weergegeven in Tabel 4.

Als er geluidsbronnen continu op de bouw- en sloopplaatsen in bedrijf zijn, zoals grondwaterpompen, is in de circulaire geadviseerd een geluidsnorm van ten hoogste 45 dB(A) en 40 dB(A) voor respectievelijk de avond- en nachtperiode in de ontheffing op te nemen. Er kunnen eventueel ook andere normen worden voorgeschreven. Mochten deze hoger zijn dan de 45 respectievelijk 40 dB(A) moet dit maatwerk goed beargumenteerd en gecommuniceerd worden.

Gemeentelijke Verordening

Elke gemeente heeft een Algemene Plaatselijke Verordening (APV), waar in artikel 4:6 van de modelversie een verbod is opgenomen "op een zodanige wijze toestellen of geluidsapparaten in werking te hebben of handelingen te verrichten dat voor een omwonende of voor de omgeving geluidshinder wordt veroorzaakt". Een gemeente kan een ontheffing verlenen op dat verbod voor situaties waarvoor geen omgevingsvergunning bouwen vereist is. Dit kan gaan om voortschrijdende werkzaamheden aan infrastructuur (bv. asfalteren) en andere niet vergunningsplichtige stedenbouwkundige handelingen vastgelegd in artikels 2 en 3 van bijlage II van het Besluit omgevingsrecht. De Circulaire Bouwlawaai wordt bij deze ontheffingsaanvragen gebruikt als handleiding bij het toetsen van bouwlawaai.

SBR-richtlijn "Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen"

Deze Nederlandse meet- en beoordelingsrichtlijn van de Stichting BouwResearch (SBR) bestaat uit 3 delen:

- Deel A, schade aan gebouwen
- Deel B, hinder voor personen in gebouwen
- Deel C, storing apparatuur.

Enkel deel B valt binnen de scope van deze studie. Dit deel omvat richtlijnen voor het meten en beoordelen van hinder voor personen, en is op haar beurt gebaseerd op de Duitse DIN 4150-norm.

Onder deze richtlijn wordt onder hinder voor mensen in gebouwen het volgende verstaan:

- Waarneming van de trillingen zonder meer (verstoring van activiteiten of processen die rust en/of concentratie behoeven);
- Waarneming van de trillingen met een zodanige sterkte dat bepaalde activiteiten fysiek worden belemmerd of verstoord.

Doel van de richtlijn is streefwaarden voor de trillingssterkte te definiëren. Wanneer men onder deze waarden blijft, mag verwacht worden dat er in de meeste situaties geen hinder zal optreden. De te meten grootheid voor deze trillingssterkte is de trillingssnelheid (mm/s) of- versnelling (m/s²).

Om de trillingssterkte over de beoordelingsperiode (dag: 7u-19u, avond: 19u-23u en nacht 23u-7u) V_{per} te berekenen, wordt het kwadratisch gemiddelde van de grootste effectieve waarde per interval van 30 seconden in de desbetreffende beoordelingsperiode genomen.

$V_{per,meet}$: de berekening van de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van de

maxima over de meetperiode = $V_{per,meet} = \sqrt{\left[\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n v_{eff,max,30,i}^2 \right]}$

met n als het aantal perioden van 30 seconden in de meetperiode en $v_{eff,max,30,i}$ de grootste waarde van $v_{eff}(t)$ (t is tijd, in s) in een tijdsinterval van 30 seconden, dimensieloos.

Indien $v_{eff,max,30,i} \leq 0,1$ dan dient er voor $v_{eff,max,30,i}$ de waarde 0 ingevuld te worden in de formule.

Vervolgens dient de relatie met de beoordelingsperiode te worden gelegd. Deze relatie wordt gevormd door de verhouding tussen de totale bedrijfsduur van de trillingsbron in de beoordelingsperiode (T_b) en de duur van de beoordelingsperiode (T_0).

V_{per} : de berekening van de effectieve waarde over de beoordelingsperiode. Hierbij worden de $V_{per,meet}$ en de verhouding tussen bedrijfsduur en trillingsbron en de duur van de beoordelingsperiode in de berekening opgenomen.

$$V_{per} = V_{per,meet} \times \sqrt{\frac{T_b}{T_0}}$$

Hierin is T_b de totale duur van de trillingsbron in de beoordelingsperiode en T_0 de duur van de beoordelingsperiode:

- Dagperiode 7u-19u: 43.200 seconden
- Avondperiode 19u-23u: 14.400 seconden
- Nachtperiode 23u-7u: 28.800 seconden

Vervolgens wordt er voor de aan te houden streefwaarden, een onderscheid gemaakt op basis van gebouwfuncties (gezondheidszorg, wonen, kantoor en onderwijs, bijeenkomstgebouwen zoals bioscopen en kritische werkruimten zoals laboratoria) en op basis van volgende omstandigheden waaronder trillingen kunnen voorkomen:

- Continue voorkomende trillingen gedurende lange tijd, door bijvoorbeeld machines, waaronder ook machines die niet permanent in werking zijn of machines die een korte werkcyclus kennen en een langere rustperiode zoals het kort trillen van een vorm of mal. Trillingen door weg- en railverkeer zijn uitgesloten;
- Herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd (langer dan 3 maanden) door weg- en railverkeer, waaronder ook heftrucks, bulldozers, kranen op rails en dergelijke;
- Continue of herhaald voorkomende trillingen gedurende een aaneengesloten tijdsduur, korter dan 3 maanden, door bouw- of sloopwerkzaamheden;
- Incidenteel voorkomende, kortdurende trillingen, door bijvoorbeeld explosies.

Streefwaarden

De streefwaarden zijn aangegeven door volgende parameters:

- A_1 : onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}^2 (dimensieloos)
- A_2 : bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} (dimensieloos)
- A_3 : streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} (dimensieloos)

Voor de hoogte van de streefwaarden geldt in algemene zin dat $A_3 \leq A_1 \leq A_2$

Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- De waarde van de maximale trillingssterkte in een ruimte (V_{max}) kleiner is dan A_1 , of als
- De waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte (V_{max}) kleiner is dan A_2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

De richtlijn voorziet dat voor continu of herhaald voorkomende trillingen over korte perioden (bouw- en sloopwerkzaamheden) er tijdelijk hogere waarden kunnen worden toegelaten. De beperkte tijdsduur zorgt er dan voor dat de hinder acceptabel is.

De streefwaarden van toepassing in de dagperiode voor bouw- en sloopactiviteiten voor alle gebouwfuncties zijn opgenomen in Tabel 5. De streefwaarden van toepassing in de avond en nachtperiode, afhankelijk van de gebouwfunctie, zijn weergegeven in Tabel 6.

² V_{max} is de grootste waarde van $v_{eff,max}$ in de beschouwde ruimte, dimensieloos. $V_{eff,max}$ is de grootste waarde van de voortschrijdende effectieve gewogen momentane trillingsgrootheid, over de meetduur.

Tabel 5: Streefwaarden dagperiode voor continue of herhaald voorkomende trillingen gedurende een korte periode voor alle gebouwfuncties

duur D van de activiteiten gedurende korte periode								
D ≤ 1 dag			6 dagen < D ≤ 26 dagen			26 dagen < D ≤ 78 dagen		
A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
0,8	6	0,4	0,4	6	0,3	0,3	6	0,2

Tabel 6: Streefwaarden avond- en nachtperiode voor continue of herhaald voorkomende trillingen gedurende een korte periode, per gebouwfunctie

gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Tot slot legt de richtlijn ook nog vereisten vast voor de meetapparatuur, meetmethoden en de rapportage van trillingsmetingen.

Duitsland

Naast Nederland heeft ook Duitsland een regelgevend kader uitgewerkt om trillingshinder en vooral geluidshinder van bouwactiviteiten te beperken. In de "*Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen*" van 19 augustus 1970 (kortweg AVV Baulärm) worden geluidsnormen bepaald voor bouw- en sloopactiviteiten, waarbij rekening wordt gehouden met de ligging van de werf. Van zodra het geluidsniveau op de werf de normen overschrijdt met meer dan 5 dB(A) moeten er geluidsbeperkende maatregelen genomen worden. Meer bepaald gaat het daarbij om:

- maatregelen inzake de organisatie van de bouwwerf;
- maatregelen inzake het bouwmaterieel;
- het gebruik van geluidsarme apparatuur;
- de toepassing van geluidsarme bouwmethoden;
- het beperken van de gebruiksduur van lawaaierig materieel.

Deze maatregelen kunnen worden opgeheven wanneer er bijkomende gevaren, nadelen of overlast door veroorzaakt wordt. Ze zijn ook niet verplicht indien het omgevingsgeluid rond de werf zo hoog is dat de bijdrage van het bouwlawaai naar verwachting de geluidsbelasting niet zal doen toenemen.

Verder legt de AVV Baulärm nog vast hoe het geluidsbeoordelingsniveau gemeten moet worden door te bepalen waaraan geluidsmeters moeten voldoen, de locatie van de meters alsook de duurtijd van de meting.

Noorwegen

Noorwegen heeft met de "*Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging*" een richtlijn die een kader biedt voor bouwlawaai. Ze bepaalt geluidsnormen bij

bouwactiviteiten, waarbij er een onderscheid wordt gemaakt tussen activiteiten die korter of langer duren dan 6 weken. In geval van dit laatste zijn er strengere grenswaarden van toepassing. Bijzonder aan de Noorse richtlijn is dat ze ook geluidswaarden bepaald voor binnen in gebouwen.

Wanneer bouwactiviteiten niet kunnen voldoen aan deze normen, worden er beperkingen opgelegd en dient er eventueel een alternatieve verblijfsplaats te worden aangeboden aan de blootgestelde personen. Deze maatregelen gelden niet voor kleinere werken, die maximaal 2 weken lawaai mogen produceren tot een daggemiddelde van maximum 70 dB(A) of een week aan 75 dB(A) per dag en waarvan verondersteld wordt dat deze overdag (tussen 7 en 19u) plaatsvinden.

Tot slot bepaalt de richtlijn dat buurtbewoners geïnformeerd moeten worden, via lokale kranten of via infosessies als de werken ook 's nachts plaatsvinden, bepaalde lawaaierige werken omvatten of langer dan een half jaar zullen duren. In deze communicatie moet verwezen worden naar de geldende regelgeving, wordt uitleg gegeven over de aard en de reden van de lawaaierige werken, worden de werkuren opgenomen en worden de contactgegevens van de werfverantwoordelijke opgenomen. In deze communicatie wordt ook vermeld welke geluidsbeperkende maatregelen er worden genomen. De buurtbewoners dienen ten minste één week voor de aanvang van lawaaierige werken (zoals gebruik van explosieven, heiverken of werken 's nachts) op de hoogte gebracht te worden, zodat ze tijdig hun voorzorgen kunnen nemen (Granneman, 2013).

Zwitserland

In Zwitserland heeft in februari 2000 het *Office Fédéral de l'Environnement (OFEV)* een richtlijn uitgevaardigd met maatregelen om de geluidshinder afkomstig van bouwwerken te beperken. De richtlijn is van toepassing op werven die naast aan het geluid gevoelige ruimtes gelegen zijn, zoals woningen of arbeidsplaatsen. Ze gaat uit van een driedelige aanpak van geluidshinder:

- Prioritering: het geluid van de werven moet in de eerste plaats bestreden worden aan de bron en de weg waarop het zich verspreid;
- Preventie: om geluidshinder te voorkomen, moet op preventieve wijze het geluid beperkt worden, zolang dit technisch en economisch haalbaar is;
- Versterking: de maatregelen moeten versterkt worden wanneer vastgesteld of voorzien wordt dat het bereikte geluidsniveau schadelijk of hinderlijk is.

Verder bepaalt de richtlijn wanneer welke maatregelen genomen moeten worden, afhankelijk van het niveau (A, B of C) van de voorziene hinder. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen maatregelen voor bouwwerken, zeer lawaaierige bouwwerken (bijvoorbeeld werken met explosieven of sloophamers) en werftransport. Deze maatregelen worden dan gelinkt aan het niveau van voorziene geluidshinder. Maatregelen voor niveau C hebben steeds een grotere impact op de bouwactiviteiten dan A en niveau C gaat gepaard met strengere (technische) eisen.

Zo wordt er voor de bouwwerken en zeer lawaaierige bouwwerken het niveau bepaald volgens:

- De afstand tussen de werf en de aan het geluid gevoelige ruimtes;
- Het tijdstip van de werken;
- De duurtijd van de zeer lawaaierige werken;
- De lawaaigevoeligheid van aangrenzende zones.

De overheid verantwoordelijk voor de uitvoering van de milieuregelgeving (o.a. naleving geluidsnormen) gebruikt de richtlijn om in beslissingen (zoals bouwvergunningen, goedkeuring van plannen en concessies) de geluidshinderbeperkende maatregelen op te

leggen. Ook kan de Zwitserse overheid de maatregelen opnemen in aanbestedingsvoorwaarden.

DRAFF

HOOFDSTUK 3 PROCESBESCHRIJVING

In dit hoofdstuk beschrijven we de typische procesvoering van bouw- en sloopactiviteiten alsook de bijhorende milieu-impact.

Deze beschrijving heeft tot doel om een globaal beeld te scheppen van de toegepaste processtappen en hun milieu-impact. Dit vormt de achtergrond om in hoofdstuk 4 de milieuvriendelijke technieken te beschrijven die de sector kan toepassen om de milieu-impact te verminderen.

De details van de procesvoering, en de volgorde van de toegepaste processen, kunnen in de praktijk variëren van bedrijf tot bedrijf. Niet alle mogelijke varianten in procesvoering worden in dit hoofdstuk beschreven. Ook kan de procesvoering in de praktijk complexer zijn dan hier beschreven.

Het is in geen geval de bedoeling van dit hoofdstuk om een uitspraak te doen over het al dan niet BBT zijn van bepaalde processtappen. Het feit dat een proces in dit hoofdstuk wel of niet vermeld wordt, betekent dus geenszins dat dit proces wel of niet BBT is.

3.1 Bouw- en sloopactiviteiten

Hier wordt een typisch bouwproces beschreven. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de bouw van gebouwen en infrastructuurwerken.

3.1.1 Bouw van gebouwen

Bij de bouw van gebouwen kan er een onderscheid gemaakt worden tussen verschillende werffases. De meeste aannemers zijn gespecialiseerd in één of meer van volgende fases:

- Sloopwerken
- Voorbereiding en installatie van de werf
- Funderingswerken
- Ruwbouw
- Afwerking
- Onderhoudswerken

Niet elk bouwproces (bijvoorbeeld renovatie) zal bestaan uit deze werffases. Ook is het mogelijk dat er enkel sloopwerken worden uitgevoerd, dus zonder een aansluitende opbouwfase. Onderhoudswerken zullen meestal onafhankelijk van de andere fases plaatsvinden.

Sloopwerken

Afhankelijk van de bestaande toestand van de werfsite dient men eerst afbraakwerken uit te voeren van het geheel of een gedeelte van aanwezige bebouwing. Volgens de *Leidraad bij de opmaak van een sloopinventaris* van OVAM kan het sloopproces opgedeeld worden in verschillende fasen; de ontruiming, de ontmanteling en de eigenlijke sloopwerken.

- Ontruiming: verwijdering van alle losse of in hun geheel verwijderbare elementen zoals los of demonteerbaar meubilair, verplaatsbare machines, handtoestellen, nog aanwezige voorraden, ...
- Ontmanteling: verwijdering van alle vaste toestellen en apart demonteerbare delen van gebouwen zoals verwarmings- en koeltoestellen, radiatoren, vaste apparaten en machines inclusief liften, valse plafonds, verlichtingsarmaturen, rookmelders, wand- en vloerbekleding, ...
- Sloop: afbraak van resterende constructie na ontruiming en ontmanteling. Bij een selectieve sloop verwijderd de sloper eerst binnen- en buitenschrijnwerk (met inbegrip van de glaspartijen), hout- en dakwerk, leidingen en niet-dragende, niet-inerte structuren (zoals binnenmuren van gips of karton), alvorens hij het karkas zelf sloopt.

Vorbereiding en installatie van de werf

Voordat bouwwerken kunnen beginnen, dient de site bouwrijp gemaakt te worden en dienen de werfvoorzieningen geïnstalleerd te worden. Ook bij sloopwerken heeft men reeds bepaalde werfvoorzieningen zoals werfketen nodig. Grond- en grondwatercondities dienen bepaald te worden en eventuele testboringen worden uitgevoerd. Daarna kan indien nodig gestart worden met bronbemaling om tijdelijk de grondwaterspiegel op de site te verlagen, zodat er droog gewerkt kan worden in de bouwput. In bepaalde gevallen is er grondverzet nodig, bijvoorbeeld wanneer er vervuilde grond aanwezig is op de site of wanneer de site moet worden opgehoogd. Aanplantingen worden indien nodig verwijderd. Water- en energievoorzieningen voor de bouwfase worden aangelegd en hekwerk, werfketen en kranen worden opgezet.

Verder worden aanrijroutes bepaald om transport en logistiek tijdens de volgende werffases vlot te doen verlopen.

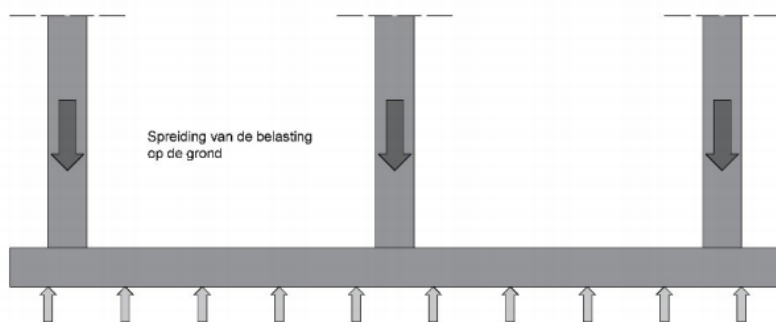
Funderingswerken

Tijdens deze fase worden de funderingen van het bouwwerk aangebracht in de bodem, met als uiteindelijk doel het gewicht van de constructie en de hierdoor ontstane krachten over te brengen op de bodem. Afhankelijk van de bodemeigenschappen (samenstelling, draagkracht,...), de te bouwen structuur (gebouw, snelweg,...), de grondwaterstand en de nabijheid van bestaande bebouwing worden verschillende funderingstechnieken toegepast.

Er zijn meerdere opdelingen mogelijk van de verschillende types funderingen. Hier wordt gekozen voor een onderscheid tussen:

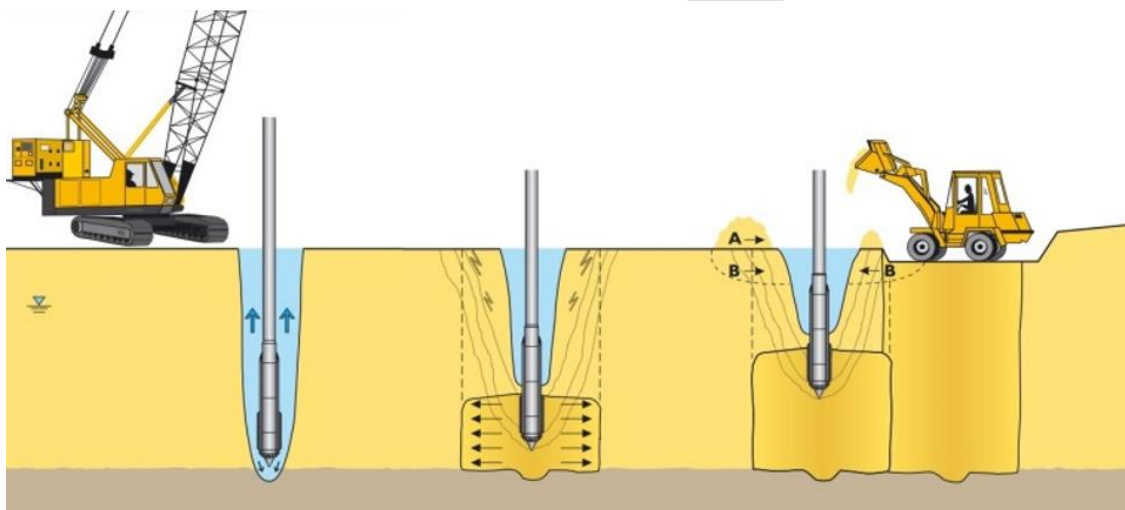
- Fundering op staal
- Grondverbetering
- Diepe fundering of paalfundering

Fundering op staal (afkomstig van het Oudgermaanse *stal* of Oudfranse *estal*, wat staan op, rusten op betekent) kan worden toegepast wanneer de draagkrachtige bodemlaag niet te diep ligt, en door het gebruik van een verbrede voet (meestal in beton) de bouwstructuren rechtstreeks op de bodem rusten. De fundering kan de vorm aannemen van kolommen, stroken of een volledige plaat onder het bouwwerk. Er dienen dus graafwerken uitgevoerd te worden en beton moet worden aangevoerd en gestort. Deze techniek wordt vooral toegepast bij kleinere bouwwerken, bijvoorbeeld woningen.



Figuur 2: Principe fundering op staal (plaatfundering) waarbij gewicht van de structuur verspreid wordt over de funderingsplaat en daarbij de bodem

Grondverbetering is een algemene term voor de technieken die het draagvermogen of stabiliteit van de bodem verhogen. Dit kan onder meer door de bodem te gaan samendrukken, te mengen, te bevriezen of te vervangen. Bij diepteverdichting gaat men met behulp van een trilnaald de grond compacteren, door de naald in stappen terug te trekken en de ontstane ruimte rond de naald aan te vullen met grond (zie Figuur 3). Ook kan men aan grondverdichting doen door grout (mengsel van cement, water en eventueel hulpstoffen) te injecteren. Groutinjectie wordt hoofdzakelijk gebruikt voor het verstevigen of toevoegen van funderingen onder bestaande bouwwerken.

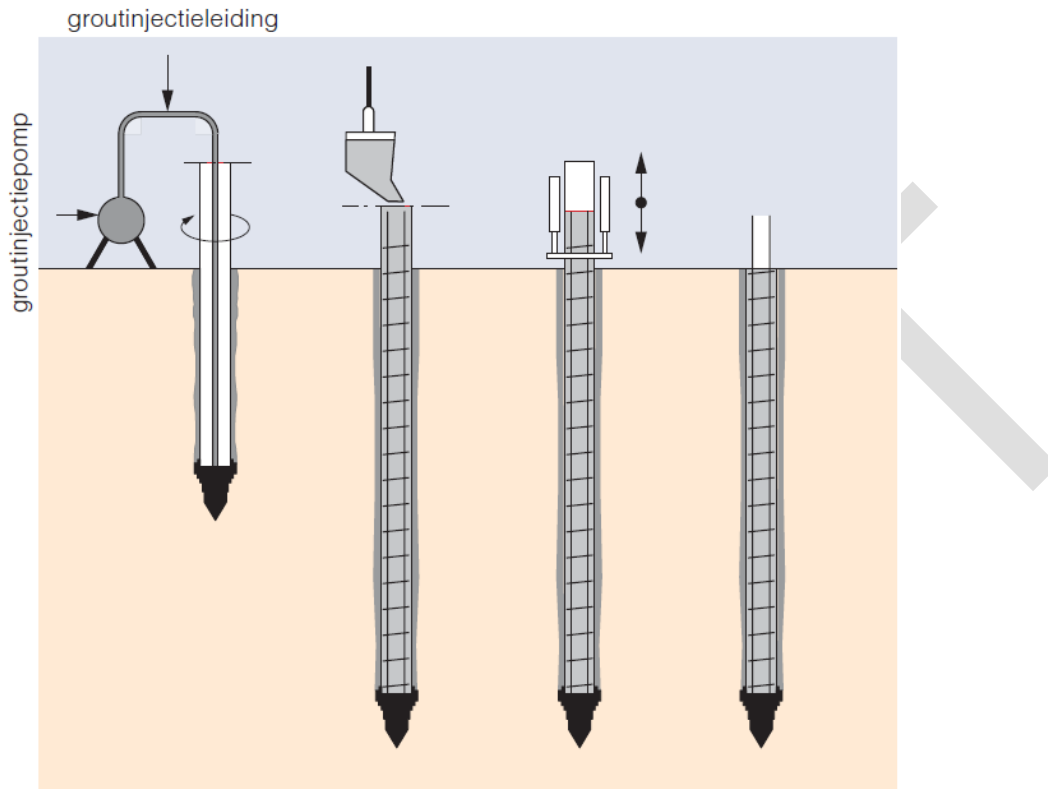


Figuur 3: Diepteverdichting met behulp van een trilnaald

Diepe fundering wordt toegepast wanneer de draagkrachtige grond te diep (meer dan 2m) gelegen is. Er zijn verschillende technieken mogelijk, die opnieuw afhangen van de samenstelling van de grond en de te bouwen structuur. Men kan 2 soorten diepe funderingen onderscheiden: fundering op putten en fundering op palen of paalfundering. Bij fundering op putten gaat men de bodem uitgraven, waarbij men meestal betonnen putringen plaatst die daarna opgevuld worden met beton.

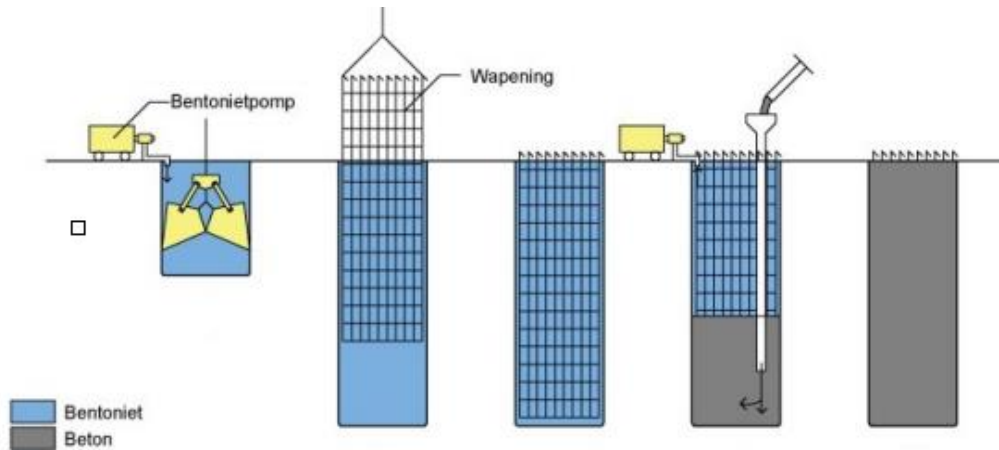
Paalfunderingen worden gebruikt wanneer de draagkrachtige bodemlaag te diep gelegen is voor andere funderingstechnieken. De structuur rust op deze palen, die het gewicht en de krachten van de structuur overbrengen naar de dragende ondergrond. De palen kunnen in de grond gedreven worden (meestal grondverdringend, bijvoorbeeld prefab betonpalen, stalen buispalen, houten palen,...) of in de grond gevormd worden (meestal grondverwijderend, bijvoorbeeld stalen schroefpalen die gevuld worden met beton, zie Figuur 4), afhankelijk van de bodemopbouw en de gewenste draagkracht van de palen (N.N., STEM Building). Voor deze funderingen zijn er verschillende plaatsingsmethodes die afhankelijk van het type paal kunnen worden toegepast. Heien is de bekendste, maar

palen kunnen ook worden geschroefd, ingetrild of ingedrukt worden. Bij grondverwijderende methodes dient men rekening te houden met de daar bij horende afvoer van grond. Veel gespecialiseerde funderingsbedrijven ontwikkelen eigen varianten van deze funderingstechnieken die daarbij een naam krijgen die verwijst naar het bedrijf (bijvoorbeeld Fundex-palen of Franki-palen).



Figuur 4: In de grond gevormde, grondverdringende betonpaal, schroevend op diepte gebracht door middel van een stalen hulpbuis met groutinjectie (Dupont et al., 2006).

Diepwanden zijn een specifieke diepfundering die ook gebruikt kan worden als grond of grondwaterkering. Bij deze techniek wordt een sleuf uitgegraven die tijdens het graven gevuld wordt met bentonietstrib om te voorkomen dat de sleuf instort. Vervolgens wordt de bewapening aangebracht en wordt via een voerbuis beton aangevoerd onderaan de sleuf. Het bentonietstrib wordt opwaarts weggedrukt, waarna het wordt opgevangen en in speciale installaties kan worden gerecycleerd.



Figuur 5: Doorsnede vervaardiging van funderingsdiepwand (Constructiv, NN)

Ruwbouw

Van zodra de fundering - die deel uitmaakt van de ruwbouw - is aangebracht en uitgedroogd, kan begonnen worden met de opbouw van het bouwwerk. In deze fase worden bij bouwwerken (binnen)muren, vloeren, isolatie, ramen, deuren en daken geplaatst zodat het gebouw water- en winddicht is en de afwerking kan aangevat worden. Nutsvoorzieningen worden geïnstalleerd of voorzien in de structuur en de gevelbekleding wordt aangebracht.

Afwerking

De afwerking is de laatste werffase in het bouwproces, waar bij bouwwerken vooral binnenwerk wordt uitgevoerd. Dit kan gaan van bepleisterings- en schilderwerken tot voeg- en afdichtingswerk en algemeen schrijnwerk zoals het plaatsen van parket tot het installeren van een keuken. Ook afwerking van de gevel (bekleding) valt onder deze fase. Meestal is het aan het einde van deze fase dat ook de werfvoorzieningen terug afgebroken en afgevoerd worden.

Onderhoudswerken

Om de goede staat van een bouwwerk te behouden, worden er in bepaalde gevallen onderhoudswerken uitgevoerd. Het gaat hier meestal om reinigingswerken of het uitvoeren van kleine herstellingen. Van het ontmossen en reinigen van daken, tot het onderhouden van houten trappen en vloeren en het hervoegen van een gevel. Al deze werken hebben als doel de levensduur van het bouwwerk te verlengen, het correcte gebruik te verzekeren en ongevallen of calamiteiten te voorkomen.

3.1.2 Infrastructuurwerken

Onder infrastructuur rekenen we hier de verkeersvoorzieningen (wegen, spoorwegen, waterwegen, bruggen,...) en de nutsvoorzieningen (leidingen voor water, gas, elektriciteit, riolering,...).

De procesvoering verschilt met deze van gebouwen, en vereist andere technieken en materieel. Om dat aan te tonen, gaan we hier dieper in op het voorbeeld van de

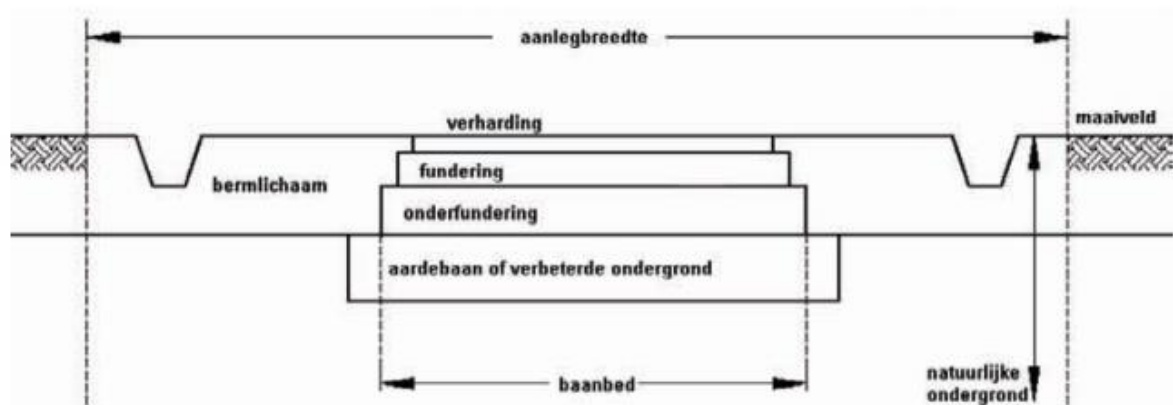
wegenbouw. Een belangrijk verschil met de bouw van gebouwen is het mobiele karakter van wegenwerken, over de afstand van de aan te leggen weg. De eventuele hinder gaat zich dus mee verplaatsen met de locatie van de werken.

Wegenbouw

Sloopwerken van gebouwen kunnen in bepaalde gevallen nodig zijn, maar zullen minder vaak plaatsvinden gezien deze bij wegenbouw vaker gepaard gaan met onteigeningen. Bij de heraanleg van een weg, moet men wel eerst de bestaande weg opbreken. Hierbij heeft men de keuze om enkel de toplaag te verwijderen of om de volledige weg inclusief fundering, onderfundering en andere verhardingen (voetpaden, straatkolken,...) op te breken. De opgebroken materialen kunnen in bepaalde gevallen hergebruikt worden bij de aanleg van de nieuwe weg.

Vervolgens worden werfvoorzieningen geïnstalleerd (eventueel al tijdens sloopwerken) en bodemcondities bepaald. Aanplantingen worden indien nodig verwijderd. Als er in een bouwput gewerkt wordt, start men de bronbemaling. Aangezien wegenbouw, door de grote volumes van materialen, meestal gepaard gaat met veel transport, worden ook hier aanrijroutes bepaald.

Om de bermen en het baanbed (gedeelte van het grondoppervlak onder de verharde gedeelten van de weg) aan te leggen, is er grondverzet nodig. Dit komt neer op afgraven, uitgraven, ophogen, afdekken en verdichten met walsen of trilplaten, totdat de vereiste samendrukbaarheidsmodulus bereikt wordt om de bovenliggende lagen te kunnen dragen. Wanneer deze onhaalbaar is door verdichting, kan men bindmiddel (bijvoorbeeld kalk), steenslag, rolgrind, aanvullingsmateriaal of geotextiel aanbrengen (AWV, 2016). Ook eventuele ondergrondse nutsvoorzieningen worden in deze fase aangelegd, voordat de eigenlijke wegenwerken beginnen.



Figuur 6: Dwarsdoorsnede van de opbouw van een weg (Constructiv, NN)

Net als gebouwen hebben wegen een fundering nodig. Het gaat hier echter niet om diepe funderingen, maar om een draagkrachtige laag of lagen die onder het wegdek wordt aangebracht. Onder eigenlijke fundering kan ook een onderfundering worden aangelegd als het baanbed weinig draagkrachtig of vorstgevoelig is. Voor deze onderfundering wordt vaak puin gebruikt dat gerecupereerd kan worden van de eventuele voorafgaande sloopfase. De eigenlijke fundering kan in bepaalde gevallen ook dikker gemaakt worden in plaats van een onderfundering aan te leggen. De fundering kan bijvoorbeeld worden aangelegd met steenslag, cement en betonpuin, zandcement, vliegashoudend beton of schraal beton (met of zonder wapening). De fundering wordt per laag gespreid en met walsen verdicht, zodat de bovenkant zo effen mogelijk is voor de aanleg van de wegverharding. (Constructiv, s.d.)

Het aanleggen van de wegverharding kan gezien worden als de ruwbouwfase. Er zijn open en gesloten verhardingen mogelijk. Open verhardingen of bestratingen kunnen bijvoorbeeld bestaan uit kasseien of betonstraatstenen (klinkers), en vergen vaak veel handenarbeid. Voor wegen met veel, snel of zwaar verkeer zijn gesloten verhardingen aangewezen, zoals cementbeton (eerder stijf) of bitumineuze verhardingen (asfalt en eerder flexibel). Deze worden machinaal aangelegd met gespecialiseerd materieel.

Het plaatsen van wegmarkeringen, signalisatieborden, verkeersborden, verlichting en groenaanleg kan gezien worden als de afwerkingsfase van de wegenbouw.

Tot slot is er ook onderhoud nodig. Dit kan bijvoorbeeld gaan van het vullen van putten, tot het herschilderen van wegmarkering of het verwijderen van plantengroei.

3.2 Geluidshinder

In deze paragraaf wordt beschreven wat geluid (zie 3.2.1) en geluidshinder (zie 3.2.2) is alsook de mogelijke gevolgen voor de personen die eraan blootgesteld worden (zie 3.2.2.1). Vervolgens wordt de bijdrage van bouw- en sloopactiviteiten aan geluidshinder besproken (zie 3.2.3) en geven we een overzicht van de mogelijke geluidsbronnen bij bouw- en sloopactiviteiten (zie 3.2.4).

3.2.1 Geluid

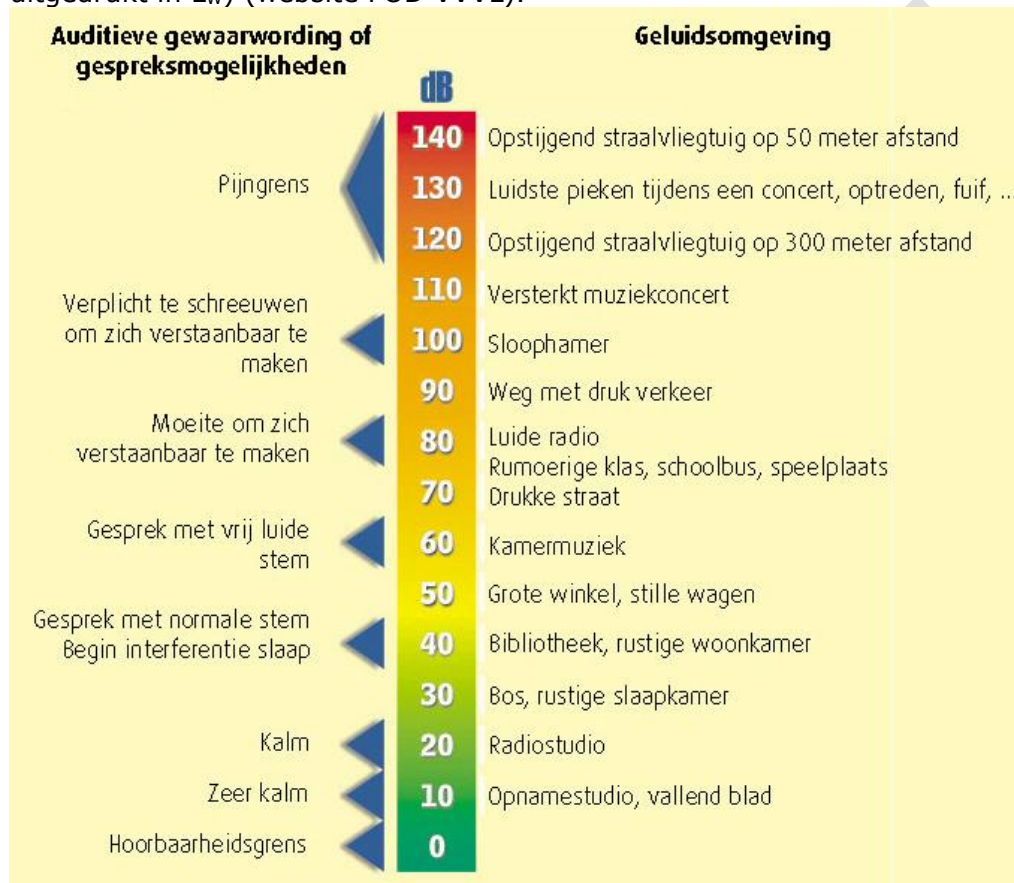
Voor de definiëring van geluid baseren we ons op de 'Studie naar impact van geluid op welzijn, leefmilieu en volksgezondheid in Vlaanderen' van het Instituut voor Samenleving en Technologie van het Vlaams parlement (Bockstael et al., 2012). Geluid wordt hierin omschreven als een trilling van de materie, die zich voortplant in de lucht of een andere substantie. Als een geluidsbron de materie in beweging brengt, dan wordt deze samengedrukt of meer algemeen vervormd. Deze samendrukking oefent een kracht uit op naburige materie die op haar beurt in beweging komt. Zo ontstaat uiteindelijk een golvende beweging. Gemiddeld gezien blijft alle materie ter plaatse: enkel de trilling wordt doorgegeven. Een geluidsgolf is m.a.w. een verplaatsing van mechanische energie en dus niet van materie.

Geluid kan voorkomen in verschillende toonhoogten (geluidfrequenties) en volumes (geluidssterkte). De geluidsfrequentie, uitgedrukt in Hertz (Hz), is het aantal trillingen per seconde. De grootte van de luchtdrukwisselingen door geluidstrillingen wordt de geluidssterkte genoemd. Hoe groter de drukwisselingen, hoe luider het geluid klinkt. Door de gemeten geluidsdruk te vergelijken met een referentiedruk en deze in een logaritmische functie op te nemen, ontstaat de eenheid decibel (dB) voor geluidsdruk niveau. Het oor is echter niet voor alle geluidsfrequenties even gevoelig en daarom wordt een correctiefactor gehanteerd, het zogenaamde geluidfilter A. Het geluidsdruk niveau zoals dat in het oor wordt waargenomen, wordt daardoor uitgedrukt in dB(A).

Normaal horende personen zijn in staat om zowel uiterst stille geluiden te horen en interpreteren (bijvoorbeeld het geluid van verkeer ver weg in een goed akoestisch geïsoleerde slaapkamer in een residentiële wijk) als zeer luide geluiden (bijvoorbeeld in een discotheek). Voor onze subjectieve perceptie stemmen luidheidsverschillen niet zozeer overeen met verschillen in drukamplitude, maar met verhoudingen van drukamplitudes: de subjectieve waarneming van geluid is logaritmisch. Daarom wordt het geluidsdruk niveau op een welbepaalde locatie in de ruimte uitgedrukt in de logaritmische grootte decibel (dB). 3dB is het minimale geluidsdruk niveau dat als

waarneembaar wordt beschouwd voor mensen, en vanaf 5-10dB kunnen mensen duidelijk een verschillende geluidsomgeving herkennen.

Het geluidsdrukkniveau (meestal uitgedrukt in L_p) is anders gezegd datgene wat we horen, namelijk de druk die de geluidsgolven uitoefenen op het trommelvlies in het oor, de ontvanger van het geluid. Hoe verder men zich verwijderd van een geluidsbron, hoe zwakker de geluidsdruk in het oor (zie voortplanting van geluid). Daarom vermeldt men bij een geluidsmeting van een machine of toestel de afstand waarop men gemeten heeft, bijvoorbeeld 65 dB(A) op 10 meter. De oorzaak van dit geluidsdrukkniveau ligt bij het geluidsvermogen van een bepaalde bron. Dit geluidsvermogen is de totale geluidsenergie die per tijdseenheid wordt geproduceerd door een machine of een toestel (meestal uitgedrukt in L_w) (website FOD VVVL).



Figuur 7: Auditieve gewaarwording of gespreksmogelijkheden ten opzichte van de geluidsomgeving (website FOD VVVL)

Over het algemeen wordt er een onderscheid gemaakt tussen 4 types geluid (Malchaire et al., 2005 en VLAREM II):

- Stabiel geluid: geluid waarvan de niveauschommelingen, gemeten als $L_{Aeq,1s}$ niet meer bedragen dan 5 dB(A), bijvoorbeeld ventilatie
- Fluctuerend geluid: geluid waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert; de variaties kunnen zowel periodisch als niet-periodisch zijn; de niveauverhogingen worden gemeten als $L_{Aeq,1s}$ en duren in het totaal niet langer dan 10 % van de desbetreffende beoordelingsperiode(n), bijvoorbeeld boormachine;
- Intermitterend geluid: geluid waarvan het niveau meerdere keren terugvalt tot dat van het residuele geluid en waarbij het geluidsniveau tijdens de verhoging aanhoudt gedurende een periode in de orde van grootte van 2 seconden; de niveauverhogingen worden gemeten als $L_{Aeq,1s}$ en duren in het totaal niet langer

- dan 10 % van de duur van de desbetreffende beoordelingsperiode(n), bijvoorbeeld voertuig met verbrandingsmotor;
- Impulsachtig geluid: geluid veroorzaakt door zeer kortstondige gebeurtenissen, korter dan 2 seconden, en waarvan het niveau meerdere keren abrupt terugvalt tot dat van het residuele geluid of het oorspronkelijke omgevingsgeluid; de niveauverhogingen worden gemeten als $L_{Aeq,1s}$ en duren in het totaal niet langer dan 10 % van de desbetreffende beoordelingsperiode(n), bijvoorbeeld bij een hamerslag op een staalplaat of bij het gebruik van explosieven om te slopen.

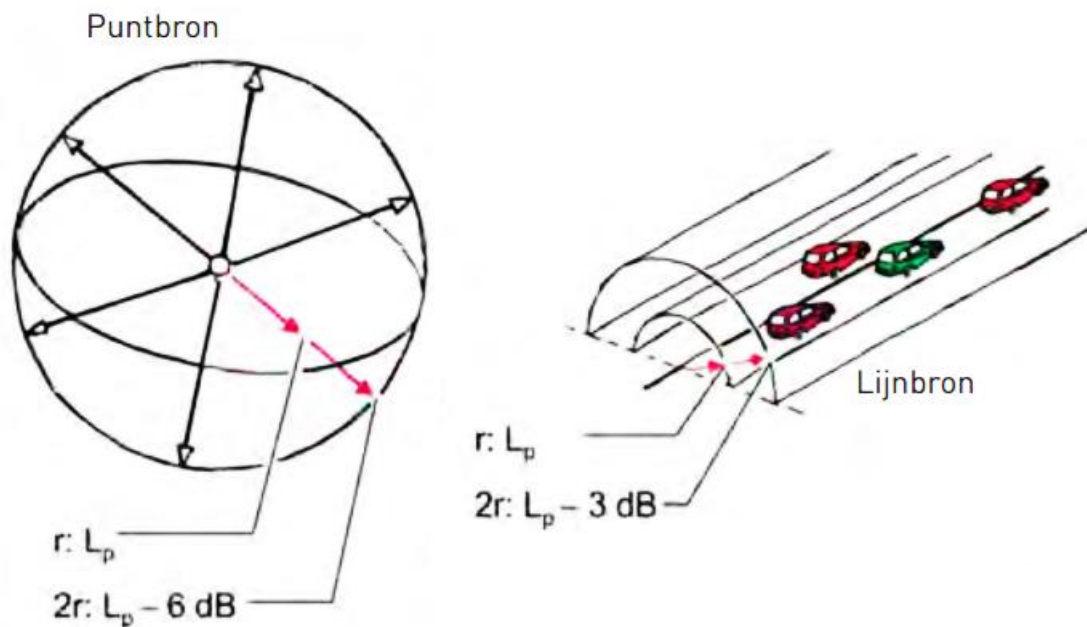
Voortplanting van geluid

Geluid kan zich op drie manieren voortplanten (Malchaire et al., 2005):

- Rechtstreeks: het geluid plant zich rechtstreeks voort van de bron naar de ontvanger, waarbij het geluidsniveau bepaald wordt door de afstand
- Weerkaatsing: het geluid weerkaatst op een hindernis (bijvoorbeeld betonnen plaat) en bereikt de ontvanger op een onrechtstreekse wijze
- Overdracht via structuur: wanneer een trillingsbron zich op een structuur bevindt, kan die structuur gaan meetrillen en geluid veroorzaken. Bij resonantie kan ook geluid ontstaan, door het gaan meetrillen van een structuur met een trillingsbron, nadat trillingen via een tussenstof de structuur bereiken (zie 3.3.1)

Hierbij neemt het geluidsdrukniveau van een geluidsbron af naarmate de afstand tot de bron toeneemt. De mate van afname hangt af van de grootte van de bron en van de golflengte van het geluid. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de twee meest voorkomende geluidsbronnen: de puntbron en de lijnbron of lijnvormige bron (Bockstael et al., 2012). De meeste geluidsbronnen bij bouw- en sloopwerken kunnen beschouwd worden als puntbronnen.

Bij een puntbron lijkt het voor de waarnemer alsof alle energie wordt uitgestraald vanuit één punt, wanneer de afmetingen van de bron klein zijn in vergelijking met de afstand tussen bron en waarnemer. Een lijnbron kan beschouwd worden als een verzameling van bewegende puntbronnen, en zal in plaats van bolvormige golfvronten cilindrische golfvronten uitsturen (Leefmilieu Brussel, s.d. b).



Figuur 8: Puntbron vs lijnbron (Bruël & Kjaer in Leefmilieu Brussel, s.d. b)

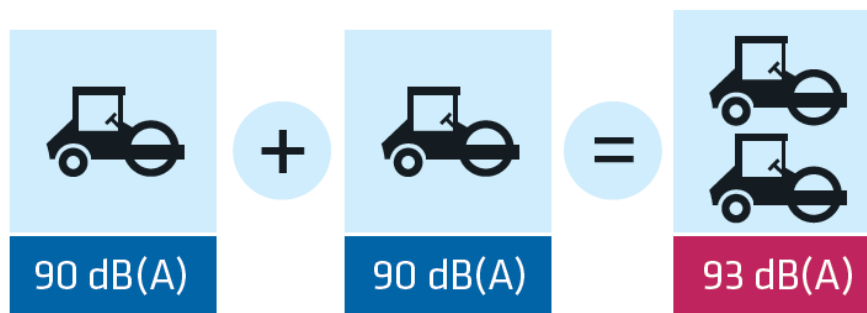
Bronnen die klein zijn ten opzichte van de golflengte kunnen beschouwd worden als puntbronnen, waarbij het geluidsdrumniveau afneemt met 6 dB per afstandsverdubbeling en dat in alle richtingen. Voor grotere bronnen blijft deze trend geldig zolang men zich op een afstand bevindt die groot is ten opzichte van de afmetingen van de bron, al kan het geluid in dat geval wel sterker zijn in bepaalde richtingen. Bij lijnbronnen neemt het geluidsdrumniveau trager af met de toenemende afstand, namelijk met -3 dB per afstandsverdubbeling.

In het algemeen kan bij een puntbron gesteld worden dat het geluidsdrumniveauverschil in dB op twee afstanden r_1 en r_2 van een bron gelijk is aan $L_{r_2} - L_{r_1} = 20 \log_{10} (r_1/r_2)$ en bij een lijnbron $L_{r_2} - L_{r_1} = 10 \log_{10} (r_1/r_2)$. Deze waarden kunnen echter beïnvloed worden door natuurlijke of kunstmatige geluidsbarrières (bebouwing, bossen), door de hardheid van de bodem en door atmosferische effecten (temperatuur, wind, temperatuurverschil tussen hoogtes,...) (Bockstael et al., 2012).

Optellen van geluid

Om het totale geluidsniveau te berekenen bij geluid afkomstig van meerdere bronnen, dient het kwadraat van de geluidsdruk van de bronnen opgeteld te worden. Het totale geluidsdrumniveau van bronnen die op een bepaalde plaats niveaus L_1 , L_2 , L_3 geven kan berekend worden met volgende logaritmische formule (Bockstael et al., 2012): $L_{\text{totaal}} = 10 \log_{10} [10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + 10^{L_3/10}]$. Een verdubbeling van het aantal bronnen geeft altijd een verhoging van $10 \log_{10}(2) = 3 \text{ dB}$ (zie 4.2.5).

Dit betekent ook dat het toevoegen van een stillere bron aan een reeds aanwezig luider geluid nauwelijks leidt tot een toename van het geluidsniveau. En dat een geluid een ander geluid kan verbergen indien beide dezelfde toonhoogte hebben (dezelfde frequentie) en het ene geluid ongeveer 10 dB(A) sterker is dan het andere (Malchaire et al., 2005).



Figuur 9: Schematische weergave van een niveauverhoging voor twee even luide bouwmaschinen (Merkblatt Baulärm, 2016)

3.2.2 Geluidshinder

Wanneer geluid een bepaald niveau overschrijdt, kan het een bron van hinder vormen. Geluidshinder of lawaai is echter een subjectief gegeven, waarbij het van persoon tot persoon afhangt of iemand geluid als hinderlijk beschouwt ten opzichte van zijn of haar welzijn. Lawaai wordt in het Groenboek van de EU "Een toekomstig beleid inzake de bestrijding van geluidshinder" gedefinieerd als *ongewenst geluid* of hard, *onaangenaam* of *onverwacht geluid* en is volgens het Groenboek één van de belangrijkste milieuproblemen in Europa. Geluidshinder vindt zijn oorsprong in de activiteiten van de mens en hangt samen met de verstedelijking en de ontwikkeling van vervoer en industrie. Hinder ontstaat wanneer geluid wordt beschouwd als intrusief in de persoonlijke leefomgeving, en is sterk gerelateerd aan de mate waarin geluid interfereert met dagelijkse activiteiten (Hall et al., 1985).

In VLAREM II wordt omgevingsgeluid in het kader van onder andere hoofdstukken 2.2 "Milieukwaliteitsnormen voor geluid en beleidstaken ter zake" en 4.5 "Beheersing van geluidshinder" gedefinieerd als "het geluid op een gegeven plaats en op een gegeven ogenblik; dat geldt zowel in open lucht als in een gesloten ruimte". Voor de mogelijke geluidshinder die uit dit omgevingsgeluid voortkomt is er in VLAREM II geen voor deze studie relevante definitie opgenomen.

Er zijn drie types van factoren te onderscheiden die de mate van hinder gaan bepalen. Zo zijn er akoestische factoren, namelijk het geluidsniveau, de blootstellingsduur, de intensiteit, de frequentie en de aard van het geluid. Daarnaast kunnen ook niet-akoestische factoren een invloed hebben op de mate van geluidshinder zoals bijvoorbeeld de context (tijdstip, duur,...), de omgeving, de hindergevoeligheid van- en de afstand tot de receptor. Ook de aanwezige bebouwing, de wegverharding of de nabijheid van andere geluidsbronnen hebben een invloed op het totale geluidsniveau en dus op de mate van geluidshinder.

Verder spelen ook sociaal-psychologische factoren een rol, zoals (Bosnak, 1998):

- De voorspelbaarheid van het geluid
- Gevoel van beheersbaarheid:
 - Zelf kunnen beïnvloeden of stoppen van geluid
 - Het kunnen ontlopen van geluid
 - Zekerheid over het eindtijdstip
- Als niet nuttig of onnodig ervaren
- Idee dat het schadelijk is voor de gezondheid
- Associatie met angst
- Ontevredenheid over andere aspecten uit de omgeving

In Vlaanderen wordt er onder andere naar geluidsgevoeligheid gepeild aan de hand van het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek (SLO) (zie ook 3.2.3 Bijdrage van bouw- en sloopectiviteiten aan geluidshinder). Het SLO ondervraagt op regelmatige basis een representatief aantal Vlamingen over hoe zij de leefbaarheid van hun omgeving ervaren. Na een nulmeting in 2001 (SLO-0) werd de enquête in 2004 (SLO-1), in 2008 (SLO-2), 2013 (SLO-3) en 2018 (SLO-4) herhaald.

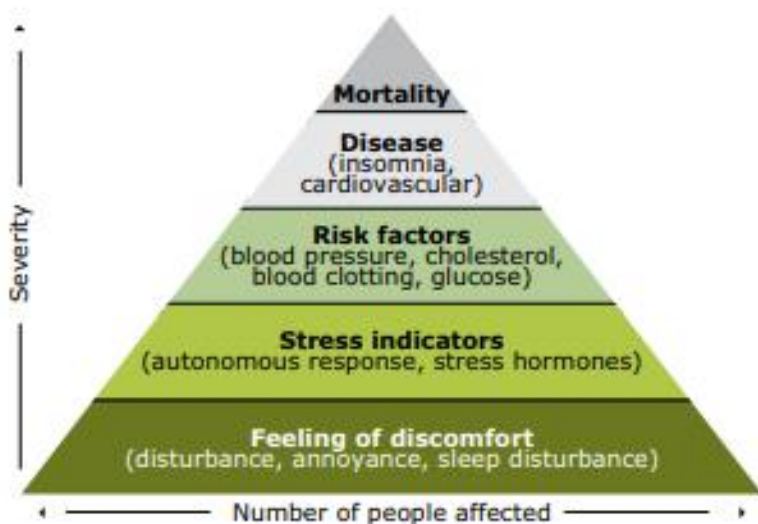
In het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek van 2018 (SLO-4) worden enkele algemene conclusies getrokken uit een bevraging naar geluidsgevoeligheid aan de hand van stellingen. Zo zouden vrouwen vaker als relatief geluidsgevoelig gecategoriseerd kunnen worden dan mannen (respectievelijk 34% en 28 %) en zouden oudere respondenten (vanaf 46 jaar) gevoeliger zijn dan de jongste leeftijdsgroepen (16 tot 30 jaar) (respectievelijk 35% en 24%). Daarnaast zijn bepaalde groepen ook kwetsbaarder voor de gevolgen van (nachtelijke) geluidshinder zoals bijvoorbeeld kinderen, chronisch zieken en ouderen (WHO, 2009).

In het SLO-4 worden ook conclusies getrokken aangaande de relatie tussen hinder en geluidsgevoeligheid. Wie relatief geluidsgevoelig is, geeft vaker aan de voorbije twaalf maanden (op het moment van afname enquête) tamelijk tot extreem gehinderd te zijn door geluid in en om de woning dan wie relatief neutraal gevoelig of ongevoelig is voor geluid (resp. 43% t.o.v. 31% en 17%). Bijkomend blijkt ook het verschil tussen respondenten die relatief neutraal gevoelig zijn voor geluid en respondenten die relatief ongevoelig zijn voor geluid significant.

Verder gaf 33% van de 46 tot 60-jarigen aan de voorbije twaalf maanden (op het moment van afname enquête) tamelijk tot extreem gehinderd te zijn door geluid in en om de woning voor de 16 tot 30-jarige, 31 tot 45-jarigen en 60-plussers was dit respectievelijk 25%, 32% en 28%. Wie geen diploma of maximaal een diploma lager onderwijs heeft, wordt in mindere mate tamelijk tot extreem gehinderd door geluid in en om de woning dan wie een secundair of hoger (universitair) diploma heeft (respectievelijk 22% t.o.v. 28%, 33% en 35%). Ook bij respondenten met een secundair diploma ligt het aandeel dat tamelijk of extreme hinder ondervond significant lager dan bij respondenten met een universitair diploma (resp. 28% t.o.v. 35%). Respondenten die in een rijwoning of halfopen woning wonen geven significant vaker aan tamelijk tot extreem gehinderd te zijn door geluid dan respondenten die in een vrijstaande of ander type woning wonen (resp. 33% tot 44% t.o.v. 7% tot 24%). Naar geslacht is er geen verschil voor wat betreft de ondervonden hinder van geluid.

3.2.2.1 Gevolgen geluidshinder

Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft geluidshinder een impact op de gezondheid van personen die eraan worden blootgesteld. Naast gehoorschade (bv. tinnitus), kan geluidshinder bij een deel van de blootgestelde bevolking leiden tot stress, slaapstoornissen en andere biologische en biofysische effecten. Deze kunnen dan op hun beurt leiden tot het verergeren van diverse gezondheidsrisicofactoren zoals een hoge bloeddruk, wat dan weer voor een deel van de bevolking kan leiden tot verdere ontwikkeling van klinische symptomen zoals slapeloosheid en cardiovasculaire ziekten met als gevolg een toename van het aantal premature sterftegevallen, zoals weergegeven in de pyramide van geluidseffecten (Figuur 10). De impact van nachtelijke blootstelling aan geluid verschilt van deze overdag. De WHO geeft aan dat 's nachts negatieve effecten al mogelijk zijn vanaf 40 dB. (EEA, 2014)



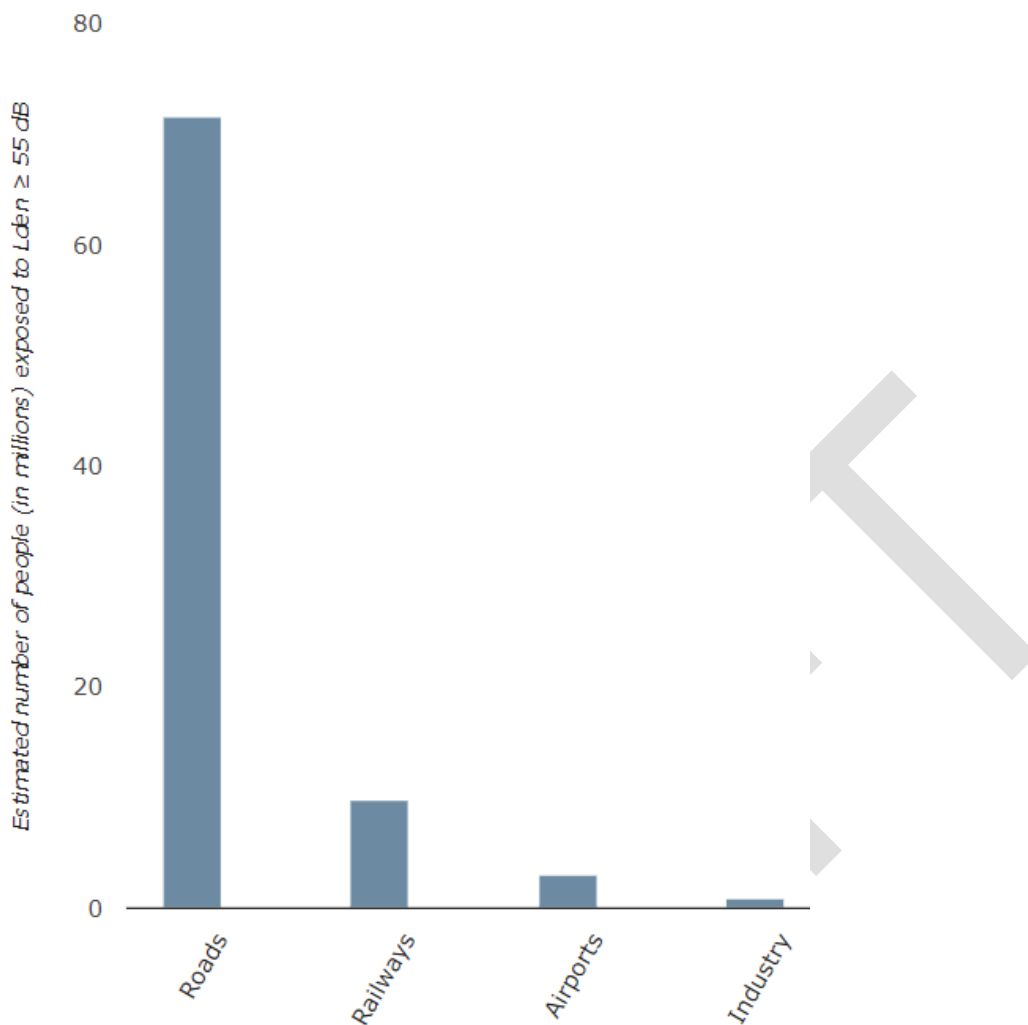
Figuur 10: Pyramide van geluidseffecten (WHO, 1972)

3.2.3 Bijdrage van bouw- en sloopactiviteiten aan geluidshinder

Bouw- en sloopgeluid wordt in Europese context gerekend onder industriegeluid. Uit rapportages van de lidstaten onder de Europese geluidsrichtlijn (2002/49/EC) blijkt dat het wegverkeer de voornaamste bron is van lawaai die verantwoordelijk is voor een geluidsbelasting van meer dan 55 dB(A) (de drempel waarboven negatieve effecten op de volksgezondheid kunnen worden vastgesteld) gevolgd door geluid afkomstig van spoorverkeer, vliegverkeer en industrie³ (zie Figuur 11) (EC, 2017).

Bouw- en sloopgeluid wordt, door het vaak onderbroken karakter ervan, beschouwd als vervelender dan een continu geluid (Murphy & King, 2014). Daarenboven blijkt uit het Schriftelijke Leefomgevingsonderzoeken van 2013 en 2018, uitgevoerd door het Departement Omgeving van de Vlaamse Overheid, dat het aandeel van de bouw- en sloopactiviteiten in de hinderstatistieken toeneemt. Daarbij komt de uitdaging van het verhogen van het ruimtelijk rendement, vastgelegd in de strategische visie van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen. Deze evolutie naar verdicht wonen zal de aandacht voor het bewaken van een aangename leefomgeving nog versterken.

³ Gebaseerd op populaties die in grote agglomeraties leven met meer dan 100.000 inwoners.



Figuur 11: Aantal mensen in de Europese Unie dat blootgesteld wordt aan een geluidsbelasting van meer dan 55 dB(A), per type geluidsbron (EEA, 2018)

Het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek

Uit de Schriftelijke Leefomgevingsonderzoeken blijkt dat geluid de belangrijkste bron van hinder vormt. In het SLO-4 gaf drie op de tien respondenten (29%) aan het jaar voorafgaand aan het SLO-3 tamelijk (18%), ernstig (10%) of extreem (2%) gehinderd te zijn door geluid in en om de woning. Drie op de tien respondenten (32%) van het SLO-4 gaf aan een toename in geluidshinder te ervaren ten aanzien van twee jaar geleden.

Uit het SLO-4 blijkt het verkeer en vervoer de grootste hinderbron te zijn (31%) bij respondenten die aangeven tamelijk tot extreem gehinderd te zijn, gevolgd door burens (17%) en geluid afkomstig van recreatie (15%) en bedrijven en industrie (13%). Geluid van Bouw- en Sloopactiviteiten valt in het onderzoek onder de categorie bedrijven en industrie. Uit een detailanalyse van de hinderbronnen voor geluid blijkt dat het aantal gehinderden door bouw- en sloopwerkzaamheden elk jaar toeneemt. Ook voor particuliere doe-het-zelf activiteiten (welke ook vaak gelinkt zijn aan bouw- en sloopactiviteiten) wordt een toename van de tamelijk tot extreem gehinderden opgemeten. Dit in tegenstelling tot andere sectoren en bronnen van geluid, waar globaal

een daling wordt vastgesteld. In Tabel 7 wordt het aantal gehinderden (% van de bevolking) voor enkele sectoren weergegeven op basis van de resultaten van het SLO-4.

DRAAFT

Tabel 7: Geluidshinder (tamelijk tot extreem) van specifieke hinderbronnen (selectie subcategorieën), vergelijking SLO-metingen – Vlaams Gewest

Bronnen van geluidshinder	SLO ₀		SLO ₁		SLO ₂		SLO ₃		SLO ₄	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<u>VERKEER EN VERVOER</u>										
Straatverkeer	939	29,9	1.321	27,3	1.319	25,1 ⁰	1.235	22,4 ⁰¹²	1.438	27,6 ²³
Treinverkeer	107	3,8	138	2,9	133	2,9	150	2,9	136	2,6 ⁰
Luchtvaart	293	9,0	387	6,7 ⁰	361	6,3 ⁰	319	5,0 ⁰¹²	411	6,4 ⁰³
Scheepvaart	5	0,2	25	0,6	25	0,5	8	0,1 ¹²	16	0,4
<u>BEDRIJVEN EN INDUSTRIE</u>										
Laden en lossen van vrachtwagens	162	5,6	224	4,8	265	5,2	238	4,2 ⁰	303	6,0 ³
Zelfstandigen (schrijnwerker, bakker, ...)	79	2,6	121	2,6	125	2,5	130	2,2	122	2,4
Bedrijven, fabrieken	134	4,5	157	3,3	204	4,0	152	2,9 ⁰²	192	3,6
Handel en diensten	58	2,2	84	1,8	101	2,0	107	1,9	124	2,7 ¹
Bouw- en sloopactiviteiten	135	4,7	228	5,1	312	6,3 ⁰	375	6,8 ⁰¹	418	8,6 ⁰¹²³
Windmolens	--	--	--	--	--	--	--	--	27	0,4
<u>RECREATIE EN TOERISME</u>										
Muziek van dancings, cafés of restaurants	100	3,4	159	3,3	182	3,6	167	2,9	144	2,9
Mensen op straat	--	--	--	--	--	--	234	4,6	244	5,2
Muziek in auto's	--	--	392	8,1	386	7,5	301	5,5 ¹²	257	5,3 ¹²
Kermissen, braderijen en muziekfestivals	84	2,8	159	3,3	185	3,6	191	3,5	176	3,2
Sportvelden en -stadia	40	1,3	92	1,9	82	1,5	83	1,4	72	1,4
Racen en crossen	26	0,8	141	2,8 ⁰	204	3,8 ⁰	170	3,2 ⁰	180	3,3 ⁰
<u>LANDBOUW</u>										
Landbouwwerktuigen	72	2,2	130	2,8	162	3,2	178	3,1	248	4,6 ⁰¹²³
Vee (vb. koeien, schapen, pluimvee, ...)	46	1,5	62	1,3	63	1,2	49	0,9	73	1,4
Geluid van ventilatoren van stallen	15	0,4	33	0,7	27	0,6	27	0,4	23	0,6
<u>BUREN</u>										
Spelende kinderen	92	3,2	190	4,2	150	3,1 ¹	155	3,0 ¹	146	3,2
Huisdieren	285	9,1	370	7,6	451	8,8	408	7,0 ⁰²	397	7,8
Doe-het-zelf activiteiten	162	5,7	155	3,4 ⁰	174	3,5 ⁰	262	4,8 ¹²	210	4,0 ⁰
Tuinonderhoud (grasmachines, ...)	--	--	207	4,0	217	4,1	258	4,4	239	4,3
Muziek of TV (uitgezonderd horeca)	--	--	207	4,2	199	3,9	184	3,3	203	3,9
Verwarmings- of airco-installaties	--	--	69	1,4	65	1,2	65	1,2	63	1,2

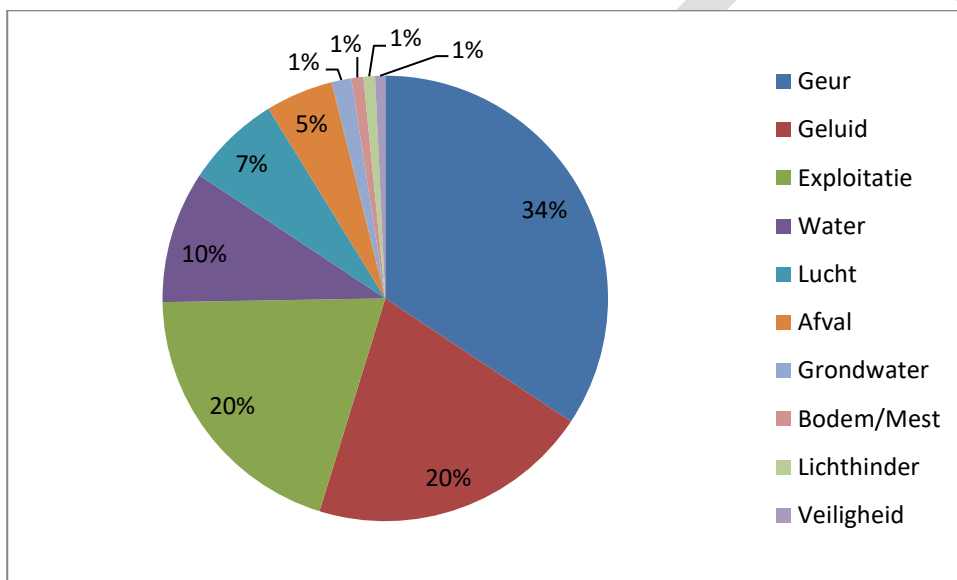
^{0 1 2 3 4} = significant verschil ($p < 0,05$) t.o.v. aangegeven voorgaande SLO-metingen

Milieuklachten

Het klachtenboek van de Vlaamse Ombudsman van 2017 geeft een overzicht van de voornaamste klachten bij verschillende Vlaamse administraties en instanties. Verschillende van deze klachten handelen over hinder van geluid en trillingen, zoals bijvoorbeeld bij infrastructuurwerken uitgevoerd door de Vlaamse Waterweg.

Op het moment van publicatie was er geen recent klachtenoverzicht van het Departement Omgeving beschikbaar, door reorganisatie en implementatie van een nieuw centraal registratie- en opvolgingssysteem (JIRA). In 2015 was er wel een overzicht van alle milieuklachten in Vlaanderen beschikbaar in het klachtenboek van de Vlaamse Ombudsman. Dit boek geeft een overzicht van de voornaamste klachten bij verschillende Vlaamse administraties en instanties.

Zo waren er in 2015 2996 milieuklachten van burgers en bedrijven over de diverse milieuthema's heen. Ook hieruit (zie Figuur 12) blijkt geluid een van de belangrijkste bronnen van hinder te zijn.



Figuur 12: Verdeling van het aantal ontvangen klachten bij Milieu-inspectie in 2015 per thema op basis van klachtenboek Vlaamse Ombudsman

Naast het overzicht in het klachtenboek van de Vlaamse Ombudsman, werd er in het kader van de BBT-voorstudie hinder bij bouw-, sloop- en infrastructuurwerken een klachtenanalyse gedaan van de klachten uit de milieuklachtendatabank MKROS, die door gemeenten werd ingevoerd in 2006. MKROS is een milieuklachten registratie- en opvolgingssysteem, bedoeld voor gemeentelijke, provinciale en gewestelijke instanties die milieuklachten behandelen. Het aantal klachten over geluidshinder bij bouw- en sloopactiviteiten bedroeg 420 voor de periode jan 2006 tot mei 2015. Daar niet alle gemeenten deelnemen aan de klachtenregistratie of slechts een deel van de binnengekomen klachten registreren in MKROS, is dit een onderschatting van het werkelijk aantal klachten over deze periode. Het aantal klachten over geluidshinder als gevolg van werken door particulieren is bijna de helft van deze als gevolg van werken uitgevoerd door aannemers (Van den Abeele & Huybrechts, 2016).

Op basis van de detailinformatie van de klachten blijkt dat bij geluidshinder minstens 50% gelinkt is aan het tijdstip waarop werken plaats vinden. Klagers hebben er vooral problemen mee wanneer hun nachtrust verstoord wordt of wanneer er werkzaamheden

plaatsvinden op feest- en weekenddagen. Werkzaamheden die volcontinu gebeuren (b.v. grondbemalingen of polijsten van beton), zijn hierbij regelmatig de oorzaak. Maar ook andere werkzaamheden of leveringen die 's nachts, 's morgens vroeg of 's avonds laat gebeuren leiden dikwijls tot klachten. Bij klachten over particulieren (doe- het-zelfvers) gaan minstens 3/4de van de klachten over werkzaamheden die de nachtrust verstoren op plaatsvinden op feestdagen of weekenddagen. (Van den Abeele & Huybrechts, 2016)

3.2.4 Geluidsbronnen bij bouw- en sloopwerken

Bouw- en sloopprocessen zorgen onvermijdelijk voor geluidsproductie en de daarbij horende hinder. In principe kan er in elk bouwproces sprake zijn van geluids- en trillingshinder, afhankelijk van het type werkzaamheden dat uitgevoerd wordt, de gebruikte technieken, het tijdstip, de tijdsduur, de omvang, de locatie en de organisatie van de werf (zie 3.2.4 geluidsbronnen bij bouw- en sloopwerken). Concreet hebben volgende factoren invloed op het geluidsniveau dat de buurt rond de bouw- en sloopwerken bereikt (BSI, 2008):

- Het geluidsvermogen van de gebruikte machines en technieken
- De exploitatieperiodes van de werf
- De afstand tussen de geluidsbronnen en de ontvanger
- De aanwezigheid van geluidswerende (natuurlijke) barrières
- De weerkaatsing van het geluid
- Het dempingsvermogen van de bodem (bijvoorbeeld grasbodem vs verharde omgeving)

Verder kunnen ook meteorologische omstandigheden zoals windsnelheid en -richting en atmosferische absorptie - afhankelijk van de geluidsfrequentie, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (INTEC, 2000) - invloed hebben op het ontvangen geluidsniveau. Een inschatting maken van deze invloeden is echter complex, zeker omwille van de interactie tussen deze factoren. Algemeen kan gesteld worden dat op korte afstanden (minder dan 50m) het effect van atmosferische demping slechts een beperkte invloed heeft op het geluidsniveau. De meteorologische omstandigheden kunnen een concentratie van het geluid in een bepaalde richting veroorzaken (BSI, 2008).

Kenmerkend is dat de aard van geluidshinder van bouw- en sloopwerken verschilt ten opzichte van bijvoorbeeld geluidshinder van wegverkeer of industrie (Dittrich et al., 2016):

- Benodigde uitrusting is vaak mobiel
- Gebruik van materiaal is tijdelijk of periodiek
- De werf blijft op dezelfde locatie, met materieel dat min of meer stationair is
- Geluid kan op veel verschillende locaties voorkomen buiten de openbare weg, zoals in de buurt van woningen, binnenplaatsen, gevoelige bestemmingen (ziekenhuizen), scholen, hotels, rusthuizen en dat zowel in stedelijk gebied als op het platteland
- Hoge geluidsniveaus kunnen voorkomen, voldoende om ernstige hinder te veroorzaken, zelfs wanneer het geluid niet voor lange tijd aanhoudt

De hieronder (vanaf 2.4.1) beschreven geluidsbronnen veroorzaken dus slechts voor een bepaalde periode in de tijd geluidshinder voor de omgeving van de werf. Aangezien er heel wat geluidsbronnen voorkomen in meerdere werffases wordt hier een indeling gemaakt per type geluidsbron.

In Tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de geluidsbronnen gelinkt aan de overeenkomstige werffase(s) en hun geluidsvermogens (L_{WR}). Dit is de totale geluidsenergie die per tijdseenheid wordt geproduceerd door een machine of toestel, als bron van het geluid (website FOD VVVL). Echter zeggen L_{WR} -gegevens alleen iets over

het machine- of motorgeluid, en dus niet over het geluid van bewerkingen zoals bij sloop-, frees- of heiwerkzaamheden (Krause, 2005). De indeling per werffase en de geluidsvermogens zijn indicatief.

In de Europese NOMEVAL-studie en de meer recente ODELIA-studie (zie 2.3.5) drukt men het geluidsvermogen van machines uit in het 'gewaarborgde geluidsvermogen'. Om het gewaarborgde geluidsvermogen van een machine te bepalen, meet men het geluidsvermogen van meerdere machines, neemt er een gemiddelde van en voegt daaraan een marge toe. Deze marge houdt rekening met mogelijke variaties in de productie (productieonzekerheid) en de metingen (meetonzekerheid). Het gewaarborgde geluidsvermogen ligt daarom altijd hoger dan het gemeten geluidsvermogen (website FOD VVVL).

In de ODELIA-studie wordt gewerkt met gemiddelde gewaarborgde geluidsvermogens van de machines. Afhankelijk van de uitvoering en het vermogen van de machines kan het gewaarborgde geluidsvermogen van de machines dus verschillen van dit gemiddelde.

Tabel 8: Overzicht van geluidsbronnen bij bouw- en sloopactiviteiten, met bijhorend geluidsvermogen

Materieel	Geluidsvermogen (L _{WR} in dB(A))	Gemiddeld gewaarborgd geluidsvermogen (L _{Wg} dB(A))
Sloopwerken		
Mobiele kraan met schaar	108 ⁽⁴⁾	
Mobiele kraan met hydraulische sloophamer	115-125 ⁽⁴⁾	123,7 ⁵
Pneumatische sloophamer (handbediend)	112 ⁽⁴⁾	105,3 ⁵
Wiellader (20 ton)	107 ⁽⁴⁾	
Hogedrukwaterstraalmachine		94,8 ⁵
Wegenfreesmachine		109,4 ⁵
Voorbereiding en installatie werf		
Rupskraan (20 ton)	107 ⁽⁴⁾	
Dumper/Vrachtwagen	106 ⁽⁴⁾	106 ⁵
Hydraulische graafmachine en kabelgraafmachine (<500kW)		99,5 ⁵
Graaflaadmachine		100,8 ⁵
Grader of egaliseermachine		106,6 ⁵
Dozer (<500kW)		107,1 ⁵
Boorinstallatie		111,1 ⁵
Hydraulisch aggregaat		96,5 ⁵
Lader (<500kW)		102,6 ⁵
Mobiele kraan		104,9 ⁵
Stroomaggregaat (<400kW)		94,5 ⁵
Stroomaggregaat (>400kW)		101,8 ⁵
Torenkraan		95,8 ⁵
Funderingswerken		
Heistelling hydraulisch heiblok (betonpalen)	120-126 ⁽⁴⁾	
Heistelling (hydraulisch) stalen buispalen	130 ⁽⁴⁾	131,7 ⁵

⁴ van der Maarl, 2013

⁵ Dittrich et al., 2016

Heistelling dieselblok	130 ⁽⁴⁾	
Boorpalen	102 ⁽⁴⁾	
Damwanden intrillen	118-125 ⁽⁴⁾	
Damwanden heien	125 ⁽⁴⁾	
Damwanden drukken	102 ⁽⁴⁾	
Verdichtingsmachine (trilwalsen, trilplaten, trilstampers)		106,2 ⁵
Ruwbouw		
Beton- of mortelmixer	107 ⁽⁴⁾	103,3 ⁵
Betonmixer (vrachtwagen)		111,1 ⁵
Betonpomp	110 ⁽⁴⁾	
Transport- en spuitmachines voor beton en mortel		104,1 ⁵
Bouwlift goedertransport (elektrisch)		93 ⁵
Bouwlier (verbrandingsmotor)		90,9 ⁵
Lasaggregaat		94,2 ⁵
Afwerking		
Hoogwerker met verbrandingsmotor		102,4 ⁵
Lintzaag		110 ⁵
Cirkelzaagbank		108,3 ⁵
Compressor (<350kW)		95,8 ⁵
Voegensnijmachine		110,6 ⁵
Bestratingsafwerkmaschine (met hoogverdichtingsbalk)		106,6 ⁵
Buizenlegger		108 ⁵

3.2.4.1 Algemene geluidsbronnen

Bij alle bouw- en slooptactiviteiten, of het nu gaat over kleine werken uitgevoerd door particulieren of over grote bouwwerkzaamheden met tientallen bouwvakkers, zijn er een aantal algemene geluidsbronnen identificeerbaar.

Zo zal op bijna elke werf timmerwerk worden uitgevoerd, bijvoorbeeld bij het installeren van stellingen of hekwerk tot het afwerken van binnenschrijnwerk. Ook contactgeluid afkomstig van met elkaar in aanraking komende materialen is onvermijdelijk op een werf. Verder zijn er nog andere 'menselijke' geluidsbronnen, zoals een radio of verbale communicatie tussen de bouwvakkers op de werf.

3.2.4.2 Bouwmaterieel

De belangrijkste geluidsbronnen bij machines zijn de (verbrandings)motoren, koelventilatoren, hydraulische systemen, transmissie- en versnellingsgeluiden en impact- en procesgeluiden (bijvoorbeeld slijpen van slijpschijf of impact sloophamer). Om de geluidshinder van machines te beperken, is het essentieel om de belangrijkste geluidsbron(nen) van een machine eerst aan te pakken. Deze kan verschillen per type machine, model en zelfs gebruiksomstandigheden (Dittrich et al., 2007).

Voor veel materieel is de motor de voornaamste geluidsbron en zal in het algemeen een verbrandingsmotor een hoger geluidsniveau produceren dan een elektromotor. Zo wordt er gebruik gemaakt van compressoren op diesel of elektriciteit, bijvoorbeeld om niet-, nagel-, of verfpistolen te voorzien van perslucht. Maar ook voor zwaardere

toepassingen zoals het stralen van gebouwen (bijvoorbeeld bij renovatie) of het boren van gaten en putten wordt gebruik gemaakt van compressoren.

Pompen voor grondbemaling, betonmolens, betonpompen, polijstmachines en hydraulische apparatuur worden eveneens aangedreven met een verbrandings- of elektromotor.

Afhankelijk van het type werf kunnen er hijs-, toren-, of telescoopkranen gebruikt worden. De meeste kranen worden aangedreven met een elektromotor, al worden er ook nog verbrandingsmotoren gebruikt voor de aandrijving van de kraan. Die aandrijving is nodig voor het draaien of verplaatsen (indien op rails) van de kraan alsook voor het open afrollen van de kabels. Onder andere bij telescoopkranen (uitschuifbare hijskraan gemonteerd op vrachtwagen) is er niet altijd een aparte motor voorzien voor de kraan zelf en moet in dat geval de motor van de vrachtwagen blijven draaien.

Voor de algemene energievoorziening op de werf wordt, indien er geen voeding vanop het elektriciteitsnet mogelijk is, gebruik gemaakt van een aggregaat met verbrandingsmotor.

Ook is er op bijna elke werf een aantal typische machines aanwezig dat geluid produceert. Het gaat hier bijvoorbeeld om kleinere toestellen zoals boor-, zaag-, slijp-, of schuurmachines.

Wegenbouw

In de wegenbouw worden een aantal specifieke machines gebruikt zoals bestratingsmachines, klinkertransportmachines, asfaltmachines, graders, trilplaten enzovoort. Deze worden gebruikt in combinatie met de frequenter gebruikte graafmachines, bulldozers, pletwalsen en dumpers.

In de meeste gevallen worden ze aangedreven met een verbrandingsmotor die dus geluid produceert. De trilplaat dient om bestrating of beton aan te trillen of bepaalde oppervlaktes te egaliseren. Afhankelijk van de aard van de aan te trillen oppervlaktes wordt ook hierbij geluid geproduceerd.

Funderingsinstallaties

Het aanbrengen van funderingen produceert het grootste geluidsvermogen van alle op een bouwterrein, tot een geluidsproductievermogen van 130 dB(A). Vooral bij heikwerkzaamheden van paalfunderingen loopt het geluidsniveau op, door de slagimpact van het heiblok (met diesel-, stoom-, perslucht- of hydraulische aandrijving of door zwaartekracht met lier) op de paal of dam die een hoog piekgeluid genereert. Bij dieselaangedreven heistellingen wordt diesel tot explosie gebracht, wat al voor een aanzienlijke piekgeluidsdruk zorgt en waarbij ook het uitstromen van verbrandingsgassen geluid maakt. De toepassing van deze heitechnieken beperkt zich echter, net als bij de klassieke triltechnieken, meestal tot industrie- of havengebieden, of wanneer er hoge funderingslasten op te nemen zijn.

Ook bij het (hoogfrequent) intrillen, indrukken of het boren van funderingen wordt er geluid geproduceerd, waarbij meestal de motor de voornaamste geluidsbron is (geen piekgeluid). Bij alle funderingstechnieken worden er namelijk elektro- of verbrandingsmotoren gebruikt om de nodige druk of valhoogte te genereren.

Naast de eigenlijke funderingsinstallatie met motor, zijn er in bepaalde gevallen ook hulpinstallaties nodig die op hun beurt geluid kunnen genereren. Bijvoorbeeld pompen, kranen, een afvoerinstallatie van opgegraven grond of een installatie om een vloeistof (water, een polymeer of bentoniet) in te spuiten om de funderingspaal gemakkelijker aan te brengen of te stabiliseren (BSI, 2008).

Bijkomend geluid kan verwacht worden wanneer men door bestaande funderingen heen moet gaan funderen, wat steeds vaker voorkomt in dichtbebouwd stedelijk gebied (BSI, 2008). Al worden deze bestaande funderingen vaak eerst uitgeboord met lichtere

machines, waardoor het funderen achteraf makkelijker en minder luidruchtig kan gebeuren.

Bij funderingen op staal en bij grondverbetering zijn het vooral de voertuigen die geluid genereren, met name de betonmixers, graafmachines, bulldozers, pletwalsen en dumpers.

Sloopwerken

Bij sloopwerken wordt er een bepaald type materieel en technieken gebruikt die minder of niet toegepast worden in andere werffases. Er kunnen onder andere pneumatische sloophamers, betonscharen, sloopkogels gebruikt worden, die al dan niet gemonteerd zijn op een mobiele kraan. Verder zorgen ook vallende brokstukken en de graafmachines die deze brokstukken in een vrachtwagen of mobiele breker laden voor contactgeluid. Slopen met explosieven zorgt dan weer voor een hoog piekgeluid.

3.2.4.3 Transport

Zoals reeds blijkt uit de hierboven beschreven geluidsbronnen, gaan bouw- en sloopwerken onvermijdelijk samen met zwaar transport. Dit gaat van het aanbrengen van materiaal voor de werf zelf (zoals werfketen of hekwerk), het leveren van machines (bijvoorbeeld graafmachines), tot het aan- en afvoeren van grond- en afvalstoffen (bijvoorbeeld aanvoer van beton of afvoer van grond).

Aangezien de meeste van die verplaatsingen gebeuren met vrachtwagens met verbrandingsmotor is ook dit een bron van geluid. De explosies in de cilinders brengen diverse onderdelen van de motor aan het trillen, waardoor deze geluid uitstralen. Het geproduceerde geluidsvermogen is daarbij afhankelijk van het toerental, de belasting en (in mindere maten) de cilinderinhoud. Bij manoeuvreren (kort optrekken, hoge toerentallen) zal het geluid dus toenemen (Leefmilieu Brussel, s.d. a).

Naast het geluid van de motor, dat via de luchtinlaten, de uitlaat en de motor zelf wordt verspreid, produceert ook het contact van de banden met de weg geluid. Het geluid van de banden kan gaan overheersen bij hogere snelheden en is ook afhankelijk van de textuur van het wegdek.

Eenzijds wordt bandengeluid veroorzaakt door het trillen van de band. Hoe groter de oneffenheden in de textuur van het wegdek, des te meer trillingen er het daaruit voortvloeiende geluid. Anderzijds wordt er geluid geproduceerd door het 'plakken' van de band aan het wegdek (bijvoorbeeld bij rijden over gladde beton) of door een verhoogde adhesie tussen band en wegdek (bijvoorbeeld door rijden met winterbanden met zacht rubber).

Ook kunnen vrachtwagens die achteruit rijden door het gebruik van achteruitrijalarmen zorgen voor extra geluidsproductie. Het gaat hier meestal om een hoge, pulserende toon die verspreid wordt in alle richtingen.

3.3 Trillingshinder

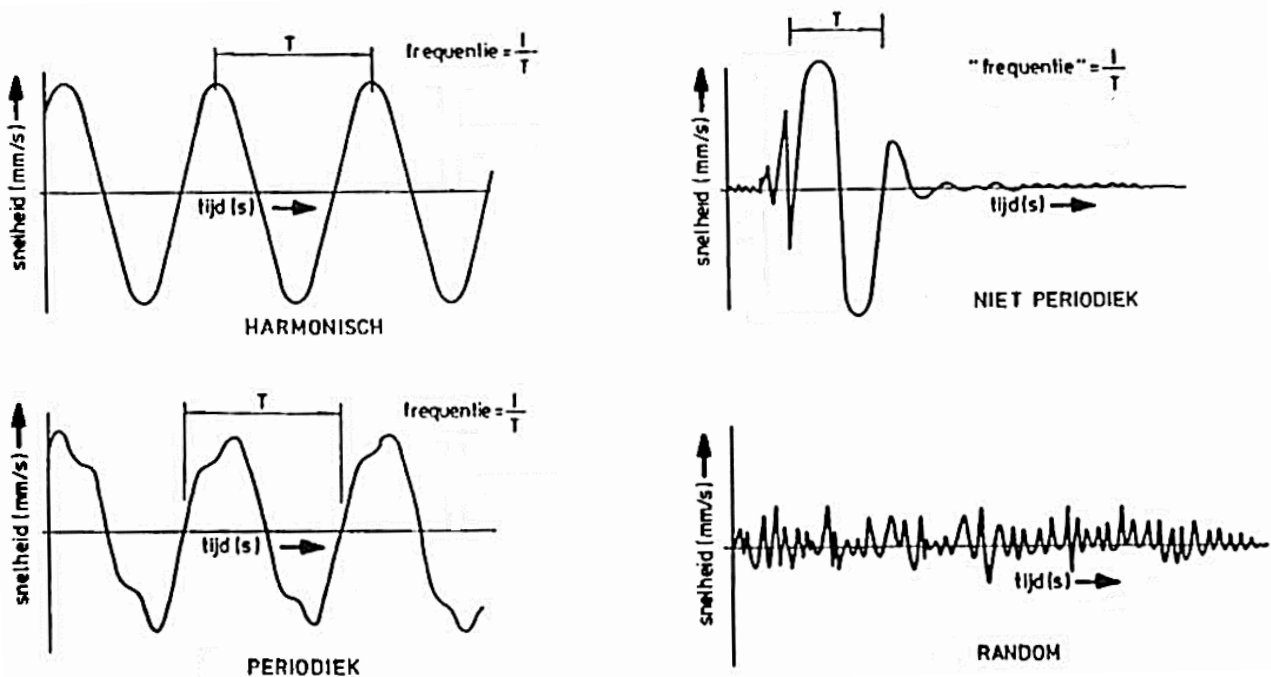
In deze paragraaf wordt beschreven wat trillingen (zie 3.3.1) en trillingshinder (zie 3.3.2) is. Vervolgens wordt de bijdrage van bouw- en sloopactiviteiten aan trillingshinder besproken (zie 3.3.3) en geven we een overzicht van de mogelijke trillingsbronnen bij bouw- en sloopactiviteiten (zie 3.3.4).

3.3.1 Trillingen

Een mechanische trilling is een periodiek herhaalde omkering van de bewegingsrichting en wordt veroorzaakt door de verstoring van een evenwichtssituatie, onder invloed van krachten. In de context van bouw- en sloopwerken ontstaan trillingen wanneer een bron een kracht uitoefent op de bodem. In tegenstelling tot geluid- waarbij de trilling zich voortplant door de lucht (of andere gasvormige materie) – planten trillingen zich voort via vaste materie. De sterkte van de trilling neemt daarbij af naarmate de afstand tot de bron groter wordt.

We kunnen 4 types van trillingen onderscheiden, zoals weergegeven in Figuur 13 (van Staalduin et al., 1993):

- harmonische trilling: snelheid verloopt sinusvormig met de tijd
- periodieke trilling: snelheid wisselt met een duidelijk herkenbare frequentie om de evenwichtstoestand. Dergelijke trilling is de optelsom van een beperkt aantal harmonische trillingen.
- niet periodieke trilling: stootachtig verloop, waarbij de snelheid kortstondig wisselt, een aantal malen om de evenwichtstoestand.
- random trilling: de snelheid wisselt om de evenwichtstoestand, waarbij geen duidelijke overheersende frequentie herkenbaar is.



Figuur 13: Verloop van verschillende types trillingen in de tijd (van Staalduin et al., 1993)

Voor het ontstaan van trillingen zijn wisselende of stootvormige belastingen noodzakelijk. Deze kunnen veroorzaakt worden door verschillende soorten trillingsbronnen, waarvan de belangrijkste voor bouw- en sloopactiviteiten zijn opgenomen in 3.2.3. Verder kunnen objecten of constructies ook door belastingen veroorzaakt door wind- of water en door geluid in trilling geraken. In onderstaande Tabel 9 wordt een beknopte opsomming gegeven van het type trillingsbron, gelinkt met het type trillingsexcitatie en de overeenkomstige overheersende trillingsfrequentie (Hz) die wordt waargenomen aan de hoofdconstructie van het aan trillingen onderhevige gebouw.

Tabel 9: Karakterisering van trillingsbronnen met bijhorende trillingsexcitatie en trillingsfrequentie (Hz) (van Staalduin et al., 1993)

Trillingsbron	Type trillingsexcitatie	Overheersende trillingsfrequentie (Hz)
verkeer	periodiek	5-15
machines	harmonisch (periodiek)	
heien van palen	stootvormig	10-30
intrillen van palen of planken	periodiek	toerental trilblok
ondergrondse explosies	stootvormig	1-20
windbelasting	periodiek (wervelingen)	≤5
watergolven	stootvormig of periodiek	
geluid	stootvormig (bv bovengrondse explosies)	
lopen van mensen	stootvormig	2, 4, 6
slaan van deuren	stootvormig	>50

Resonantie

Bij dit principe gaat een trilling met bepaalde frequentie een ander object sterk doen meetrillen, wanneer de frequentie dicht genoeg bij de eigenfrequentie van het object ligt. Doordat de eigenfrequentie van het object wordt aangesproken door de externe beweging, gaat het veel sterker trillen dan gewoon mee trillen (wat een dempend effect zou veroorzaken) en kan bij aanhoudende externe impuls de trilling ook alsmaar toenemen. Wanneer er resonantie plaatsvindt, zal de trilling en daarmee samenhangende hinder dus nog versterkt worden. Dit verschijnsel zal eerder plaatsvinden bij continue trillingen (bijvoorbeeld van machines of wegverkeer) dan bij impulstrillingen (bijvoorbeeld door explosie). Lichte, slanke en dus gemakkelijk vervormbare constructies hebben veel lagere eigenfrequenties dan meer massieve structuren waardoor de eigenfrequenties soms dicht komen te liggen bij de frequentie van de belastingen die erop aangrijpen, hetgeen dan ook vlugger aanleiding geeft tot resonantieproblemen (Henderieckx et al., 1990). Resonantie kan er ook voor zorgen dat er door meetrillende objecten geluid wordt voortgebracht. Bijvoorbeeld wanneer metalen panelen van een machine gaan meetrillen, zullen er ook geluidsgolven uitgaan van deze panelen.

3.3.2 Trillingshinder

De meeste codes van goede praktijk die trillingshinder bespreken, doen dit in het kader van welzijn op het werk. Er worden dan grenswaarden vastgelegd voor trillingen die, bij het hanteren van de trillingsbron (bijvoorbeeld een machine) het lichaam binnendringen en daar bij overschrijding van deze waarden gezondheidsrisico's met zich meebrengen⁶. Verder zijn er ook trillingsstandaarden die zich focussen op machinetrillingen gemeten op niet-draaiende delen (zoals ISO 10816), die bepalen welke trillingsnelheid niet overschreden mag worden teneinde te verzekeren dat de machine naar behoren functioneert. Die types van trillingshinder liggen echter buiten de scope van deze studie.

De trillingshinder die hier relevant is, is de hinder voor personen ten gevolge van gebouwtrillingen. Trillingsbronnen, zoals machines, verkeer, explosies en

⁶ In de Federale Codex over het welzijn op het werk zijn in Titel 3 van Boek 5 over trillingen (omzetting van Europese Richtlijn 2002/44/EG) o.a. grenswaarden opgenomen voor dagelijkse blootstelling per type trilling (hand-armtrillingen en lichaamstrillingen, respectievelijk 5m/s² en 1,15m/s² voor een standaardreferentieperiode van acht uur).

bouwwerkzaamheden kunnen er namelijk voor zorgen dat er trillingen ontstaan in gebouwen. Afhankelijk van de functie van deze gebouwen (bv. scholen, woningen of kantoorgebouwen) kunnen daarin trillingen voelbaar zijn en mogelijk hinder veroorzaken voor mensen (SBR, 2002). In bepaalde gevallen zijn trillingen objectief waarneembaar en kunnen ze schade veroorzaken. Die schade ligt buiten de scope van deze studie, aangezien het een aansprakelijkheidskwestie is. Net als bij geluidshinder is wat men als trillingshinder beschouwt deels een subjectief gegeven, dat van persoon tot persoon verschilt. Men heeft echter, net als bij geluid, meetbare indicatoren bepaald die uitmaken vanaf welke trillingsnelheid men kan spreken van trillingshinder voor mensen of niet. Voor de indicatoren baseren we ons op de Nederlandse meet- en beoordelingsrichtlijn deel B 'hinder aan personen' van de Nederlandse Stichting Bouwresearch (SBR) (zie 2.4.7). Deze richtlijn baseert zich op haar beurt op de Duitse DIN 4150 norm.

3.3.3 Bijdrage bouw- en sloopactiviteiten aan trillingshinder

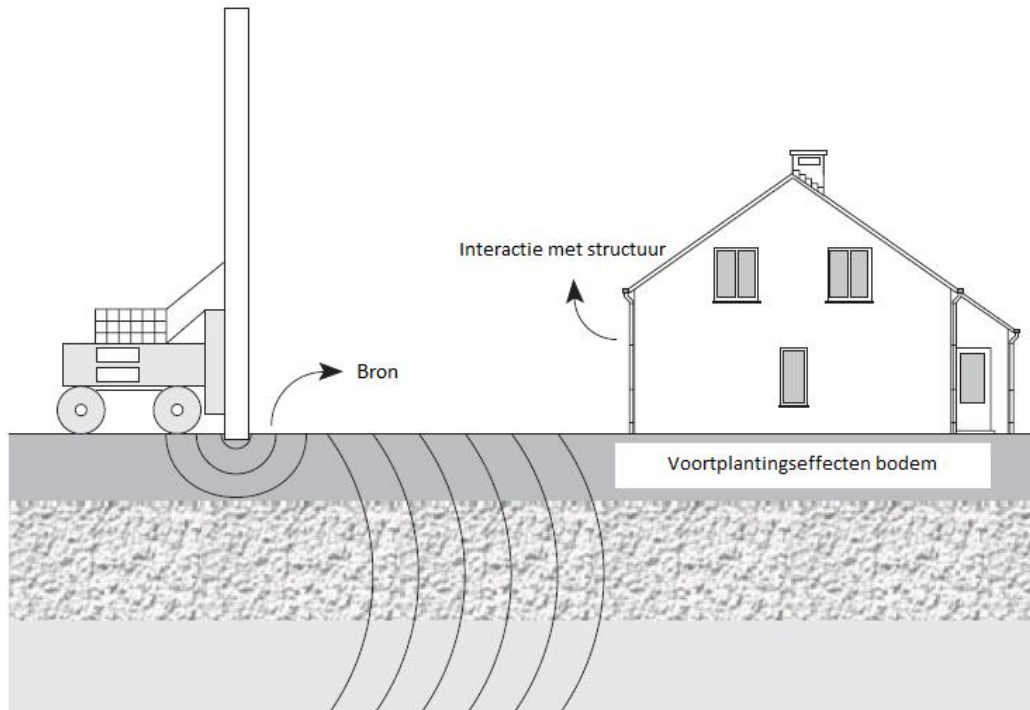
Op Vlaams of Belgisch niveau bestaan er slechts in beperkte mate concrete cijfers over trillingshinder en daaraan gelinkte klachten, zeker wat betreft het aandeel van bouw- en sloopactiviteiten daarin. Uit de milieuklachtendatabank MKROS kunnen we de klachten over trillingshinder bij bouw- en sloopactiviteiten uitfilteren. Hoewel het grootste aandeel van het totale aantal klachten over bouw- en sloopactiviteiten over geluidshinder ging, was 4% van de klachten gelinkt aan trillingshinder.

Vast staat wel dat de voornaamste bronnen van trillingshinder allemaal aanwezig kunnen zijn op een werf waar bouw- of sloopwerken worden uitgevoerd. Zo zijn er machines aanwezig, worden er mogelijk heikwerken uitgevoerd, wordt er zwaar transport gegenereerd en worden er bij bepaalde sloopactiviteiten explosieven gebruikt.

3.3.4 Trillingsbronnen bij bouw- en sloopwerken

Bouw- en sloopprocessen zorgen onvermijdelijk voor trillingen en eventueel de daarbij horende hinder. In principe kan er in elke bouwfase sprake zijn van trillingshinder, afhankelijk van het type werkzaamheden dat uitgevoerd wordt, de gebruikte technieken, de tijdsduur, de omvang, de locatie en de organisatie van de werf. Concreet hebben volgende factoren invloed op de trillingen die de buurt rond de bouw- en sloopwerken bereiken (Dupont, 2006):

- De interactie tussen de trillingsbron en de grond
- De (complexe) voortplantingseffecten in de grond naargelang de bodemeigenschappen
- De interactie tussen de grond en de omliggende structuren



Figuur 14: De drie factoren die trillingshinder bepalen (aangepast) (Mertens et al., 1995)

Net als bij geluidshinder (zie 3.2.4), is het kenmerkend dat de trillingshinder van bouwen sloopwerken, in tegenstelling tot bijvoorbeeld trillingshinder van wegverkeer of industrie, tijdelijk van karakter is. De hieronder beschreven trillingsbronnen veroorzaken dus slechts voor een bepaalde periode in de tijd hinder voor de omgeving van de werf. Aangezien er heel wat trillingsbronnen voorkomen in meerdere werffases wordt hier een indeling gemaakt per type trillingsbron.

3.3.4.1 Bouwmaterieel

Net zoals bij geluidsbronnen is ook bij trillingsbronnen het bouwmaterieel een belangrijke veroorzaker van mechanische trillingen. Enerzijds kan het hierbij gaan om motoren met roterende elementen die zich in onbalans bevinden. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij beschadigde tandwielen of lagers of bij machines of onderdelen waarbij het zwaartepunt zich niet in het midden bevindt. Ook losse onderdelen kunnen trillingen veroorzaken. De onbalans wordt meestal veroorzaakt door slecht ontworpen of onderhouden bouwmaterieel. Elke bouwmachine met een motor kan dus in principe trillingen veroorzaken die zich voortplanten via de bodem.

Anderzijds kunnen bepaalde machines ook doelbewust in onbalans gebracht worden om trillingen te genereren, zoals bijvoorbeeld het geval is bij trilplaten of sloophammers of bij funderingswerken (bv. intrillen van damwanden).

Funderingsinstallaties

Het aanbrengen van funderingen is bij veel bouwprojecten één van de voornaamste trillingsbronnen. Ze zijn immers vaak gebaseerd op de wetenschap dat de bodem zijn weerstand verliest onder invloed van trillingen (Whenham, 2012). Heimachines brengen bijvoorbeeld een trillingsenergie voort in het typisch gebied van 10 tot 50 Hz, met een maximum amplitude op een frequentie die wisselt afhankelijk van het procedé en de bodemgesteldheid (WTCB, 1995). Om schade aan omliggende constructies te vermijden wordt de trillingsfrequentie beperkt tussen 33 en 40 Hz. Naast heien kunnen funderingen

ook worden ingetrild, ingeschroefd of ingedrukt worden (zie 3.1 Procesbeschrijving) of gaat men bij diepteverdichting de grond verdichten met een trilnaald. Al deze technieken veroorzaken trillingen. Moderne, hoogfrequente trilblokken worden nu meestal uitgerust met een variabel excentrisch moment, waardoor de trillingen beperkt worden.

Sloopwerken

Bij sloopwerken wordt er een bepaald type materieel en technieken gebruikt die minder of niet toegepast worden in andere werffases. Er kunnen onder andere pneumatische sloophamers, betonscharen, sloopkogels gebruikt worden die al dan niet gemonteerd zijn op een mobiele kraan. Vooral de sloophamers zorgen voor een aanzienlijke trillingsimpact. Verder zorgen ook vallende brokstukken en de graafmachines die deze brokstukken in een vrachtwagen of mobiele breker laden voor trillingen. Slopen met explosieven zorgt voor spanningsgolven die trillingen veroorzaken in de omgeving.

3.3.4.2 Transport

Overeenkomstig de beschreven geluidsbronnen afkomstig van transport (zie 3.2.4.4), gaan bouw- en sloopwerken onvermijdelijk samen met zwaar transport. Dit transport kan eveneens trillingen veroorzaken, waarbij de aard van de trillingen afhankelijk is van (www.infomil.nl, 2018):

- Het type voertuig en de belading
- De rijsnelheid
- De vorm van oneffenheden

Na dynamische excitatie tussen de wielen en het (oneffen) wegdek planten golven zich voort in de grond en gaan ze interageren met de fundering van nabijgelegen structuren, wat trillingshinder kan veroorzaken in het gebouw. Na attenuatie op funderingsniveau kunnen verticale trillingen versterkt worden op de eigenfrequenties van flexibele vloeren, terwijl de horizontale componenten over de hoogte van het gebouw toenemen (Lombaert & Degrande, 2001).

HOOFDSTUK 4 BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

In dit hoofdstuk lichten we de verschillende maatregelen toe die bij bouw- en sloopactiviteiten geïmplementeerd kunnen worden om geluid en/of trillingshinder te voorkomen of te beperken. De milieuvriendelijke technieken zijn ingedeeld in drie delen:

- Generieke maatregelen
- Specifieke maatregelen voor funderingswerken
- Specifieke maatregelen voor sloopwerken

Bij de bespreking van de hinderbeperkende technieken komen telkens volgende punten aan bod:

- beschrijving van de techniek;
- toepasbaarheid van de techniek;
- milieuvoordeel van de techniek;
- financiële aspecten van de techniek.

De informatie in dit hoofdstuk vormt de basis waarop in hoofdstuk 5 de BBT-evaluatie zal gebeuren. Het is dus niet de bedoeling om reeds in dit hoofdstuk (hoofdstuk 4) een uitspraak te doen over het al dan niet BBT zijn van bepaalde technieken. Het feit dat een techniek in dit hoofdstuk besproken wordt, betekent m.a.w. niet per definitie dat deze techniek BBT is.

Bij toepassing van de maatregelen die hieronder worden besproken, is het aangewezen enkele algemeenheden in het achterhoofd te houden.

1. Elke geluids- en trillingsbron kan in principe geluids- en trillingshinder veroorzaken, afhankelijk van enkele parameters zoals tijdsduur, omvang en locatie (zie 3.2.4 en hoofdstuk 5). Het doel van de maatregelen in dit hoofdstuk is om ze toe te passen in geval van effectieve of verwachte hinder. Het is dus niet de bedoeling de maatregelen per definitie toe te passen wanneer er geluid of trillingen vastgesteld of verwacht worden.
2. Bij het toepassen van de maatregelen moet men ook rekening houden met het aantal potentieel gehinderden en dus de locatie, het tijdstip en de tijdsduur van bouw- en sloopactiviteiten. Wanneer werken worden uitgevoerd zonder nabijheid van mensen, bijvoorbeeld op afgelegen sites of in tunnels, zijn veel maatregelen minder relevant (behalve dan ten opzichte van het bouw personeel zelf).
3. Voor veel maatregelen geldt dat ze op korte termijn bijkomende kosten met zich meebrengen, maar dat ze op langere termijn het bouw- of sloopbedrijf kosten kan besparen, aangezien er minder aandacht moet gaan naar klachtenmanagement, de werknemers ook zelf gezondheidsvoordeel halen uit geluids- en trillingsarme werken en materieel langer meegaat wanneer het in het kader van geluidsbeperving goed wordt onderhouden. Verder kan men ook juridische kosten of gederfde ontvangsten door imago schade vermijden.
De toepassing van bepaalde geluids- of trillingsarme technieken kan tot slot een concurrentievoordeel opleveren, wanneer er bijvoorbeeld in een gevoelige omgeving gewerkt moet worden en waar de opdrachtgever of overheid vereist dat er stil of trillingsarm gewerkt wordt. Enkel bouw- en sloopbedrijven die deze

vereisten dan kunnen respecteren, komen in dat geval in aanmerking om de opdracht binnen te halen.

- De vermelde kost van de maatregelen wordt bepaald voor diegene die de maatregel neemt. In bepaalde gevallen kan de kostprijs doorgerekend worden, bijvoorbeeld aan de opdrachtgever.

4.1 Overzichtstabel maatregelen

In onderstaande Tabel 10 wordt een overzicht gegeven van de maatregelen die in dit hoofdstuk beschreven worden. Elk van deze maatregelen wordt meer uitgebreid beschreven in de technische fiches in paragraaf **Error! Reference source not found..** Er wordt een onderscheid gemaakt tussen generieke maatregelen, specifieke maatregelen voor funderingswerken en specifieke maatregelen voor sloopwerken. In deze tabel geven we een snelle indicatie van het type maatregelen; de hoogte waarop de maatregel genomen kan worden (bron, overdracht of ontvanger) en of het gaat om een eerder organisatorische of technische maatregel. Tot slot geven we weer of een graduele toepassing van de maatregel mogelijk is.

Tabel 10: Overzicht van de maatregelen om geluids- en trillingshinder van bouw- en sloopactiviteiten te beperken

Maatregel	Type maatregel					
	bron	overdracht	ontvanger	organisatorisch	technisch	gradaties mogelijk
Generieke maatregelen						
4.2.1 Opleiding en bewustmaking personeel (professionelen)	x	x		x		x
4.2.2 Opstellen geluidsbeheersplan	x	x	x	x		x
4.2.3 Werkuren beperken	x	x		x		x
4.2.4 Beperken menselijke geluidsbronnen	x				x	x
4.2.5 Zo gunstig mogelijke indeling werf	x	x		x		
4.2.6 Rijroutes vrachtverkeer aanpassen aan de omgeving	x			x		
4.2.7 Transportcapaciteit optimaliseren	x			x		
4.2.8 Motor voertuigen uitschakelen	x				x	
4.2.9 Gebruik van een multi-frequentie achteruitrijalarm	x				x	
4.2.10 Valhoogte materialen beperken en impactgeluid dempen	x	x			x	x
4.2.11 Geluids- en trillingsarm materieel gebruiken	x	x			x	x
4.2.12 Materieel voldoende onderhouden	x	x			x	
4.2.13 Geluid- en trillingsdempers plaatsen (materieel)		x			x	x

Hoofdstuk 4 BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

4.2.14 Geluidswerende schermen		x			x	x
4.2.15 Trillingsreducerende schermen		x			x	x
4.2.16 Gebruik van zelfverdichtend beton	x				x	
4.2.17 Gebruik prefab-elementen	x					
4.2.18 Voorzien van een werfaansluiting indien het volgens de netbeheerder mogelijk is	x				x	
4.2.19 Communicatie			x	x		x
4.2.20 Tegemoetkoming			x			x
Specifieke maatregelen voor funderingswerken						
4.3.1 Voorboren, voorgraven of voorsputten	x				x	
4.3.2 Funderingspalen boren of schroeven	x				x	
4.3.3 Hydraulisch funderingen heien	x				x	
4.3.4 Fundering hydraulisch indrukken	x				x	
4.3.5 Fundering intrillen	x				x	
4.3.6 Gebruik van een geluidsdempende balg of mantel		x			x	
4.3.7 Gebruik van een geluidsdempende heimuts en adapter		x			x	
4.3.8 Gebruik van een geïsoleerd heiblok		x			x	
Specifieke maatregelen voor sloopwerken						
4.4.1 Pyrotechnisch slopen	x				x	
4.4.2 Hydraulische sloopschaar	x				x	
4.4.3 Zagen en boren	x				x	
4.4.4 Hydraulisch splijten	x				x	
4.4.5 Drum-cutter	x				x	
4.4.6 Waterstralen	x				x	

4.2 Generieke maatregelen

In deze paragraaf worden maatregelen besproken die algemeen toegepast kunnen worden bij bouw- en sloopactiviteiten.

4.2.1 Opleiding en bewustmaking personeel (professionelen)

Beschrijving

Het personeel dat actief is op de werf (incl. leveranciers) wordt voldoende opgeleid om de technieken zo te gebruiken dat ze zo weinig mogelijk geluid produceren en zich bewust zijn van de geluidsimpact van hun werk. Dit kan door hen te informeren over de oorsprong van geluid, de voortplanting ervan, de effecten van lawaai en hoe deze beperkt kunnen worden (OFEV, 2011). Maar ook praktijkgerichte training kan aangewezen zijn om zo geluidsarm mogelijk te werken. Het kan hierbij gaan om (BSI, 2008):

- Correct gebruik en onderhoud van materieel (zie ook 4.2.14)
- M materieel uitschakelen wanneer het niet gebruikt wordt
- Het gebruik van geluidsdempers en aanwezige barrières (bv. deuren en ramen sluiten)
- Het gebruik van geluidsarme technieken (zie 4.2.12)
- De zodanige positionering van machines op de site dat het geluid naar de buurt beperkt wordt (zie ook 4.2.7)
- Het vermijden van onnodig geluid bij het uitvoeren van handwerk (bv. opbouw stellingen) of het besturen van machines
- De werking van geluidsmeeettoestellen (geselecteerd personeel)
- Instructies over hoe men defecten (van zowel machines als geluidsdemping) moet melden en verhelpen

Toepasbaarheid

Deze maatregel is in principe toepasbaar voor alle personeelsleden die betrokken zijn bij de uitvoering van bouw- en sloopactiviteiten uitvoeren die tot geluids- of trillingshinder kunnen leiden. De inhoud, uitgebreidheid en de mate van detail van een opleiding kan afgestemd worden op de aard van de werken en de potentiële geluidshinder. De opleidingen over geluidsarm werken kunnen worden opgenomen in de basisscholing voor bouw personeel of toegevoegd worden aan de noodzakelijke vervolgoopleidingen die personeel bijscholen over de laatste technische en organisatorische evoluties in de bouwsector. Sectororganisaties als Constructiv, de Confederatie Bouw en Bouwunie kunnen bedrijven hierin bijstaan of de opleidingen zelf organiseren voor hun leden.

Voor particulieren is de maatregel op zich minder toepasbaar. Voor deze doelgroep zouden wel bewustmakingscampagnes kunnen georganiseerd worden, bijvoorbeeld via de media.

Financiële aspecten

Opleidingen brengen operationele kosten met zich mee waardoor het voor (kleinere) bedrijven soms financieel moeilijk haalbaar is om deze op geïnstitutionaliseerde wijze aan te bieden. De sectorfederaties bieden aan hun leden echter tussenkomsten aan in de kosten (zowel in de loonkost als in de opleidingskost) of ze bieden premies aan voor bijvoorbeeld opleidingen buiten de werkuren.

4.2.2 Opstellen geluidsbeheersplan

Beschrijving

In de ontwerp- of planningsfase van bouw- en sloopwerken kan een geluidsbeheersplan worden geïmplementeerd. De invulling en diepgang van dergelijk geluidsbeheersplan verschilt afhankelijk van de aard en omvang (duur, activiteiten, grootte werf,...) van werken en de potentiële hinder. Verschillende gradaties zijn dus mogelijk, waarbij de diepgang van het geluidsbeheersplan evenredig toeneemt met de omvang en potentiële hinder van de werken.

De meest eenvoudige versie van een geluidsbeheersplan is een beperkte basisevaluatie, waarbij de opdrachtgever of aannemer stilstaat bij de mogelijke geluidsbronnen en hoe de potentiële hinder ervan te beperken op een eenvoudige manier (bijvoorbeeld door bewust gebruik van materieel (zie 4.2.1) of door het bepalen van werkuren (bv. werken niet aanvatten voor 7u 's ochtends, zie 4.2.4)).

Voor omvangrijke bouw- en sloopactiviteiten kan men overgaan tot het opstellen van een uitgebreid geluidsbeheersplan, waarin de omgeving, geluidsbronnen, en mogelijke hinderbeperkende maatregelen onderzocht en geëvalueerd worden.

Voor inspiratie kan men terecht in het sectoraal referentiedocument van de Europese Commissie voor de bouwsector, waarin een geluidsbeheersplan geldt als best practice in het milieumanagement. Dergelijk beheersplan omvat bijvoorbeeld (EC, 2012):

- Identificatie van gevoelige bestemmingen
- Achtergrondgeluidsniveaus per geluidsontvanger
- Voorspellende analyse van het verwachte bouwgeluid
- Vergelijking van het verwachte bouwgeluid met de geluidsgrenswaarden
- Evalueren en beslissen welke milderende maatregelen genomen zullen worden om de duurtijd en impact van het bouwgeluid te beperken om tot een aanvaardbaar hinderniveau te komen. Deze maatregelen opnemen in de contracten (zie 4.2.3)
- Gebruik van prefab-materialen, die lawaaierige werken kunnen verminderen (zie 4.2.17)
- Communicatieplan over geluidsmetingen en monitoring en strategie bepalen voor klachtenbehandeling (zie 4.2.19)
- ...

Toepasbaarheid

Deze maatregel is, overwegende verschillende mogelijke gradaties, algemeen toepasbaar, en is vooral van belang bij werken waar significante geluidshinder verwacht wordt (bv. in woongebieden). Voor particulieren en kleinere bouw- of sloopwerken kan de basisevaluatie door de uitvoerders van de werken zelf gebeuren, daar waar het bij grotere bouw- of sloopactiviteiten met potentieel veel hinder aangeraden is beroep te doen op een gespecialiseerd studie bureau.

Voor werken die MER-plichtig zijn, kan men het geluidsbeheersplan opnemen in het MER dossier. Informatie over onder andere de potentiële geluidshinder die gepaard gaat met de werken en de eventuele alternatieve werkingsmethodes- en technieken (zie 2.3.2), kan hierin opgenomen worden.

Meestal zal de opdrachtgever van de bouw- of sloopactiviteiten het geluidsbeheersplan opstellen, of de opmaak ervan in het lastenboek opnemen zodat de aannemer het plan opstelt. Ook de regelgevende overheid zou een geluidsbeheersplan kunnen vragen.

Milieuvoordeel

Het opstellen van een geluidsbeheersplan is een preventieve maatregel, waarvan de uitvoering zal leiden tot een algemeen lager geluidsniveau en minder hinder voor de omgeving van de werf (bijvoorbeeld wanneer werkuren beperkt worden).

Financiële aspecten

Het opstellen van een geluidsbeheersplan vergt geen investeringskost, enkel operationele kosten (werkuren). De uitvoering van de milderende maatregelen kan voor bijkomende kosten zorgen, die besproken worden onder de respectievelijke maatregelen in dit hoofdstuk. Kosten kunnen relatief hoog zijn voor kleine- of middelgrote bouwbedrijven.

4.2.3 Werkuren beperken

Beschrijving

Het beperken van de uren waarop er bouw- of sloopactiviteiten worden uitgevoerd (bv. door een regelgevende overheid), zal er voor zorgen dat de geluidsproductie per dag beperkt wordt in de tijd en dus ook de hinder die ermee gepaard gaat. Het doel van deze maatregel is om hinder te beperken op momenten wanneer de omgeving er het meest gevoelig voor is (bijvoorbeeld 's nachts in woongebied). Door de werkuren te beperken kan echter wel de intensiteit van de werken en het daarmee samenhangend geluidsniveau toenemen en kan het zijn dat de werken globaal gezien langer duren.

Doorgaans vinden bouw- en sloopactiviteiten plaats in de klassieke werkuren tussen 7u en 19u, die in VLAREM II ook gelden als de beoordelingsperiode om geluidsmetingen uit te voeren overdag. Doorgaans wordt 22u als het begin van nacht gezien, en is het daarna verboden nachtruis te veroorzaken (zie 2.4.4, Strafwetboek). In geval van werken tussen 7u en 19u spreken we niet van een beperking van de werkuren. Men kan in dat geval wel de dagen waarop gewerkt wordt beperken, bijvoorbeeld tot weekdays of alle dagen behalve zondag en feestdagen.

Verder kunnen bepaalde zeer lawaaierige werken worden beperkt in de tijd, zoals bijvoorbeeld in het Brussels Gewest gebeurt door het verbod op het gebruik van pneumatische hamers en heiverken voor 7u en na 16u (zie 2.4.5). Ook kunnen er beperkingen gehanteerd worden voor het vrachtverkeer dat zich naar de werf begeeft.

Momenteel wordt vaak in gemeentelijke reglementen bepaald tussen welke uren bouw- en sloopactiviteiten als hinderlijk beschouwd kunnen worden of niet. Ook in het lastenboek kunnen uren worden opgenomen waarbinnen de werken worden uitgevoerd (zie 4.2.3). In het Nederlandse Bouwbesluit 2012 (zie 2.3.7) wordt de gehanteerde dagwaarde bepaald op basis van het beoordelingsniveau voor geluid tussen 7u en 19u en dit op werkdagen en op zaterdag. Voor werken die buiten deze uren of op zondag plaatsvinden, dient er een gemotiveerde ontheffingsaanvraag te worden aangevraagd.

Het kan ook aangewezen zijn de werkuren af te stemmen op eventuele gevoelige bestemmingen in de buurt. Wanneer er bijvoorbeeld gewerkt wordt naast een ziekenhuis is het belangrijk stille periodes in te lassen teneinde de nodige rust van de zorgbehoevenden te respecteren.

Toepasbaarheid

De toepasbaarheid van het beperken van de werkuren van bouw- en sloopactiviteiten is sterk afhankelijk van het type werken dat wordt uitgevoerd. Bij klassieke vastgoedprojecten is dit haalbaarder dan bij infrastructuurwerkzaamheden, waar men vaker rekening moet houden met de mobiliteitsimpact van de werken of vanuit de overheid opgelegde vereisten (bijvoorbeeld werken uitvoeren tijdens de schoolvakantie) of omwille van veiligheidsredenen (bijvoorbeeld dringende werken omwille van instortingsgevaar).

In de praktijk worden bouw- en sloopwerkzaamheden meestal overdag uitgevoerd en wordt er enkel onder uitzonderlijke omstandigheden 's nachts of in het weekend gewerkt. Bij deze uitzonderingen is het extra belangrijk om alsnog de hinder maximaal te beperken door de beste beschikbare technieken toe te passen⁷ (bijvoorbeeld door nog meer aandacht te hebben voor bewustmaking bij personeel of door het uitwerken van een gedetailleerd geluidsbeheersplan), of door lawaaierige activiteiten indien mogelijk uit te stellen tot de gebruikelijke werkuren.

Particulieren die zelf bouwwerken uitvoeren doen dit vaak juist wel 's avonds of in het weekend. Ook hier is het van belang om de hinder voor de burens zo beperkt mogelijk te houden, bijvoorbeeld door afspraken te maken met de burens over het tijdstip waarop lawaaierige activiteiten zullen worden uitgevoerd (zie 4.2.19). Verder zijn er werkzaamheden die om technische redenen niet stilgelegd kunnen worden, zoals bijvoorbeeld bronbemaling⁸ of een stroomgroep.

Hoe meer hinder men verwacht, hoe verder men kan gaan met het beperken van de werkuren.

Milieuvoordeel

De geluidshinder in de buurt afkomstig van de werf wordt met deze maatregel beperkt in tijdsduur (uren per dag) en vermeden op hindergevoelige momenten (bijvoorbeeld 's nachts). Er is echter een verhoging van het geluidsniveau mogelijk, doordat men meerdere werken tegelijkertijd zou uitvoeren en dus de intensiteit kan toenemen. Die intensiteitsverhoging vindt dan plaats op momenten dat het geluidsniveau als minder hinderlijk beschouwd wordt. Wanneer men door deze maatregel het bouwproces over meer dagen moet spreiden, zal er meer dagen hinder zijn maar zal de duurtijd per dag wel afnemen.

Financiële aspecten

Het beperken van werkuren is een maatregel die geen investeringskost vergt. Echter wanneer een bouwfirmaminder uren bouw- en sloopactiviteiten mag uitvoeren dan een standaard werkdag van 8u, zal het totale bouwproces meer tijd in beslag nemen en dreigt hiermee ook de operationele kost voor de uitvoerder toe te nemen. Dit kan bijvoorbeeld omdat men meer dagen materieel moet huren of personeel moet inzetten en de opleveringstermijn verlengd wordt.

⁷ Volgens de in 5.2 voorgestelde categorisering zal men in deze uitzonderlijke situaties bijkomende maatregelen in overweging moeten nemen, gezien de potentiële hinder groter is.

⁸ Bij sondegestuurde bemaling slaat de bemaling af wanneer het waterniveau onder een bepaald, vooraf ingesteld, niveau zakt. Hierdoor zijn de bemalingspompen niet permanent in werking en wordt ook de eventuele hinder ervan beperkt (naast het feit dat er geen onnodige hoeveelheden water worden opgepompt). Echter zijn er nog technische beperkingen (bv. niet alle pompen geschikt) waardoor dit type bemaling nog niet algemeen toepasbaar is.

4.2.4 Beperken menselijke geluidsbronnen

Beschrijving

Onder menselijk geluid rekenen we bronnen die niet samenhangen met een bepaalde bouw- en slooptechniek of methode, maar met de aanwezigheid van mensen op de werfsite. Het kan hierbij onder andere gaan om luide communicatie tussen personeel (bijvoorbeeld roepen) of het gebruik van werfradio's.

Door het volume van werfradio's te beperken kan voorkomen worden dat de buurt hier onnodige hinder van ondervindt. Ook kan de radio op die manier gepositioneerd worden dat de geluidsgolven van omliggende gebouwen weg gericht worden. In geval van nabijheid van gevoelige bestemmingen of bij uitzonderlijke werken 's nachts of op zonen feestdagen dient men hiervoor extra aandachtig te zijn.

Luide communicatie op de werf kan beperkt worden door het gebruik van communicatiemiddelen zoals walkietalkies.

Toepasbaarheid

Deze maatregel is in principe algemeen toepasbaar. Hij is vooral van belang in situaties waar de eigenlijke bouw- en sloopactiviteiten relatief weinig geluid produceren (bv. afwerking), zodat de menselijke geluidsbronnen de luidste geluidsbron zijn op de werf en aanleiding kunnen geven tot hinder bij bijvoorbeeld burens. Het initiatief om deze maatregel te nemen ligt hoofdzakelijk bij de aannemer van bouw- of sloopwerken.

Milieuvoordeel

Het geluidsniveau afkomstig van radio's en communicatie tussen personeel neemt af en dus ook de geluidshinder die hiermee gepaard gaat. Echter hangt de impact hiervan sterk af van andere activiteiten die gaande zijn op de werf. Als er reeds luidere geluidsbronnen zijn, is de impact van bijvoorbeeld een beperking van het volume van de werfradio op het totale geluidsniveau beperkt of zelfs onbestaande (zie 3.2.1).

Financiële aspecten

Er zijn geen kosten verbonden aan deze maatregel.

4.2.5 Zo gunstig mogelijke indeling werf

Beschrijving

De werf wordt dermate ingedeeld dat lawaaiërende machines of machines die veel of continu in werking zijn, zo ver mogelijk staan opgesteld van de mensen in de omgeving en in het bijzonder van akoestisch gevoelige bestemmingen. Hiermee dient dus al rekening mee gehouden te worden in de planningsfase van de werf.

Wanneer materieel vooral in één bepaalde richting geluid verspreidt, kan men ervoor zorgen dat het geluid zich verspreidt in de tegenovergestelde richting van de omliggende bebouwing, tenzij het omwille van technische redenen niet anders mogelijk is. Indien er sprake is van een bouwput, kan een niveauverschil als geluidsbarrière werken. Bij deze maatregel dient ook rekening gehouden te worden met eventuele geluidswaerkaatsing richting gebouwen. Materieel wordt zo gepositioneerd dat het geluid zo veel mogelijk verspreid wordt weg van de omliggende gebouwen.

Toepasbaarheid

De toepasbaarheid van deze maatregel is sterk afhankelijk van het type van de werf en de locatie ervan, en zal dus van geval tot geval geëvalueerd worden door de aannemer. Op zeer compacte erven midden in de stad is de kans groter dat de volledige rand van de site bebouwd is, terwijl men op grote bouwplaatsen of erven in minder verstedelijkt gebied meer mogelijkheden heeft om de machines verder weg van bebouwing te plaatsen. Er zijn ook technische beperkingen waarmee men rekening moet houden. Zo zal het bijvoorbeeld niet mogelijk zijn om bij de plaatsing van een funderingsinstallatie rekening te houden met de omgeving (funderingspalen moeten nu eenmaal op berekende plaatsen de grond in), waar dit bijvoorbeeld bij plaatsing van een generator of pomp sneller mogelijk zal zijn.

Milieuvoordeel

Een lager geluidsniveau daar waar het aantal potentieel gehinderden het grootst is.

Financiële aspecten

Er zijn geen operationele of investeringskosten verbonden aan deze maatregel. Door de werf gunstig in te delen kan het wel zijn dat men minder andere milderende maatregelen moet nemen en daardoor kosten kan vermijden.

4.2.6 Rijroutes vrachtverkeer aanpassen aan de omgeving

Beschrijving

Zoals in punten 3.2.4.3 en 3.3.4.2 besproken, brengt een werf onvermijdelijk vrachtverkeer met zich mee. De geluidsimpact van het vrachtverkeer gaat verder dan de omgeving van de werf zelf, aangezien ook de omgeving van de rijroutes belast wordt. Overwegende dat geluidshinder van wegverkeer buiten de werf buiten de scope van deze studie ligt, focussen we hier op de impact in de buurt van de werf en op de werf zelf. De mogelijke aan- en afrijroutes worden in de planningsfase van de werf geanalyseerd en bepaald op basis van de hinder die ze veroorzaken op de omgeving. Wanneer mogelijk wordt de bebouwde omgeving zo veel mogelijk vermeden, alsook gevoelige bestemmingen (ziekenhuizen, scholen,..). Verder wordt de route zo bepaald dat de vrachtwagens zo min mogelijk moeten manoeuvreren (omwille van impact optrekken en achteruitrijalarm) om zich naar de laad- of losplaats te begeven. Routes met veel oneffenheden (bv. kasseien) worden zo veel mogelijk vermeden, aangezien deze het geluidsniveau doen toenemen. Ook kunnen beperkingen worden opgelegd in de uren waarop vrachtwagens de werf mogen aandoen (zie 4.2.4).

De Vlaamse Stichting Verkeerskunde (VSV), de Vlaamse Overheid, lokale overheden (vertegenwoordigd door VVSG), Confederatie Bouw, Bouwunie en de beroepsvereniging van de bouwhandelaar (FEMA) hebben in 2017 een 'Charter Werftransport' uitgewerkt met als doel de veiligheid, leefbaarheid en bereikbaarheid in schoolomgevingen te verhogen bij private en publieke bouw- en wegenwerken. Hoewel geluidshinder beperken niet het primaire doel is van dit charter, zal bij naleving ervan ook de geluidshinder op de buurt beperkt worden, door volgende in het charter opgenomen doelstellingen:

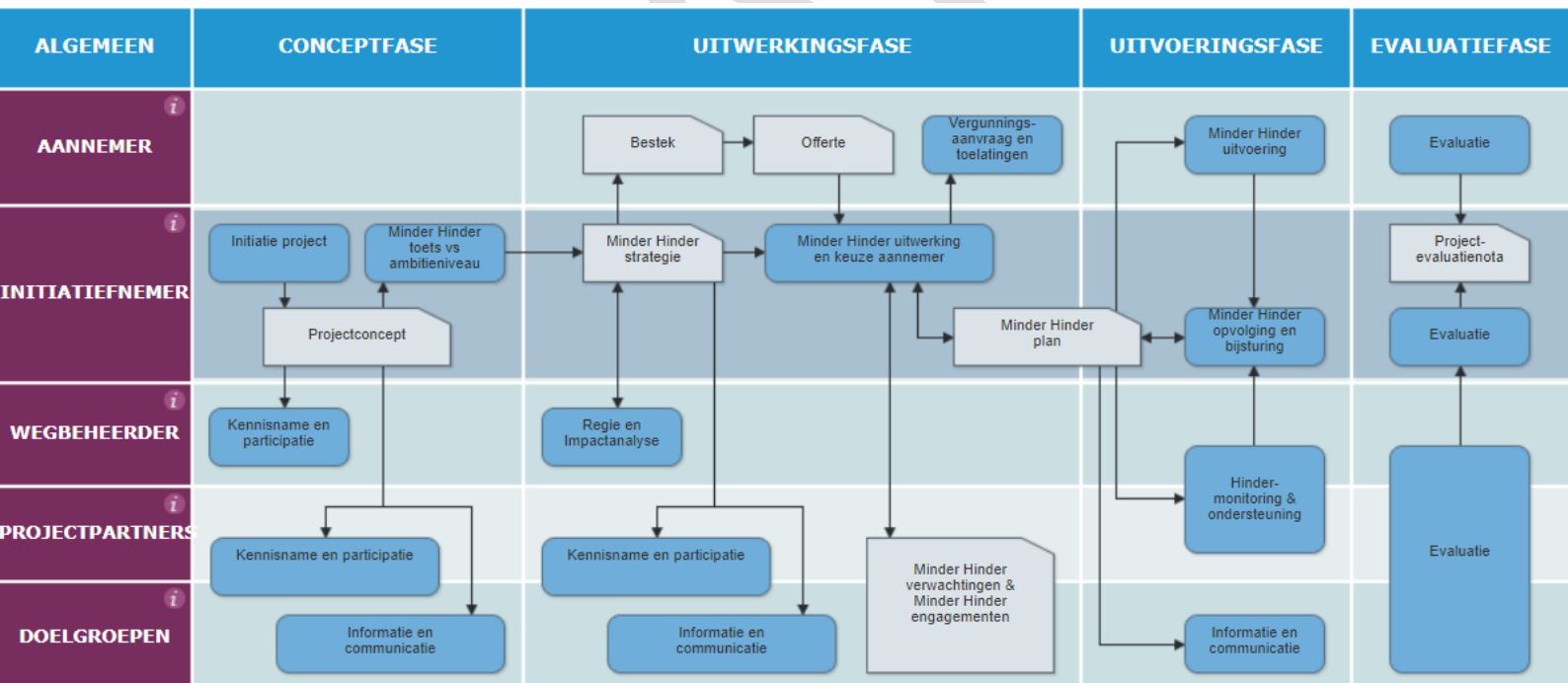
- De gemeente voert actieve communicatie met aannemers en bouwheren en stelt een aanspreekpunt aan waar aannemers terecht kunnen met vragen. Dit aanspreekpunt zoekt samen met de aannemers naar alternatieve routes voor

werftransport, waarbij schoolomgevingen en voor zover mogelijk ook schoolroutes en routes met veel kwetsbare weggebruikers vermeden worden.

- Er gebeurt geen werftransport met tractoren in de bebouwde kom en de schoolomgevingen⁹.
- Er gebeurt geen werftransport voor werven gelegen in schoolomgevingen tijdens de begin en einduren van de scholen¹⁰.
- Het werftransport maakt zoveel mogelijk gebruik van het hoger wegennet.

Geluids- en trillingshinder beperken zou een bijkomende doelstelling kunnen zijn in het Charter Werftransport, gezien dit de leefbaarheid in de omgeving van de werf ten goede komt.

Naast het charter is er ook het 'Minder Hinder'-plan dat uitgewerkt werd door het Agentschap Wegen en Verkeer om de organisatie van wegenwerken te verbeteren, de veiligheid te verhogen en de hinder voor de weggebruikers te beperken. Er werd, in samenwerking met VVSG, AWV, Unizo en VOKA een inspiratieboek Minder Hinder uitgewerkt waarin instrumenten worden voorgesteld die het minderhinderbeleid van steden en gemeenten vorm kunnen geven. Hierbij ligt de focus op de bereikbaarheid van de omgeving van de werken en hoe hierover gecommuniceerd kan worden met omwonenden en ondernemingen in de verschillende fasen van de werken (ontwerp-, bestek- en uitvoeringsfase). Het Expertisecentrum Smart Mobility en het Belgian Road Research Centre ontwikkelde ook een Minder Hinder Draaiboek.



Figuur 15: Schematische weergave van het Minder Hinder Draaiboek

Een gelijkaardige aanpak kan worden toegepast in het kader van geluidshinder, bij alle werven met een significante impact op de omgeving door werftransport. Geluidshinder

⁹ Hierop kan er een uitzondering aangevraagd worden bij de gemeente, zijnde het college van burgemeester en schepenen, via het aanspreekpunt van de gemeente.

¹⁰ Dit vervalft tijdens de schoolvakanties. Voor wat betreft de toelevering van bouwmaterialen verbinden de aannemers en handelaren van bouwmaterialen er zich toe om hun leveranciers en transporteurs in kennis te stellen van dit charter.

kan ook mee worden opgenomen in het Minder Hinder draaiboek, zodat er in alle fasen van de werken rekening mee wordt gehouden door de verschillende betrokkenen.

Toepasbaarheid

De toepasbaarheid van deze maatregel is afhankelijk van de lokale omstandigheden, zoals de ligging en toegankelijkheid van de werf. In bepaalde situaties zal er slechts één mogelijke aanrijroute zijn. In alle andere gevallen is het mogelijk een afweging te maken alvorens de routes voor werftransport te bepalen. Verder is deze maatregel vooral relevant voor het zwaardere vrachtverkeer (>3,5t) en minder voor bijvoorbeeld bestelbusjes. Het zal meestal de regelgevende overheid of de opsteller van het lastenboek zijn die deze maatregel initieert.

Milieuvoordeel

Het geluidsniveau afkomstig van de werf daalt wanneer er minder werfverkeer is. Vooral in de buurt die niet rechtstreeks grenst aan de werf (en dus geen rechtstreekse hinder ondervindt) kan werfverkeer één van de belangrijkste geluidsbronnen van bouw- en sloopwerken zijn.

Verminderd werftransport rond de site alsook minder manoeuvreerbewegingen op de site zorgen voor minder onveilige situaties ten opzichte van respectievelijk de omwonenden en het werfpersonnel.

Daar staat tegenover dat het energieverbruik (brandstof) en de hieraan verbonden emissies toenemen als vrachtwagens moeten omrijden om bepaalde wegen of bestemmingen te vermijden.

Financiële aspecten

Er zijn weinig financiële gevolgen. Als vrachtwagens moeten omrijden om bepaalde wegen of bestemmingen te vermijden, nemen de brandstofkosten toe.

4.2.7 Transportcapaciteit optimaliseren

Beschrijving

Naast het aanpassen van de af- en aanrijroutes van het vrachtverkeer, kan de hinder van werftransport ook beperkt worden door de transportcapaciteit te optimaliseren. Dit houdt in dat vrachtwagens zoveel mogelijk hun volledige laadcapaciteit benutten en indien mogelijk de werf niet leeg aanrijden of verlaten. Er zijn dan minder vrachtwagenbewegingen nodig en er zal dus ook minder hinder zijn afkomstig van werftransport.

Toepasbaarheid

Er zijn meerdere factoren die de toepasbaarheid bepalen. Het volledig benutten van de laadcapaciteit is soms niet mogelijk wanneer een leverancier of onderaannemer slechts een beperkt deel van de werken uitvoert en daarvoor slechts een kleine lading moet leveren of ophalen. Verder kan het zijn dat een vrachtwagen niet is uitgerust om bepaalde ladingen te transporteren, zoals een leverancier van een torenkraan die geen afgegraven grond kan vervoeren. Gezien deze maatregel efficiëntiewinst en een kostenbesparing oplevert, zal de aannemer meestal op eigen initiatief deze maatregel doorvoeren.

Milieuvoordeel

Beperken van het aantal ritten van en naar de werf zorgt voor minder geluids- en trillingshinder afkomstig van werfverkeer. Energieverbruik en luchtmissies worden beperkt wanneer men door optimalisatie van de transportcapaciteit ritten uitspaart.

Financiële aspecten

Wanneer werftransport geoptimaliseerd wordt en er dus minder vrachtwagenritten nodig zijn, dalen de operationele transportkosten.

4.2.8 Motor voertuigen uitschakelen

Beschrijving

Bij lage snelheid of stilstand is de verbrandingsmotor de voornaamste bron van geluid bij voertuigen. Daarom is het belangrijk deze uit te schakelen bij stilstand, wanneer er geen aandrijving door de motor vereist is voor het uitvoeren van handelingen (zoals bij gebruik van op de vrachtwagen geïntegreerde hijskraan of het kantelen van een laadbak) op de werf. Tijdens het laden en lossen of het wachten hierop wordt de motor uitgeschakeld.

Toepasbaarheid

Deze maatregel is algemeen toepasbaar, behalve verrichtingen waarvoor de aandrijving van de motor vereist is. Bij elektrische motoren (zeer laag geluidsniveau) heeft de maatregel minder meerwaarde. Het initiatief om deze maatregel te nemen ligt hoofdzakelijk bij de aannemer van bouw- of sloopwerken.

Milieuvoordeel

De geluidshinder afkomstig van vrachtverkeer wordt beperkt. Daarenboven worden ook de emissies van CO₂ en schadelijke luchtverontreinigende stoffen beperkt (voornaamste zijn fijn stof, stikstofdioxide en roet). Bij elektrische motoren is de milieuwinst beperkt, al kan er wel energie bespaard worden door de motor uit te schakelen.

Financiële aspecten

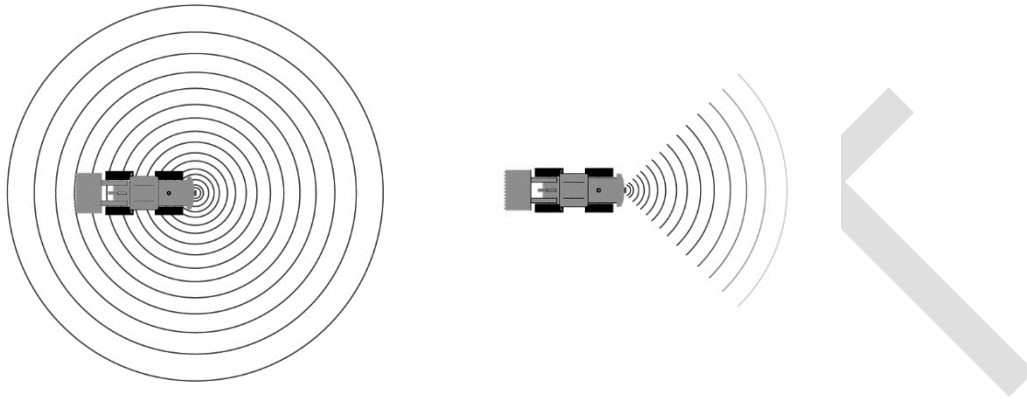
Het uitschakelen van de motor bespaart brandstofkosten.

4.2.9 Gebruik van een multi-frequentie achteruitrijalarm

Beschrijving

Een achteruitrijalarm wordt op zware voertuigen (vrachtwagens, dumpers,...) geïnstalleerd zodat omstanders gewaarschuwd worden wanneer het voertuig achteruit rijdt. Een klassiek achteruitrijalarm verspreidt zijn typisch piepend geluid in iedere richting. Door weerkaatsing is het echter niet altijd duidelijk waar het voertuig zich bevindt en kan het piepende geluid, vooral op stillere momenten (zoals 's nachts of bijvoorbeeld bij graafwerken), irritatie veroorzaken bij mensen in de omgeving van de

werf. Die irritatie kan ook spelen bij bestuurders van het voertuig zelf, waardoor men soms geneigd is het piepalarm uit te schakelen, met veiligheidsrisico's tot gevolg. Er zijn echter multi-frequentie alarmeren op de markt die in plaats van het piepgeluid een kraakgeluid ('breedbandgeluid' of 'witte ruis') produceren van verschillende hoorbare frequenties. Deze alarmeren worden niet weerkaatst en verspreiden zich slechts in één richting. Het is dus enkel hoorbaar wanneer men zich achter het voertuig bevindt, in de gevarezone. Het geluid van dit type alarm verspreidt zich ook veel minder ver dan de klassieke alarmeren en veroorzaakt dus minder hinder voor de omgeving.



Figuur 16: Verschil tussen klassiek achteruitrijalarm en gericht multi-frequentie alarm (website Groot Jebbink)

De multi-frequentie alarmeren kunnen ook zelfaanpassend zijn en worden dan ook 'slim alarm' genoemd. Dit type alarm gaat haar geluidsniveau aanpassen aan het omgevingsgeluid, door steeds geluid van 5 à 10 dB(A) boven het achtergrondgeluid te produceren. Op deze manier wordt de geluidshinder naar de omgeving beperkt. Het voertuig kan bijkomend aan het achteruitrijalarm worden uitgerust met achteruitrijcamera of sensoren, zodat de chauffeur ook zelf gewaarschuwd wordt in het geval er zich personen achter het voertuig bevinden.

Toepasbaarheid

Deze maatregel is technisch overal toepasbaar, ook buiten de bouwsector (bv. op vrachtwagens die nachtelijke leveringen doen). Echter is het geluidsbeperkende effect vooral belangrijk voor plaatsen waar het achteruitrijalarm een belangrijke geluidsbron vormt in geluidshindergevoelige omgevingen (nabijheid gevoelige receptoren). Op afgelegen plaatsen is een aangepast en/of multi-frequentie achteruitrijalarm minder nuttig.

Het multi-frequentie achteruitrijalarm kan reeds door de voertuigconstructeur geplaatst worden in de productiefase, ofwel worden ze aangeboden voor de *aftermarket*. In dit laatste geval worden de alarmeren door leveranciers aangeboden in bouw pakketjes die door de eigenaar, leasebedrijf, verhuurder of een machine-opbouwer zelf geplaatst kunnen worden, op de plaats waar het klassieke achteruitrijalarm geplaatst werd. Deze maatregel zal echter het makkelijkst en snelst ingang vinden bij bouw- en sloopectiviteiten wanneer de alarmeren al in de productiefase van de voertuigen geplaatst worden.

Bij bouw- en sloopectiviteiten zullen er ook leveranciers zijn die slechts eenmalig of op occasionele basis de werf aandoen. Hoewel deze maatregel ook voor hen relevant is, zal het niet altijd mogelijk zijn om als uitbater van de werf te vragen dat ook die voertuigen uitgerust worden met een multi-frequentie achteruitrijalarm.

Doorgaans zal deze maatregel geïnitieerd worden door de regelgevende overheid of de opsteller van het lastenboek.

Milieuvoordeel

Het klassieke piepgeluid verdwijnt, wat voor minder hinder zorgt in de omgeving. Ook op de werf is het door een multi-frequentie achteruitrijalarm makkelijker te identificeren uit welke richting het voertuig komt en dus veiliger is voor het werfpersoneel.

Er kan worden gezocht naar een evenwicht tussen de potentiële geluidshinder van het alarm enerzijds en het geluidsniveau dat nodig is om de aandacht van het werfpersoneel te trekken anderzijds.

Financiële aspecten

Het multi-frequentie achteruitrijalarm wordt door sommige leveranciers van voertuigen standaard aangeboden. Wanneer men een klassiek alarm moet vervangen door een nieuw, slim en multi-frequentie achteruitrijalarm gaat dit gepaard met een investeringskost, afhankelijk van de specificaties, tussen de 40 en de 140 euro (bron: online shops van enkele leveranciers), zonder de eventuele kost van de plaatsing.

4.2.10 Valhoogte materialen beperken en impactgeluid dempen

Beschrijving

Bij bouw- en sloopactiviteiten is er onvermijdelijk contact tussen materialen, met de daarbij horende geluids- en trillingsimpact. Bijvoorbeeld:

- Materialen worden geladen in een kiepwagen
- Materialen worden gelost op de werfsite met kiepwagen
- Vallende brokstukken bij sloopwerken

Het impactgeluid en de (kortdurende) trillingen die hieruit voortkomen, zijn afhankelijk van de aard van de ondergrond waarop ze terechtkomen en de hoogte van waarop ze vallen op die ondergrond. Hoe beperkter de valhoogte, hoe beperkter de geluids- en trillingsimpact die ontstaat bij vallende materialen. Die impact kan bijvoorbeeld ontstaan wanneer materialen in een container vallen, waar de materialen via stortkokers naartoe geleid worden (BSI, 2008). Metalen vloeren (bijvoorbeeld van containers of kiepwagens) kunnen worden uitgerust met een dempende laag (bijvoorbeeld kunsthars of slijtvast verend rubber) die het contactgeluid gaat dempen, terwijl ook de grip, sterkte en waterdichtheid verbetert (Mitchell, 2001).

Een laatste manier om geluid- en trillingen van vallende materialen te beperken, is de plaat waarop het object neerkomt een helling geven, om de discontinuïteit in de valbeweging van het object te verminderen (Malchaire et al., 2005). Op die manier wordt de impact, en bijhorend geluid en trillingen, afgezwakt.

Toepasbaarheid

Deze maatregel is algemeen toepasbaar bij bouw- en sloopactiviteiten. Hoe ver men gaat met deze maatregel, kan door de aannemer afgestemd worden op de aard van de werken en de potentiële hinder.

Milieuvoordeel

Door deze maatregel wordt het impactgeluid en de (kortdurende) trillingen afkomstig van materialen die met elkaar in contact komen, beperkt. Ook stofemissies kunnen worden beperkt met deze maatregel. De combinatie van valhoogte beperken en geluidsdempend materiaal aanbrengen, kan voor een geluidsreductie zorgen tot 15 db(A) (BSI, 2008).

Financiële aspecten

Het aanbrengen van dempende lagen vergt een investeringskost, maar doordat deze ook de slijtweerstand en waterdichtheid verbetert van de ondergrond waarop de materialen vallen, wordt de levensduur verlengd en blijft het effect op de kostprijs klein.

4.2.11 Geluids- en trillingsarm materieel gebruiken

Beschrijving

Eerst en vooral dienen bouw- en sloopmachines die in de Europese Unie op de markt worden gebracht te voldoen aan de geluidsgrenswaarden vastgelegd in de Europese richtlijn 2000/14/EG inzake de harmonisatie van de wetgevingen der lidstaten betreffende de geluidsemissie in het milieu door materieel voor gebruik buitenshuis van 8 mei 2000 en de Belgische omzetting in het Koninklijk Besluit van 6 maart 2002 (zie 2.3.4 en 2.3.6). Wanneer een aannemer of particulier machines gebruikt die onder deze richtlijn vallen, kunnen we er dus vanuit gaan dat deze relatief geluidsarm zijn.

De lijst van materieel waarvoor er grenswaarden worden vastgelegd dekt echter niet de volledige markt van bouw- en sloopmachines af. Bepaalde types van machines zijn (nog) niet opgenomen en voor bepaalde machines is er een vermogensdrempel ingesteld, waarboven de richtlijn niet van toepassing is. Daarnaast zijn er fabrikanten die machines aanbieden die nog stiller zijn dan deze die juist de vastgelegde geluidsgrenswaarden respecteren. Tot slot houdt de richtlijn geen rekening met veroudering van machines en eventuele wijzigingen die aan het materieel worden aangebracht.

Dit alles maakt dat een aannemer of particulier toch nog vaak de keuzevrijheid heeft voor een stille of luidere variant van een bepaalde machine. Bij aankoop van een nieuwe machine kan deze keuze gemaakt worden door de technische eigenschappen, waarin meestal het geluidsvermogen vermeld wordt, te gaan vergelijken.

Verder kan men, bij keuze van de meest geluidsarme machines, rekening houden met het ontwerp of engineering van de machine (actieve onderdelen) en de aangebrachte geluidsreducerende componenten (passieve onderdelen) van de machine.

Om geluid afkomstig van actieve onderdelen van machines te reduceren, is het belangrijk de juiste keuze te maken inzake (Dittrich et al., 2007):

- Het stilste werkingsprincipe (bijvoorbeeld hydraulisch vs pneumatisch, elektrische motor vs verbrandingsmotor);
- De stilste onderdelen en afmetingen;
- Toerental en operationele condities;
- Trillingsdemping en montagevoorschriften;
- Afsluiting en afscherming.

Deze eigenschappen kunnen dan worden aangevuld met 'akoestische instrumenten' zoals omkastingen en dempers (zie 4.2.15), geluidsabsorberende materialen, geluidsisolatie, trillingsisolatoren en schok- en trillingsabsorbeers.

Tot slot kan er in beperkte mate geluid gereduceerd worden door te letten op de inrichting, geometrie en bewegingsrichting van de onderdelen. (Dittrich et al., 2007)

De aankoop van geluidsarme machines kan worden opgenomen in het aankoopbeleid van een bouw- of verhuurbedrijf, of het gebruik ervan kan worden opgenomen in het lastenboek van de opdrachtgever.

Omdat veroudering van machines kan gepaard gaan met een verhoging van het geluidsniveau, is het ook van belang machines goed te onderhouden (zie 4.2.14) en/of tijdig te vervangen door nieuwe, geluidsarmere machines, zeker wanneer gewerkt moet worden in situaties waar geluidshinder verwacht kan worden.

Wanneer materieel geluidsarm wordt uitgerust, zorgt dit ook voor een beperking van de verspreiding en waarneming van trillingen in de omgeving waar het gebruikt wordt. Voor kleiner bouw- en sloopmaterieel ligt de algemene focus wat trillingen betreft op het beperken van blootstelling van de gebruiker. Er is, in tegenstelling tot het geluidsvermogen van machines, geen verplichte weergave van het niveau van de mechanische trillingen die een toestel genereert. Sommige leveranciers of producenten zullen deze informatie echter wel ter beschikking stellen van hun klanten.

Elektrisch aangedreven machines

Een elektrisch aangedreven machine zal voor minder hinder zorgen dan dezelfde machine met verbrandingsmotor. Daarenboven neemt de beschikbaarheid van elektrische varianten van (kleine) bouw- en sloopmachines toe, als gevolg van de verbeterde batterijperformantie en de lagere prijs van batterijaangedreven machines. (Dittrich et al., 2016).

Tal van machineconstructeurs bieden al elektrische varianten aan of zijn bezig met de ontwikkeling ervan (zie 7.1.3 elektrische bouwmaschinen).

Toepasbaarheid

Algemeen toepasbaar bij bouw- en sloopactiviteiten waar machines gebruikt worden, al worden de keuzeopties van geluids- en trillingsarm materieel bepaald door het marktaanbod.

Menig bouw- of sloopmaterieel is beschikbaar met elektromotor. Denk aan compressoren, hydraulische apparatuur (bijvoorbeeld sloophamer, sloopschaar, heiblok,...), funderingsmachines (bijvoorbeeld trilblokken of indrukmachines) en pompen en bijna alle kleine machines die handmatig gebruikt worden (bijvoorbeeld boormachines, slijpschijven,...). Inzetbaarheid hangt af van de gevraagde (piek)vermogens en de vereiste batterijcapaciteit en autonomie.

Hoe ver men gaat met het gebruik van geluids- en trillingsarm materieel, kan afgestemd worden op de aard van de werken die worden uitgevoerd en de daarbij horende potentiële geluidshinder. Doorgaans zal deze maatregel geïnitieerd worden door de regelgevende overheid of de opsteller van het lastenboek.

Milieuvoordeel

- Geluidsreductie, die gepaard gaat met minder trillingen.
- Lagere geluids- en trillingsniveaus kunnen samengaan met een lagere energieconsumptie en minder luchtmissies (bijvoorbeeld bij keuze voor elektrisch aangedreven machine in plaats van dezelfde machine met verbrandingsmotor).
- Hybride-aangedreven machines zijn energie-efficiënter.
- Personeel wordt minder blootgesteld aan geluid en trillingen, wat gezondheidsvoordeel met zich meebrengt

Financiële aspecten

De aankoop van stillere machines zal vaak duurder zijn dan de aankoop van standaardmachines, omdat er hogere onderzoek- en ontwikkelingskosten mee gepaard zijn gegaan. Echter zal onderzoek en ontwikkeling van stillere machines ook gepaard gaan met andere productverbeteringen, zoals toegenomen gebruikerscomfort en een lager energieverbruik (Dittrich et al., 2007), waardoor de hogere investeringskost gecompenseerd kan worden. Daarnaast is er een huur- en leasemarkt van bouwmaterieel, waar geluids- en trillingsarm materieel sneller doorgang kan vinden gezien de rotatie daar hoger is. Voor deze verhuurbedrijven kan het ook vanuit economisch standpunt interessant zijn dit type materieel aan te bieden, vanwege het potentiële concurrentievoordeel wanneer een opdrachtgever bijvoorbeeld vraagt dat er met geluids- en trillingsarm materieel gewerkt wordt.

Machines met elektromotor zijn doorgaans duurder dan hun varianten met verbrandingsmotor, al wordt het prijsverschil kleiner (Dittrich et al., 2016). Het is daarbij relevant de totale eigendomskosten te vergelijken.

4.2.12 Materieel voldoende onderhouden

Beschrijving

Het is belangrijk machines tijdig te onderhouden, zodat afwijkingen vermeden worden zoals foutieve uitlijning van componenten, onbalans, te grote spelingen, structurele resonanties en akoestische lekken (Dittrich et al., 2007).

Onderdelen van een machine kunnen na verloop van tijd namelijk gaan slijten, uitrekken, los komen te zitten of verstoord geraken, waardoor geluid en trillingen geneigd zijn te gaan toenemen. Geluid en trillingen afkomstig van machines ontstaan namelijk meestal door de interactie van bewegende of roterende onderdelen.

Een onderhoud kan bestaan uit (BSI, 2008):

- Uitlijnen van roterende onderdelen
- Smeren van draaiende of wrijvende onderdelen
- Opnieuw afstellen en aandraaien van onderdelen
- Scherp houden van zagen, slijpschijven en andere snijdende onderdelen

Ook de kwaliteit van geluids- en trillingsreducerende onderdelen zoals dempers (zie 4.2.15) kan achteruitgaan onder invloed van bijvoorbeeld weersomstandigheden, waardoor ze minder effectief worden en dus vervangen moeten worden (Mitchell, 2001). Deze onderdelen kunnen hun effectiviteit reeds verliezen voordat hun achteruitgang visueel zichtbaar is (BSI, 2008).

Toepasbaarheid

Algemeen toepasbaar bij bouw- en sloopactiviteiten waar machines gebruikt worden. Doorgaans zal de aannemer op eigen initiatief zorgen voor een tijdig en gedegen onderhoud van het materieel, gezien de economische voordelen.

Milieuvoordeel

Geluids- en trillingsreductie. Ook in het kader van energie-efficiëntie en uitstootbeperking is onderhoud belangrijk.

Financiële aspecten

De onderhoudskost wordt gecompenseerd door de langere levensduur van het materiaal en eventuele energiebesparing.

4.2.13 Geluids- en trillingsdempers plaatsen (materieel)

Beschrijving

Geluids- en trillingsdempers gaan het geluid en de trillingen die ontstaan aan de bron dempen, zodat de overdacht naar de ontvanger beperkt wordt. In veel gevallen heeft een demper een dubbele functie en gaat hij zowel geluid als trillingen dempen.

Afhankelijk van het type demper, worden deze bij de fabricatie ter hoogte van de componenten in de machine aangebracht (bijvoorbeeld om de Europese richtlijn 2000/14/EG te respecteren, zie 2.3.6 en 4.2.12), of kunnen ze in een latere fase additioneel op de machine worden geplaatst.

Geluids- en trillingsdempers gaan weerstand uitoefenen op de energie die voortkomt uit een (geluids)trilling, waardoor deze geabsorbeerd wordt en deels of volledig verdwijnt. Er zijn drie manieren om de trillingen in te perken: met absorberende, isolerende of verende materialen.

Absorberende materialen

Bepaalde materialen gaan geluid absorberen, waardoor er minder of geen weerkaatsing is van het geluid wanneer de geluidsgolven het materiaal bereiken. Absorberende materialen kunnen ook gebruikt worden om weerkaatsing tegen te gaan. Absorptie is doorgaans beter op hoge frequenties, die makkelijker afgezwakt worden dan lage tonen. Absorberende materialen zijn poreus en licht (bijvoorbeeld glaswol, rotswol, houtwol, platiëkschuim). De graad van absorptie wordt doorgaans uitgedrukt in een absorptiecoëfficiënt (%), met bijvoorbeeld 1% van de geluidsgolven die geabsorbeerd wordt door glad beton, en tot 90% door glaswol (BeSWIC, s.d.).

Isolerende materialen

Isolerende materialen gaan geluidsgolven niet absorberen, maar wel tegenhouden en dus vermijden dat het geluid zich buiten een bepaalde ruimte verspreidt. Hoe zwaarder het materiaal (bijvoorbeeld beton of pleister) hoe beter de isolatie. Geluid op hoge frequenties wordt daarbij meer afgezwakt dan geluid op lage frequenties. Bij openingen (spleet of gat) in de isolatie, wordt het isolerend effect afhankelijk van de grootte van de opening grotendeels teniet gedaan (BeSWIC, s.d.).

Verende materialen

Deze materialen werken rechtstreeks op de mechanische trillingen afkomstig van een trillingsbron, en gaan vermijden dat deze zich verspreiden. Trillingen kunnen bij rechtstreeks contact andere materialen aan het trillen brengen, die daarbij ook geluid kunnen gaan produceren, of via een tussenstof zoals de lucht of de bodem (resonantie, zie 3.3.1). Wanneer er op of rond de trillingsbron echter verende materialen worden aangebracht (bijvoorbeeld vilt, kurk, rubber, springveren, luchtkussens,...), blokkeren deze de overdracht van trillingen (cfr impactgeluid dempen, zie 4.2.11). De keuze van het materieel hangt af van het gewicht van de machine (vermijden dat het materiaal volledig wordt platgedrukt) en de frequentie van de te dempen trillingen. (BeSWIC, s.d. en Malchaire et al., 2005)

Deze materialen kunnen samen gebruikt worden om de geluids- en trillingshinder naar de omgeving te beperken, in zogenaamde 'silent blocks' waarop de machine geplaatst wordt en een omkasting die rond de machine geplaatst wordt (Malchaire et al., 2005).

Silent block

Trillingsdempende blok, mat of voetjes - bestaande uit verende materialen - die onder of rond een machine (afhankelijk van de trillingsassen) geplaatst kan worden om te vermijden dat trillingen worden overgebracht naar de omgeving.

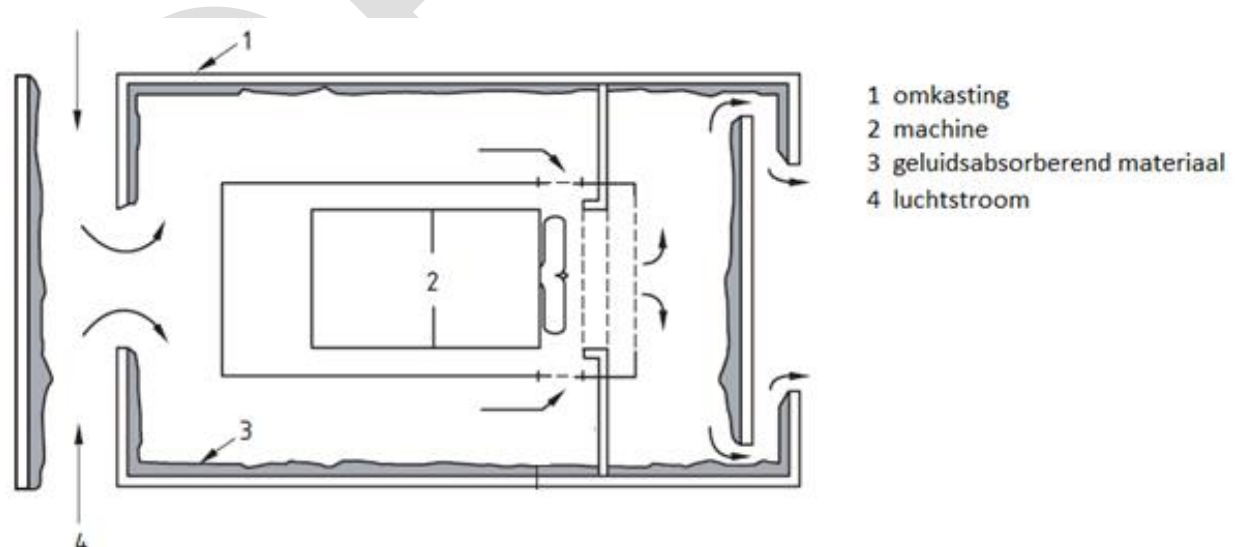
Een Silent block verliest zijn nut wanneer het materiaal volledig wordt platgedrukt, als er harde verbindingen bestaan tussen de machine en de omgeving (bijvoorbeeld waterleiding) of wanneer het materiaal verouderd is (verduurd rubber of corrosie op metalen) (Malchaire et al., 2005).



Figuur 17: Silent blocks (website Hutchinson Paulstra)

Machines omkasten

Machines kunnen ook gedeeltelijk of volledig in een omkasting geplaatst worden om verspreiding van geluid te voorkomen, bestaande uit (zwaar) isolerend materiaal, met aan de binnenkant absorberend materiaal. Het is hierbij belangrijk dat de omkasting de machine zo goed als mogelijk omsluit. Volledig afsluiten is meestal niet mogelijk omdat er vaak openingen nodig zijn voor toegang tot of ventilatie van de machine. Tussen de geluidsbron en de openingen, kan wel isolerend en absorberend materiaal geplaatst worden, waardoor de geluidsgolven de omkasting slechts met een omweg kunnen verlaten en er onderweg een groot deel van het geluid wordt tegengehouden of geabsorbeerd (zie Figuur 18). Het is in die gevallen dus niet mogelijk om de omgeving volledig te vrijwaren van het geluid van de machine. Om een aanvaardbaar geluidsniveau te bekomen buiten de omkasting, volstaat in de meeste gevallen een omkasting bestaande uit materiaal met een massa van 10 kg/m², die ongeveer voor een vermindering van 25 dB zorgt (BSI, 2008).



Figuur 18: Machine in een omkasting, aangepast (BSI, 2008)

Het geluidsabsorberend materiaal dient minimum 25mm dik te zijn. Wanneer de bron enkel hoogfrequent geluid genereert kan een laag van 12mm al voldoende zijn. Zoals reeds aangegeven kan ventilatie en koeling een probleem vormen bij de omkasting van

machines (bijvoorbeeld bij compressor of stroomgroep). In bepaalde gevallen kan dit opgelost worden door gebruik te maken van een ventilator om een luchtstroom te genereren binnen de omkasting (zie Figuur 18). Het is aangeraden om steeds de fabrikant van de machine te raadplegen alvorens deze te omkassen, om zeker te zijn dat er voldoende ventilatie is, de brandveiligheidsvoorschriften gerespecteerd worden en onderhoud mogelijk blijft (BSI, 2008).

Geluidsdemping uit- of inlaat

Op de uitlaten en luchtinlaten voor verbrandingsmotoren kan men geluidsabsorberende dempers plaatsen en gebruik maken van geluidsisolerende roosters op ventilatieopeningen, waardoor het geluidsniveau van machines wordt gereduceerd (bijvoorbeeld bij een stroomgroep) (Jacobs et al., 2005). Meestal is zo'n demper opgebouwd uit meerdere kamers, waar verschillende frequenties geëlimineerd worden. Naast het gebruik van absorberende en isolerende materialen, kan men gebruik maken van reflectiedemping (waarbij geluidsgolven heen en weer kaatsen en elkaar zo dempen) of resonantiedemping (waarbij pijpjes met verschillende breedtes en lengtes gebruikt worden om geluid te gaan dempen).



Figuur 19: Doorsnede van een uitlaatdemper met meerdere kamers

Toepasbaarheid

Buiten de keuze voor trillings- of geluidsarm materieel (zie 4.2.11 en 4.2.12), is het voor de aannemer of particulier die bouw- of sloopectiviteiten uitvoert niet mogelijk om te interveniëren in het fabricatieproces. De hier beschreven maatregel is dus enkel van toepassing voor machines waar geluids- en trillingsreductie mogelijk is door bijkomende dempers te plaatsen op de machine. Het initiatief hiervoor kan liggen bij de aannemer zelf, maar zal doorgaans pas genomen worden wanneer de regelgevende overheid of de opdrachtgever via het lastenboek stil(ler) materieel vraagt.

Geluids- en trillingsdemping kan toegepast worden op (zware) machines die gebruikt worden bij bouw- en sloopectiviteiten. Denk hierbij aan pompen, stroomgroepen, zeven, compressoren en andere installaties met (verbrandings)motoren. Uitlaatdemping kan op alle machines met een verbrandingsmotor geplaatst worden.

Het is aangeraden om steeds de fabrikant van de machine te raadplegen alvorens deze te omkassen, om zeker te zijn dat er voldoende ventilatie is, de brandveiligheidsvoorschriften gerespecteerd worden en onderhoud mogelijk blijft. Dit bepaalt hoe ver men kan gaan met het plaatsen van geluids- en trillingsdempers.

Milieuvoordeel

Algemeen gesteld gaan dempers de verspreiding van geluid en trillingen naar de omgeving van een machine beperken. Uitlaatdempers zorgen voor gemiddeld 5 tot 10 dB(A) geluidsreductie (afhankelijk van de toepassing en omvang, reductie mogelijk tot 40 dB(A), een omkasting tot 25 dB(A) en silent blocks tot 100% van de trillingen en het daarmee samengaande geluid (BSI, 2008).

Financiële aspecten

Geluids- en trillingsdempers vragen een investeringskost, die op termijn deels gecompenseerd wordt door het vermijden van hinder en schade. Silent blocks zijn een relatief goedkope oplossing, in vergelijking met vaak op maat gemaakte omkastingen en (geavanceerde) uitlaatdempers.

4.2.14 Geluidswerende schermen

Beschrijving

Geluidswerende schermen hebben als doel de rechtstreekse geluidsoverdracht van de bron naar de ontvanger te beperken, door middel van een barrière. Het verschil met een geluidsdempende omkasting (zie 4.2.15) is dat een geluidsscherm niet vast rond een machine wordt geplaatst, maar wel tijdelijk ter hoogte van een lawaaijerige activiteit of zelfs rond de volledige werf. Wat het geluidsscherm wel gemeen heeft met de omkasting is dat het bestaat uit een isolerend materieel met voldoende massa (bijvoorbeeld plaatmateriaal), waarop langs de kant van de geluidsbron nog absorberend materiaal kan worden aangebracht.

De effectiviteit van het geluidsscherm hangt af van de hoogte (bron niet zichtbaar voor ontvanger), de lengte (ontvanger over 160° afdekken of minimum 5x de hoogte), het ontwerp (stevig, zonder openingen), de positie (de schermen zo dicht mogelijk bij elkaar) en de bodem waarop ze wordt geplaatst (EC, 2017). Verder is het nodig rekening te houden met ten eerste de eventuele weerkaatsing die uitgaat van het geluidsscherm, waardoor mogelijk de geluidshinder gewoon verplaatst wordt. Ten tweede wordt rekening gehouden met de richting van de geluidsvoortplanting en de hindergevoeligheid van de omgeving. Het scherm is het effectiefst wanneer het zo dicht mogelijk tegen ofwel de bron ofwel tegen de ontvanger geplaatst wordt, al zal er altijd nog geluid tot bij de ontvanger komen door transmissie over en rond de schermen.

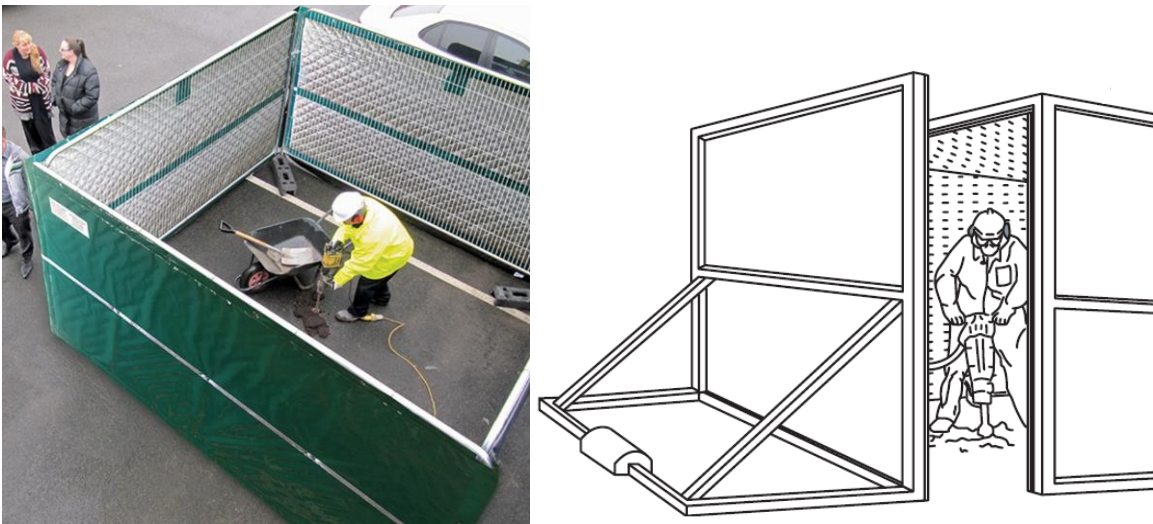
Wanneer een werf voor een langere periode aanwezig is, kan er geopteerd worden om zandzakken (gemakkelijk op te bouwen of te verwijderen) of zelfs bouwmaterialen (bijvoorbeeld stenen, afgegraven grond of houtafval), als ze zorgvuldig worden aangelegd, te gebruiken als geluidsbarrière (BSI, 2018).



Figuur 20: Geluidswerende schermen rond een werfsite (website Construction News)

Akoestische panelen rond lawaaijerige activiteit

In plaats van rond de volledige werf geluidswerende schermen te plaatsen, kan men ook opteren om bepaalde lawaaijerige activiteiten apart te gaan afschermen. Er worden daarbij geluidsbarrières geplaatst rondom de volledige- of een deel van de lawaaijerige activiteit, eventueel ook mogelijk langs de bovenzijde.



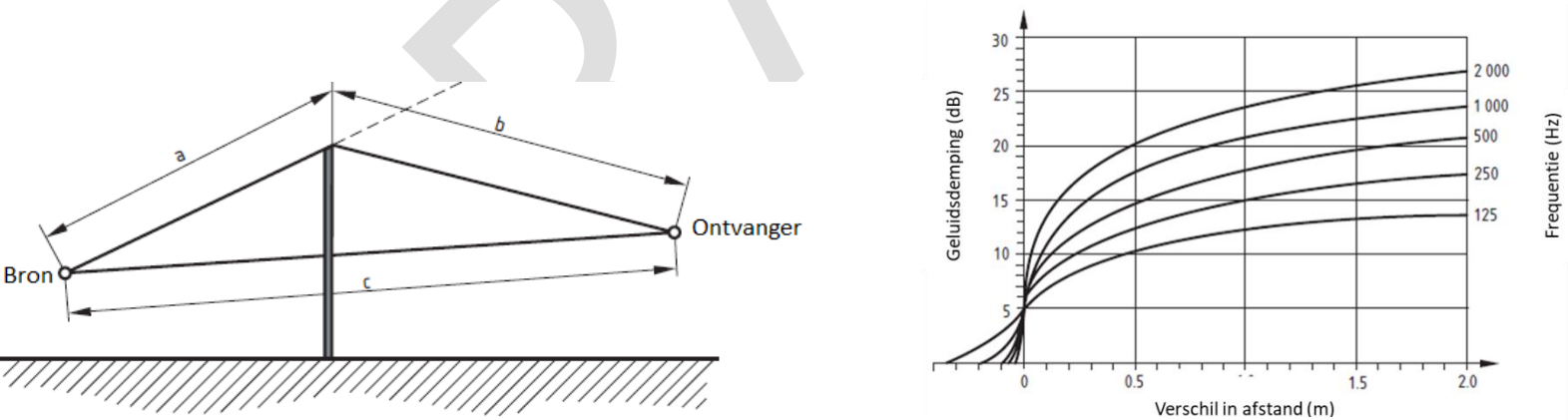
Figuur 21: Werken tussen akoestische panelen (website Protecta Screen, 2019 en BSI, 2008)

Toepasbaarheid

Algemeen toepasbaar bij bouw- en slooptactiviteiten. Vooral relevant waar voor meerdere dagen geluidshinder verwacht wordt. Doorgaans zal deze maatregel geïnitieerd worden door de regelgevende overheid of de opsteller van het lastenboek.

Milieuvoordeel

Tot 20dB geluidsreductie, afhankelijk van de schermafmetingen, de gebruikte materialen en de afstand tussen de bron en de ontvanger.



Figuur 22: Illustratie van de geluidsdemping (dB) bij geluidswerend scherm, afhankelijk het verschil in afstand ($a+b-c$) en van de frequentie (Hz) (BSI, 2008)

Financiële aspecten

De aankoop prijs bedraagt tussen de 150 en de 300 euro voor een geluidswerend, absorberend scherm van 2,2m op 1,2m (bron: website leverancier, 2018). De schermen worden ook aangeboden op de verhuur- en leasemarkt.

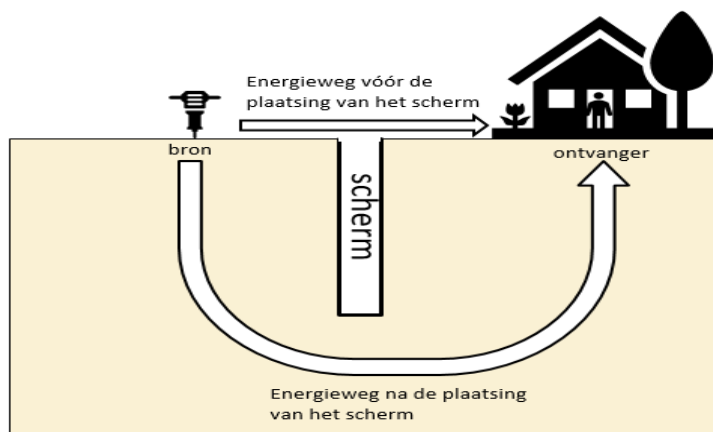
4.2.15 Trillingsreducerende schermen

Beschrijving

Net als bij geluidswerende schermen, heeft een trillingsreducerend scherm als doel om de trillingsoverdracht (meestal via de bodem) van een bron naar de ontvanger te gaan beperken. Het scherm bestaat in de meeste gevallen uit lucht (sleuf of luchtkussen), water, bentoniet, beton (dat eventueel bekleed wordt met dempend materiaal zoals rubber) of EPS-platen (geëxpandeerd polystyreen of piepschuim). De trillingsreductie hangt af van de afmetingen van het scherm (diepte en lengte), de plaats van de bron en ontvanger, de trilfrequentie van de bron en de samenstelling van het scherm (Legrand & Mertens, 1990). De nodige diepte is afhankelijk van de dominerende trilfrequentie, het van toepassing zijnde voortplantingsgolftype en de gelaagdheid en samenstelling van de bodem (Ruiter, 2016).

Over de effectiviteit van trillingsreducerende schermen bestaat discussie. Bij bepaalde proefopstellingen met EPS-platen werd er geen effect bekomen. Dit kan te wijten zijn aan het feit dat EPS-platen redelijk stijf zijn en men deze niet diep kan steken (afhankelijk van niveau grondwater en gronddruk), terwijl een goede trillingsreducerende barrière eerder slap moet zijn en diep moet steken. Zelfs wanneer er trillingsreductie wordt vastgesteld, kan deze veroorzaakt worden door de grondwerken die vooraf gaan aan de plaatsing in plaats van door de EPS-platen zelf (Geluidnieuws, 2012).

Open sleuven of waterschermen hebben een beter resultaat dan schermen gevuld met ander materiaal. Hoe stijver het materiaal, hoe kleiner de trillingsreductie (Jayawardana et al., 2018).



Figuur 23: Voortplanting van de trillingsenergie vóór en na de plaatsing van een scherm

Toepasbaarheid

Aangezien bouw- en sloopactiviteiten een tijdelijk karakter hebben, wordt best geopteerd voor een relatief makkelijk te plaatsen en te verwijderen trillings scherm, zoals de sleuf of een scherm van water of EPS (geplaatst in sleuf). De toepasbaarheid hangt ook af van de vereiste diepte, aangezien het niet altijd mogelijk is om rond een bouw- of sloopactiviteit een sleuf te gaan graven, omwille van bijvoorbeeld aanwezige ondergrondse verhardingen. Niet toepasbaar bij werken van beperkte duur.

Milieuvoordeel

Trillingsdemping van 65 tot 80 procent (Geluidnieuws, 2012). Er is echter slechts in beperkte mate onderzoek gedaan naar de effectiviteit van trillingsreducerende schermen bij bouw- en sloopactiviteiten.

Financiële aspecten

De kostprijs van deze maatregel is in sterke mate afhankelijk van de diepte van de sleuf die gegraven moet worden. Hoe dieper de sleuf hoe hoger de kosten. Bij tijdelijke trillingsbronnen weegt de kost van een betonnen scherm niet op tegen de beperking van de hinder. Lucht- of waterschermen zijn hier het meest kosteneffectief (Jayawardana et al., 2018).

4.2.16 Gebruik van zelfverdichtend beton

Beschrijving

Bij het storten van klassiek beton is verdichten noodzakelijk om luchtinsluitels te verminderen. Dit trillen is noodzakelijk om de mechanische karakteristieken alsook de kwaliteit van het beton te kunnen garanderen (druksterkte, goede aanhechtingscondities met de wapeningen, enz.). Het verdichten gebeurt hoofdzakelijk met trilnaalden of trilbalken of een combinatie hiervan en in mindere mate met bekistingstrillers.

Zelfverdichtend beton (ZVB) is beton dat niet meer getrild dient te worden en louter onder invloed van de zwaartekracht (dus zijn eigengewicht) verdicht. Dit betontype vloeit tot in moeilijk bereikbare hoeken van de bekisting en kan zelfs zeer dichtgewapende, alsook geometrisch complexe elementen vullen. Hierdoor is het doorgaans gebruiksvriendelijker, sneller en minder arbeidsintensief dan klassieke betonsoorten. Omdat het beton niet nage-trild dient te worden, gaat deze techniek gepaard met minder geluids- en trillingshinder (Ployaert, 2005 en Van Itterbeeck et al, 2014).

Toepasbaarheid

In België is 2 à 3% van het gebruikte stortklaar beton, zelfverdichtend. Volgens de European Ready Mixed Concrete Organisation ERMCO wordt in België jaarlijks ongeveer 12 miljoen m³ stortklaar beton verwerkt. ZVB wordt momenteel hoofdzakelijk gebruikt voor zichtbetonelementen, zoals wanden/kolommen waar (zeer) hoge visuele eisen aan worden gesteld. Zichtbeton is echter een nichetoepassing waar de hoge visuele eisen die gesteld worden aan het betonoppervlak vaak gepaard gaan met een aanzienlijk prijskaartje. Voor hoge zichtbetonklassen (cf. NBN B 15-007), waar de geringste afwijkingen (tintverschillen, luchtbellens, enz.) reeds tot een afkeuring van het element kunnen leiden, dient niet alleen het beton, maar ook de bekisting, afstemming ontkistingssolie/betonsamenstelling en de dichtheid van de bekisting onderzocht en nauwgezet uitgevoerd te worden. Verder wordt ZVB in België nog toegepast waar het gebruik van traditioneel beton onmogelijk is door bv. te complexe vormen, beperkte toegankelijkheid en/of te hoge wapeningsdensiteit (WTCB, 2019a).

ZVB zou ook gebruikt kunnen worden voor structuurbetontoepassingen zoals vloeren, kolommen, wanden en balken waar geen visuele eisen worden gesteld, maar enkel de mechanische (structurele) eisen. Het gebruik van ZVB zou op de werf binnen deze toepassingen tot belangrijke tijds- en arbeidswinsten kunnen leiden. Er kan immers sneller gestort worden en dit met minder mensen. Tot één verdiepingshoogte (max. 3 m) kan ook nog steeds gewerkt worden met traditionele bekistingen. Bij grotere storthoogtes en/of stortnelheden dient mogelijk wel met zwaardere bekistingen gewerkt te worden of dient men de ontwikkelde bekistingsdrukken te monitoren, wat tot een meerkost kan leiden (WTCB, 2019b).

ZVB heeft ook meer kwaliteitsopvolging dan klassiek beton. Zo is ZVB bijvoorbeeld gevoeliger voor schommelingen in het vochtgehalte en is een kwaliteitscheck op de werf nodig door ten minst een daarvoor opgeleide aannemer. Bij een dergelijke

kwaliteitscontrole dient onder andere de leveringsbron en de werkelijke vloeimaat (SF-klasse) nagekeken te worden en dienen tekenen van ontmenging geëvalueerd te worden. Voor structuurbeton toepassingen zijn de bekistingsvereisten (dichtheid en bekistingsdrukken) gelijkaardig aan deze van klassiek beton indien men zich weliswaar beperkt tot één verdiepingshoogte (WTCB, 2019b).

Dat ZVB veel potentieel heeft voor de structuurbeton markt is alvast aangetoond door de prefab industrie, waar het gebruik van ZVB reeds goed is ingeburgerd. Zo is 60-70% van het betongebruik in de Belgische prefab-sector reeds ZVB. Het werken in een geluids- en trillingsvrije omgeving zijn hierbij de voornaamste drijvende factoren. Bovendien beschikt de overgrote meerderheid van de prefab betonfabrikanten over hun eigen in-house betoncentrale waardoor ze niet of alleszins minder afhankelijk zijn van een externe prijszetting. Transport, alsook omgevingsinvloeden, welke een sterke invloed kunnen hebben op de kwaliteit van het ZVB, zijn in de prefab industrie ook niet aanwezig waardoor de kwaliteitschecks ook sterk kunnen worden verminderd. Dit alles maakt dat binnen de prefab industrie de meerkost van het ZVB meer in balans kan worden gebracht met de verschillende winsten (Van Gysel et al., 2015 en WTCB, 2019b).

Milieuvoordeel

Bij klassiek betonstorten wordt trilapparatuur gebruikt om het beton te verdichten. Deze trilnaalden, bekistingstrillers of trilbalken zorgen voor geluid (geluidsvermogen tot 112 dB, (BSI, 2008)) en trillingen en eventueel bijhorende hinder voor de omgeving. Deze geluids- en trillingsbronnen zijn overbodig bij het gebruik van ZVB, waardoor ook de hiermee samenhangende hinder voor de omgeving en de arbeiders beperkt wordt. Voor bepaalde toepassingen blijft een betonpomp, die ook geluid veroorzaakt, nodig (idem als voor traditioneel verdicht beton).

Financiële aspecten

Het gebruik van ZVB gaat momenteel gepaard met een initiële kostentoeename, door de prijs van grondstoffen, productie en kwaliteitscontrole. De prijs per m³ van ZVB is op moment van schrijven 2 tot 3 keer hoger dan deze van klassiek beton. Dit wordt mede verklaard door het feit dat het huidige ZVB beschikbaar op de Belgische markt volledig geënt is op de markt van het zichtbeton. Hierdoor geraakt het gebruik van ZVB maar weinig ingeburgerd voor structuurbeton-toepassingen. Het grootste struikelblok bevindt zich hier in de huidige prijszetting van dit materiaal. Aangezien ZVB momenteel volledig geënt is op de zichtbeton toepassingen, wordt een hoogkwalitatief ZVB afgeleverd dat aan deze eisen kan voldoen. Daarnaast voorziet de betoncentrale ook steeds een nauwe opvolging door een kwaliteitsverantwoordelijk die niet enkel in de centrale, maar ook op de werf alles nauwgezet opvolgt. Dit alles zorgt ervoor dat de eventuele winsten, die door de aannemer zouden kunnen worden geboekt, volledig verloren gaan in de meerprijs van het beton. De prijs van het huidige ZVB is zelfs van die aard dat het zou leiden tot een aanzienlijke meerkost van de totale structuur (WTCB, 2019b).

Voor structuurbetontoepassingen zou evenwel gewerkt kunnen worden met een ander type ZVB en zouden een aantal factoren die momenteel mee de prijszetting bepalen, kunnen verminderd of uitgeschakeld worden. De vraag is in hoeverre deze prijs gedrukt kan worden en of deze in balans zou kunnen worden gebracht met de arbeidswinsten die geboekt kunnen worden op de werf. Er zal steeds een meerprijs verbonden zijn aan het gebruik van ZVB aangezien op materiaal niveau meer en duurere componenten (bv. superplastificeerders) gebruikt dienen te worden om het zelfverdichtend karakter te bekomen.

Daarnaast kunnen er ook belangrijke arbeidswinsten geboekt worden op de werf, daar er minder arbeiders betrokken zijn bij de stortfase, het trillen volledig weg valt en er

hogere stortsnelheden gehanteerd kunnen worden. Echter gelden bij dit alles wel bepaalde limieten, zoals beschreven onder 'toepasbaarheid'. Het is evenwel moeilijk om zonder gegronde, onafhankelijke calculatie verregaande uitspraken te doen over de economische haalbaarheid van zelfverdichtend structuurbeton, rekening houdend met materiaalkosten, aanmaakkosten, transportkosten, kwaliteitsborgingskosten en uitvoeringskosten (WTCB, 2019).

Aangezien momenteel 80 à 90% van het ZVB op de Belgische markt voor zichtbetontoepassingen wordt gebruikt, is het ZVB dat momenteel op de markt voor handen is ook volledig afgestemd op deze nichemarkt. Gegeven de hoge eisen welke gesteld worden binnen dit toepassingsgebied is de prijs van het ZVB momenteel dan ook een factor hoger dan dit van het traditioneel beton dat voor structuurbetontoepassingen wordt gebruikt en nog dient getrild te worden.

4.2.17 Gebruik prefab-elementen

Beschrijving

Het gebruik van prefab-elementen maakt dat er minder handelingen nodig zijn op de bouw- of sloopwerf zelf en er dus mogelijk minder geluids- of trillingsbronnen nodig zijn. Bijvoorbeeld bij het gebruik van prefab-betonpanelen die kunnen dienen als wand of terras, moet er op de werfsite geen bekisting (boor en timmerwerk) worden gemaakt, geen wapening worden aangelegd en geen beton gestort. Daarnaast kunnen bepaalde complexe structuren (bijvoorbeeld een stalen brucelement) off-site worden geprefabriceerd, omdat het niet altijd mogelijk is voor langere tijd een bepaalde ruimte in te nemen als werf (bijvoorbeeld snelwegbrug over kanaal).

Aangezien op de klassieke manier de bouwelementen meestal apart naar de werf worden aangevoerd, is er met prefab minder transport nodig naar de werf aangezien ze kant-en-klaar aangeleverd worden (in bepaalde gevallen wel met zwaar uitzonderlijk vervoer). Ook is er minder opslagruimte nodig op de werf, wat meer vrijheid biedt om de werf zo gunstig mogelijk in te delen (zie 4.1.6). Tot slot kan de productie van prefab-elementen op een meer gestandaardiseerde wijze verlopen, waardoor materialengebruik en -kwaliteit geoptimaliseerd kunnen worden (EC, 2012). De mallen om prefab-betonelementen te bouwen kunnen worden herbruikt.

Toepasbaarheid

Niet alle onderdelen van een gebouw of infrastructuur kunnen off-site gefabriceerd worden, en dus zal het initiatief van deze maatregel bij de aannemer zelf liggen of in overleg met de opdrachtgever gebeuren. Gebruik van prefab-elementen wordt vooral toegepast in de ruwbouwfase, voor betonstructuren (wanden, trappen, terrassen, paalfunderingen,...), houtskeletbouw en staalstructuren.

Milieuvoordeel

Aangezien er minder bouwhandelingen nodig zijn op de werfsite, zal het gebruik van prefab-elementen zorgen voor minder geluid, trillingen, stof en afval ter plaatse. Door productie op gestandaardiseerde wijze kan men materialengebruik optimaliseren (EC, 2010).

Financiële aspecten

Door de optimalisatie van het grondstoffengebruik en de tijdswinst die geboekt wordt, dalen de operationele kosten.

Momenteel zijn het echter vaak nog gespecialiseerde bedrijven die prefab-elementen gebruiken. De 'klassieke' bouwbedrijven kunnen mogelijke hoge economische schade ondervinden, wanneer het gebruik van prefab-elementen van overheidswege in een gunstregime terechtkomt.

4.2.18 Voorzien van een werfaansluiting indien het volgens netbeheerder mogelijk is

Beschrijving

De distributienetbeheerder staat in voor het realiseren van werfaansluitingen, waarbij een al dan niet tijdelijke kabel voor elektrische voeding zorgt op de werf. Hierdoor worden dieselgeneratoren overbodig en kunnen ook andere elektrische machines, zoals pompen of kranen, aangedreven worden met elektriciteit van het net. Zoals eerder aangegeven (zie 4.2.11.) hebben elektrische machines een lager geluidsniveau.



Figuur 24: Werfaansluiting klaar voor gebruik (Eandis, s.d.)

De distributienetbeheerder staat enkel in voor de aansluiting op het net. De aansluitkabel en de werfkast worden geleverd en geplaatst door de bouwheer. Er kan geopteerd worden voor een tijdelijke aansluiting met tijdelijke kabel, een tijdelijke aansluiting met definitieve kabel, of een definitieve aansluiting met definitieve kabel. Deze laatste optie houdt in dat de kabel reeds in de aansluitbocht wordt geplaatst (in de fundering) en dus moet voldoen aan de voorschriften voor een definitieve aansluiting. Deze laatste optie geniet de voorkeur uit veiligheidsoverwegingen. Elke werfaansluiting met definitieve aansluitkabel wordt volgens artikel 270 van het AREI gekeurd door een erkend controleorgaan, aangesteld door de eindgebruiker (Fluvius, 2019a).

Toepasbaarheid

Een aanvraag voor een werfaansluiting kan worden ingediend bij de distributienetbeheerder of via een energieleverancier. Zowel particuliere als professionele klanten kunnen een tijdelijke aansluiting aanvragen (al dan niet op vraag van de opdrachtgever), die binnen de vijf weken gerealiseerd kan worden. Wanneer het nodige vermogen meer dan 25 kVA bedraagt, een aansluiting meer dan 25 meter van de rooilijn ligt of indien er geen net aan het perceel ligt, is een bijkomende studie nodig alvorens de werfaansluiting te kunnen realiseren. Tot slot moet de klant een leveringscontract afsluiten met een elektriciteitsleverancier van zijn keuze en moet hij, al dan niet via een

installateur, enkele voorbereidende werken uitvoeren zoals de plaatsing van de aansluitkabel en de werfkast (Fluvius, 2019a).

Uit overleg met de bouwsector blijkt dat niet alle werven in aanmerking komen voor een (tijdelijke) werfaansluiting. Bijvoorbeeld wanneer er een elektrische kraan gebruikt wordt, vraagt deze in bepaalde gevallen een hoog piekvermogen, dat de netbeheerder niet kan of wenst te leveren.

Milieuvoordeel

Door het voorzien van een werfaansluiting wordt het gebruik van dieselgeneratoren overbodig waardoor luchtmissies vermeden worden, en voorkomt men de potentiële geluids- en trillingshinder afkomstig van deze generatoren.

Financiële aspecten

De aansluittarieven op het laagspanningsnet van de netbeheerder (hier Fluvius) worden hoofdzakelijk bepaald door het gevraagde vermogen (onder of boven 56 kVA). Het vermogenrecht wordt pas aangerekend bij de definitieve aansluiting. De prijzen voor een tijdelijke aansluiting variëren tussen grootteordes €1000 en €3700 (incl. BTW, excl. energiekost).

Wanneer er een studie nodig is (zie toepasbaarheid), komen er nog studiekosten bij die variëren van grootteorde €350 tot €750 (incl. BTW). Tot slot kunnen er nog diverse kosten bijkomen, zoals bijvoorbeeld de kosten van het herstellen van bepaalde bestratingswerken of het aan- en afvoeren van te saneren grond (Fluvius, 2019b en persoonlijke contacten met Fluvius).

Door te werken met een werfaansluiting, vermijdt men de kosten die samengaan met de aankoop of huur van een generator, en de daarbij horende brandstofkosten.

4.2.19 Communicatie

Beschrijving

De mate van hinder wordt, zoals beschreven in hoofdstuk 3.2.2, mee bepaald door sociaal-psychologische factoren zoals de voorspelbaarheid en de beheersbaarheid van de hinder. Hier kan deels aan worden tegemoetgekomen door de mensen die mogelijk hinder zullen ondervinden, tijdig te informeren en hen geïnformeerd te houden. Zo'n informatiecampagne kan gaan over de verschillende bouwfases, de duurtijd van de werken en de verwachte geluidsniveaus. Daarnaast kan er ook gecommuniceerd worden over de manier waarop gehinderden meer informatie kunnen bekomen of waar men terecht kan met klachten.

De grootte van de groep waarmee gecommuniceerd wordt alsook hoe verregaand men wil communiceren, kan afgestemd worden op de mate van mogelijke hinder. Men kan, in geval van grote groepen, ook communiceren met organisaties die de potentieel gehinderden (omwonenden,...) vertegenwoordigen (<https://www.infomil.nl/>, 2019).

Mogelijke communicatiemiddelen zijn bijvoorbeeld (<https://www.infomil.nl/>, 2019):

- Het informeren van de omwonenden over de werken, mondeling of per brief
- Berichtgeving in huis-aan-huisbladen of krant en op een (gemeentelijke) website
- Het houden van een voorlichtings- of een informatieavond in het plaatselijke buurthuis of -café
- Het verspreiden van een "bouwkrant" huis aan huis met het laatste nieuws en de nieuwste planning

- Het openstellen van een website met informatie over de bouwactiviteiten eventueel voorzien van (real time) meetresultaten van geluidsmetingen
- Het organiseren van bezoekersdagen op de bouwplaats onder het motto: laat zien wat je doet
- Het instellen van een klankbord groep (bouwer, bevoegd gezag, omwonenden) die regelmatig bijeenkomt (bij langdurende projecten)

In Nederland werd door de bouwsector (onder de naam Stichting Bewuste Bouwers) een vrijwillig en onafhankelijk instrument ontwikkeld om het mogelijk te maken de relaties tussen een bouwplaats en haar omgeving te verbeteren. In een gedragscode worden concrete handvaten aangereikt hoe het personeel actief op de bouwplaats met minder hinder kan werken. Daarnaast worden er door de stichting ook op het platform aangesloten bouwplaatsen getoetst door enerzijds mysteriebezoeken en audits, maar ook via de verbeterdebouw.nl-website waarop omwonenden of voorbijgangers verbeterpunten, vragen of ideeën kenbaar kunnen maken en zo in directe communicatie treden met de werf in hun buurt. Een verantwoordelijke van de bouwplaats (bv. communicatiemanager) behandelt vervolgens de meldingen en houdt de melder op de hoogte van het verdere vervolg. Op die manier wordt via het platform directe communicatie mogelijk gemaakt tussen de omgeving en de bouwplaats.

Toepasbaarheid

De mate van inzetbaarheid van communicatiemiddelen is maatwerk. Het is onder andere afhankelijk van (<https://www.infomil.nl/>, 2019):

- De omvang en de duur van de sloop- en bouwactiviteiten
- De omvang van de (eventueel verschillende) geluidsbelastende periodes
- Het aantal potentieel gehinderden

De aannemer kan op eigen initiatief communiceren met de potentieel gehinderden. Al kan de aannemer hier ook toe aangezet worden door de regelgevende overheid of de opsteller van het lastenboek.

Milieuvoordeel

De hinderervaring in de omgeving van de bouw- en sloopactiviteiten wordt beperkt door informatie over deze activiteiten te verspreiden.

Financiële aspecten

De kost van deze maatregel is afhankelijk van het communicatiemiddel dat gebruikt wordt, de verspreiding (aantal omwonenden) en het aantal werkuren.

4.2.20 Tegemoetkoming

Beschrijving

Wanneer ernstige geluidshinder onvermijdelijk is, kan men in bepaalde gevallen ook een tegemoetkoming voorzien voor mensen in de omgeving. Dit kan in materiële of financiële vorm, via een private overeenkomst tussen de opdrachtgever/aannemer en omwonenden. Voorbeelden zijn het uitdelen van oordoppen, het uitvoeren van schilderwerken of heraanleggen van de oprit, een overnachting in een hotel of een

geldelijke tegemoetkoming. Dit is echter ongebruikelijk, gezien dit een precedent kan scheppen (www.infomil.nl, 2019). Deze tegemoetkoming sluit ook niet uit dat er alsnog klachten komen, omdat de verwachte hinder niet altijd eenvoudig in te schatten is door de omgeving. Communicatie met de omgeving blijft dus ook in geval van een tegemoetkoming belangrijk.

Toepasbaarheid

Gezien de hoge kosten, het feit dat klachten niet met zekerheid vermeden worden en de erg subjectieve aard van de maatregel (elkeen ervaart de tegemoetkoming anders), is deze vooral te overwegen bij bouw- en sloopactiviteiten waar ernstige hinder verwacht wordt.

Milieuvoordeel

De hinderervaring in de omgeving van de bouw- en sloopactiviteiten wordt beperkt, ofwel psychologisch (bv door uitvoeren klusjes) ofwel fysiek (bv door overnachting elders aan te bieden).

Financiële aspecten

De kost van deze maatregel is rechtstreeks afhankelijk van de tegemoetkoming die aangereikt wordt en verspreiding ervan (aantal omwonenden).

4.3 Specifieke maatregelen voor funderingswerken

De traditionele manier om (diepe) funderingen aan te brengen, met name heien, kan aanleiding geven tot veel hinder. In deze paragraaf worden een aantal alternatieve en hinderbeperkende maatregelen voorgesteld.

4.3.1 Voorboren, voorgraven of voorspuiten

Beschrijving

Alvorens de funderingspalen- of wanden de grond in te heien, drukken of trillen kan men gaan voorboren, voorgraven of voorspuiten zodat de fundering met minder bodemweerstand kan worden aangebracht. Hierdoor kan men sneller of met minder slagen (in geval van heien) de fundering in de grond krijgen. Dit is vooral interessant wanneer er harde bovenlagen aanwezig zijn, die moeilijk doordringbaar zijn met de eigenlijke funderingsinstallatie. Het kan bijvoorbeeld gaan om harde bodemlagen of om bestaande funderingen van oudere bouwactiviteiten. Bij het voorboren of voorgraven kan men kleinere machines gebruiken dan de funderingsstelling, bijvoorbeeld graafmachines waarop een avegaar (grondboor) wordt geïnstalleerd. Deze gaat dan de grond loswoelen als de boor er andersom wordt uitgedraaid dan dat ze er wordt ingedraaid, of gaat grondverruimend werken bij een zelfde draairichting voor het uitdraaien als bij het indraaien.

Bij voorspuiten of fluïderen gaat men onder hoge druk water in de grond spuiten zodat de bodemweerstand vermindert. Dit gebeurt met een klein debiet waardoor er een tijdelijke wateroverspanning gecreëerd wordt en de damwand dus gemakkelijker kan worden aangebracht. Door het lage debiet herstelt de grondslag zich weer waardoor de eigenschappen van de grond bijna niet veranderen. Deze techniek kan ook tijdens de

eigenlijke funderingswerken worden toegepast, bijvoorbeeld door op de boorkop het water toe te voegen.

Toepasbaarheid

Enkel toepasbaar bij diepe funderingen of paalfunderingen, die ingetrild, ingedrukt of ingeheid moeten worden.

Milieuvoordeel

Door deze technieken toe te passen ervaart men minder weerstand bij het aanbrengen van de fundering en wordt er dus minder geluid maar vooral minder trillingen veroorzaakt.

Financiële aspecten

Deze maatregel zorgt voor een bijkomende investerings- en/of operationele kost, gezien de investerings- of huurkosten van het benodigde materieel. Echter zorgt de maatregel er ook voor dat de aan te brengen fundering minder snel schade zal oplopen.

4.3.2 Funderingspalen boren of schroeven

Beschrijving

Bij bepaalde funderingstechnieken wordt de paal in de bodem geschroefd in plaats van ingeheid of ingetrild. Het kan hierbij gaan om:

- ter plaatse gevormde palen:
 - buisschroefpalen waarbij een stalen omhulsel in de grond wordt geschroefd die vervolgens gevuld wordt met beton (zie Figuur 4) en waarbij de buispunt of de buis zelf al dan niet terug verwijderd wordt. Wanneer deze niet verwijderd wordt spreken we van een paal met verloren punt en verloren buis. Of;
 - een boorgat gevuld met een steunvloeistof (bentoniet, polymeer) om de boring te stabiliseren, die vervolgens afgevoerd wordt om de bewapening en betonning te plaatsen. Of;
 - een mortelschroefpaal waarbij een holle avegaar, afgedicht met klep, in de grond wordt geschroefd en vervolgens zonder draaien omhoog wordt getrokken terwijl de holle avegaar wordt volgepompt met beton. De ontstane schacht vult zich met beton en vormt de funderingspaal. De vrijgekomen grond moet worden afgevoerd;
- prefab-palen die in hun geheel in de grond geschroefd worden. De volledige paal kan geschroefd zijn of enkel de boorkop, met gladde paalschacht.

Zoals beschreven in punt 4.3.1 kan men water gaan inspuiten ter hoogte van de boorkop om de bodemweerstand te verminderen.

Toepasbaarheid

Afhankelijk van de bodemsamenstelling en de te dragen structuur. Enkel mogelijk bij paalfunderingen. Er wordt frequenter gewerkt met boorpalen dan met prefabpalen, omwille van technische overwegingen. Met een boorpaal kunnen bepaalde lagen geperforeerd worden zonder schadelijke trillingen, waar een prefabpaal meer trillingen

gaat veroorzaken. In gevoelige omgevingen zal men dus steeds opteren voor een boorpaal.

Milieuvoordeel

Deze techniek is trillingsvrij en heeft een beperkte geluidsimpact, gezien er geen hoog piekgeluid wordt gegenereerd door een slagimpact zoals bij een klassieke heistelling. Er vinden ook geen dieselaangedreven explosies plaats. Door afwezigheid van deze dieselexplosies (en bijhorende verbranding van smeeroil) zorgt deze techniek voor minder luchtverontreiniging.

Men dient wel rekening te houden met de hulpmachines die nodig zijn en mogelijk ook geluid veroorzaken (pompen, kranen, afvoer grond,...).

Financiële aspecten

Ter plaatse gevormde schroefpalen zijn duurder dan geheide prefab-palen. Per meter ter plaatse gevormde schroefpaal betaalt men tussen de €10 en de €40 meer dan voor een prefab heipaal (website DACE Price Booklet).

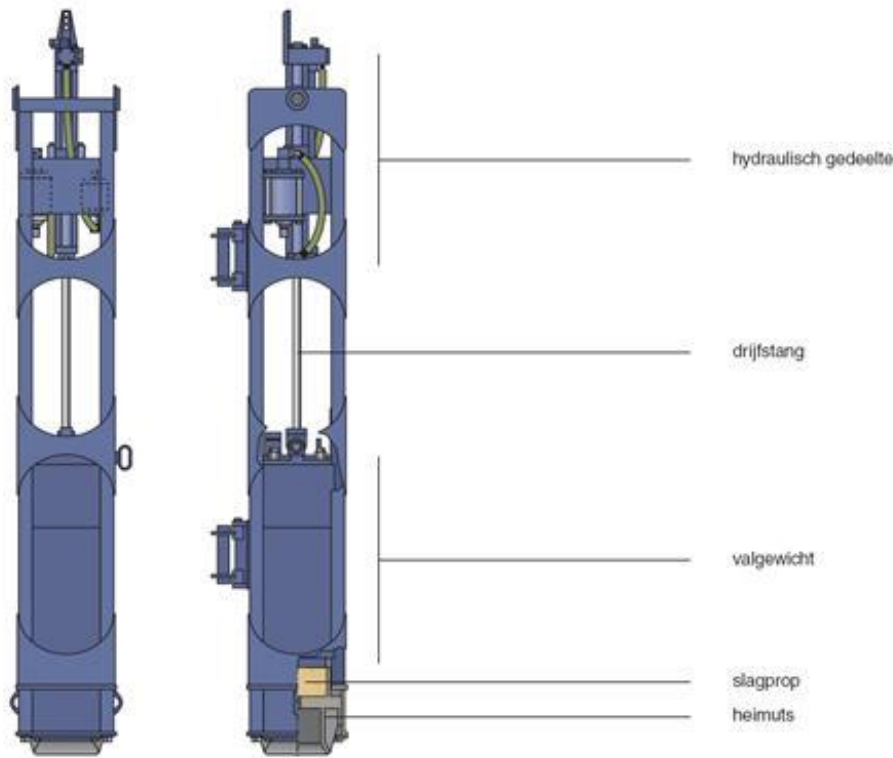
4.3.3 Hydraulisch fundering heien

Beschrijving

Als alternatief voor heien met een dieselblok¹¹ kan men ook paalfunderingen heien met een hydraulisch blok. Hierbij wordt een gedeeltelijk met lood gevuld zuigervormig valgewicht verbonden met een zuigerstang die passend in een cilinder op en neer kan worden bewogen. De oliedruk in de cilinder zorgt er dan voor dat het valgewicht kan worden geheven en bij sommige blokken kan ook de neerwaartse beweging door de oliedruk in de cilinder worden bekrachtigd (dubbelwerkende blokken). Hydraulische heiblokken zijn goed regelbaar, waarbij elke slag eenzelfde ingestelde valhoogte heeft (website Ab-Fab).

In tegenstelling tot het dieselblok, waar de geluidsafstraling van de paal ondergeschikt is aan de geluidsproductie van het blok zelf, is bij het hydraulische blok de geluidsafstraling van de paal (slagimpact) belangrijker (Bennenk et al., 1984). Deze geluidsafstraling van de paal kan beperkt worden door het aanbrengen van een geluidsdempende balg (zie 4.3.6). De hydraulische heiblok kan worden aangedreven door een pomp met elektro- of verbrandingsmotor, waarbij de elektrische variant de stilste is (zie 4.2.12).

¹¹ Wordt nog zelden toegepast omwille van (milieu)technische redenen zoals risico op rondspattende olie op de werkvloer en ongecontroleerde verbranding.



Figuur 25: Hydraulisch heiblok (website Ab-fab)

Toepasbaarheid

Afhankelijk van de bodemsamenstelling en de te dragen structuur. Enkel mogelijk bij paalfunderingen, en vooral gebruikt bij uitzonderlijk hoge paalbelastingen.

Milieuvoordeel

De geluidsdruk op de omgeving daalt ten opzichte van een klassiek heiblok, aangezien er geen dieselaangedreven explosies plaatsvinden. Door afwezigheid van deze dieseexplosies (en bijhorende verbranding van smeeroilie) zorgt deze techniek voor minder luchtverontreiniging.

Financiële aspecten

De aankoop/huur van een hydraulisch heiblok brengt hoge kosten met zich mee. Bij lage paalbelastingen zijn funderingstechnieken zoals boren of schroeven goedkoper.

4.3.4 Fundering hydraulisch indrukken

Beschrijving

Een funderingstechniek zonder slagimpact of trilimpact is het hydraulisch indrukken van funderingselementen (ook *silent piler* genoemd). Dit kan met installaties die met tegengewichten onafhankelijk kunnen opereren of met installaties die de reactiekracht van aansluitend geplaatste funderingspalen gebruiken. De belangrijkste geluidsbron is de voeding van het systeem (geluidsreductie in geval van elektromotor, zie 4.2.12), samen met eventuele hulpmachines zoals een kraan.



Figuur 26: Hydraulische indrukinstallatie voor prefab-betonpalen (links) en hydraulische indrukinstallatie voor damwanden (rechts) (bronnen: www.drukpaal.nl & <https://www.sterk.eu/>)

Toepasbaarheid

Afhankelijk van de bodemsamenstelling (slappe grondlagen boven een zandpakket) en de te dragen structuur. Enkel mogelijk bij diepe funderingen, zowel voor betonnen prefab-palen als stalen palen of damwanden. Deze techniek is langzamer dan inheien, boren of intrillen.

Milieuvoordeel

Geluidsarme techniek ten opzichte van klassiek heien door afwezigheid van een heiblok met slagimpact, alsook 10 tot 50 keer minder trillingen (White et al., 2002). Ten opzichte van bijvoorbeeld geschroefde palen, moet men geen potentieel vervuilde steunvloeistof of grond afvoeren. Hierdoor is er minder transport nodig en daarmee samenhangend dus minder geluids- en trillingshinder en luchtmissies.

Financiële aspecten

Deze techniek is veel duurder dan inheien of intrillen (Whenham et al., 2007).

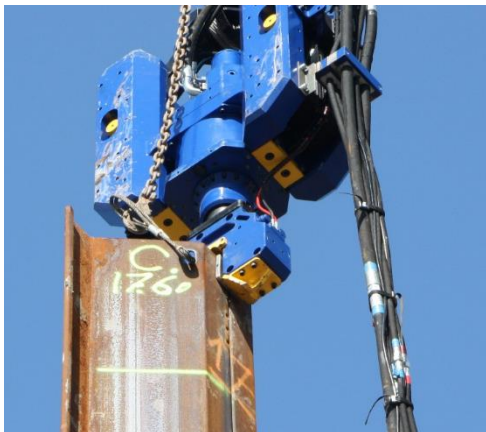
4.3.5 Fundering intrillen

Beschrijving

Het intrillen van funderingselementen gebeurt door bovenaan de profielen een trilkracht uit te oefenen en is gebaseerd op het feit dat de bodem zijn weerstand verliest onder invloed van trillingen (Whenham et al., 2007). De trilblokken die op de funderingselementen geplaatst worden bestaan uit excentrieken die door middel van een elektro- of hydromotor worden aangedreven (Bennenk, 1984). De voeding van deze motor kan geluidshinder veroorzaken (geluidsreductie in geval van elektromotor, zie 4.2.12), alsook is er geluidsafstraling mogelijk naar de omgeving in geval van stalen trilpalen. Deze geluidsafstraling kan beperkt worden door het gebruik van een extra zwaar trilblok (N.N., 2011).

Vooraf bij laagfrequente trilmachines kan er trillingshinder ontstaan naar de omgeving. Echter door moderne hoogfrequente trilmachines (zie ook 7.1.1 Intrillen met resonantietechniek) en de invoering van een variabel excentrisch moment, wordt de trillingshinder afkomstig van recente trilmachines beperkt (Whenham et al., 2007).

Een variant op de conventionele trilblokken, waarbij er trillingen in de omliggende grond worden veroorzaakt, zijn de resonantietrilblokken. Dergelijk trilblok, met oscillerende cilinder, gaat de in te trillen buispaal, ankerpaal of damwand in de eigen frequentie brengen (resonantiefrequentie, 80-180Hz), waardoor deze in de bodem wordt gedreven. Deze hoge frequentie zorgt ervoor dat er slechts minimale trillingen in de omgeving worden veroorzaakt. Dit komt enerzijds doordat de korrelstructuur van de omliggende grond sneller verbroken wordt en dus de wrijving afneemt (friction fatigue genoemd). Anderzijds worden er grote versnellingen gegenereerd (100 tot 200G, ten opzichte van 9G bij conventioneel trilblok), waardoor de omliggende bodemstructuur de grote versnellingen van het object niet kan volgen. Daardoor ontstaan er slechts in zeer beperkte mate bodemzettingen (verstoring en verdichting van bodem en waterhuishouding), wat resulteert in minimale die meestal niet waarneembaar zijn. De frequentie kan via realtime metingen en automatische sturing aangepast worden aan de, afhankelijk van de weerstand van de bodem en veranderende eigenfrequentie (Gebr. De Koning, 2019).



Figuur 27: Damwand intrillen met resonantietechniek

Toepasbaarheid

Afhankelijk van de bodemsamenstelling en de te dragen structuur. Enkel mogelijk bij diepe funderingen, zowel voor betonnen prefab-palen als stalen palen of damwanden. De resonantietechniek kan gebruikt worden voor buispalen, ankerpalen of damwanden. Hoe stijver het profiel is dat aangebracht wordt, hoe gunstiger het is om de resonantietechniek in te zetten. De techniek komt vooral tot zijn recht in moeilijk bereikbare plaatsen, gezien het resonantieblok klein en licht is en vrijhangend aan een kraan bevestigd kan worden. Hierdoor zijn er minder omringende installaties (heistelling,...) nodig (GWW Bouw, 2017). Er is nog meer onderzoek nodig om de techniek op zware palen toe te passen en om te bepalen voor welk bodemtype en paallengte deze techniek het meest geschikt is.

Milieuvoordeel

Deze techniek genereert minder lawaai en veroorzaakt minder trillingen in de omgeving dan de traditionele heitechnieken (Whenham et al., 2007). De resonantietechniek genereert vervolgens nog minder trillingen in de omgeving dan de traditionele triltechnieken. De resonantietechniek genereert echter, afhankelijk van de benodigde frequentie, veel geluid (Halter et al., 2018).

Financiële aspecten

De aankoop/huur van een trilblok brengt hoge kosten met zich mee. De triltechniek biedt een aantal economische voordelen omwille van haar snelheid en het feit dat ze toegepast kan worden op moeilijk toegankelijke bouwplaatsen (Whenham et al., 2007). De aankoop van een resonantietrilblok brengt eveneens hoge investeringskosten met zich mee. Ze worden echter, net als klassieke trilblokken, ook op de huurmarkt aangeboden. De resonantietechniek zorgt voor een hogere productiesnelheid (palen worden sneller ingetrild), waardoor tijdswinst geboekt kan worden. Een resonantietrilblok is duurder dan een klassiek trilblok en vraagt een groter vermogen.

4.3.6 Gebruik van een geluidsdempende balg of mantel

Beschrijving

Wanneer men kiest om funderingspalen te heien of in te trillen, kan het geluid afkomstig van het heiblok en de geluidsafstraling afkomstig van de paal die in de grond geheid of getrild wordt, worden geïsoleerd. Dit gebeurt door de paal te plaatsen in een geluidsdempende balg of het geheel van heiblok en paal te plaatsen in een geluidsdempende mantel. Bij intrillen is isolatie door een balg vooral nuttig bij stalen trilpalen.

Om effectief te zijn moet de balg de paal volledig afschermen, waarbij de mantel de volledige paal en heiblok gaat omsluiten. In de praktijk wordt heien/intrillen met een mantel als onpraktisch ervaren en laat men soms de mantel openstaan, waardoor het geluidsdempende effect grotendeels verdwijnt (N.N., 2002).

De mantel en balg bestaan uit een soort kokerconstructie, waarvan de wanden geluidsisolerend en -absorberend materiaal bevatten (Bennenk et al., 1984). De koker kan als een harmonica rond de paal worden uitgetrokken en opgevouwen (zie Figuur 28).

Tabel 11: Overzicht van demping geluidsbronnen bij heien, door mantel en balg

Geluidsbron bij heien	Mantel	Balg
Explosie en geluid uitstromende verbrandigsgassen (bij dieselblok)	✓	
Slag/trilling van blok op de paal	✓	
Geluidsafstraling van de paal	✓	✓

Toepasbaarheid

Toepasbaar bij geheide paalsystemen en getrilde technieken. Wanneer er niet geheid wordt door te slagen op de paal (bijvoorbeeld hydraulisch heien, zie 4.3.3), is een balg ter hoogte van de (stalen) paal voldoende. Omwille van technische redenen (zoals doorsnede of lengte van de paal) kan het soms niet mogelijk zijn deze in een mantel of balg te plaatsen.



Figuur 28: Harmonicavormige mantels rond de paal (website Vroom Funderingstechnieken en website Dieseko Group)

Milieuvoordeel

Het geluidsniveau afkomstig van de heistelling wordt gereduceerd met 15 tot 25 dB(A) (Bennenk et al., 1984).

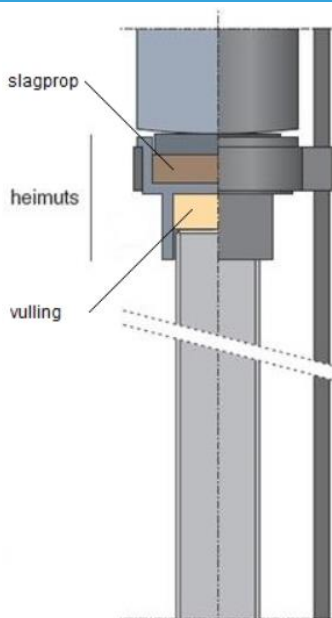
Financiële aspecten

De productiviteit zou kunnen dalen door het gebruik van een mantel of balg, waardoor de operationele kost stijgt. De aankoop van een mantel of balg vergt een (hoge) investeringskost (Bennenk et al., 1984), al wordt deze ook op de verhuurmarkt aangeboden.

4.3.7 Gebruik van een geluidsdempende heimuts en adapter

Beschrijving

Tussen het heiblok en de heipaal wordt ter bescherming van de paal een heimuts geplaatst, met bijhorende adapter zodat deze op de heipaal past. Deze heimuts kan geluidsisolerend worden ontworpen om het contactgeluid tussen het heiblok en de heipaal af te schermen. Daarnaast kan de slagprop, die meestal bestaat uit tropisch hardhout, worden vervaardigd uit een polymeer (nylon of polyoxymethyleen) om het geluid van de slag te dempen.



Figuur 29: Heimuts op betonnen heipaal (website Joost de Vree)

Toepasbaarheid

Toepasbaar bij geheide paalsystemen. Niet alle geluiddempende heimutsen laten technisch toe de paal tot op het maaiveld in te brengen (N.N., 2002a). Een slagprop uit kunststof is niet mogelijk bij een dieselblok, omdat de prop dan zal ontbranden (N.N., 2002b).

Milieuvoordeel

Geluidsniveau afkomstig van de slag op de paal wordt gereduceerd.

Financiële aspecten

De aankoop van een geluiddempende muts & adapter gaat gepaard met een investeringskost. Echter kan het heiblok vaak al bij fabricatie worden uitgerust met deze geluiddempende maatregelen, waardoor de investeringskost gedrukt kan worden.

4.3.8 Gebruik van een geïsoleerd heiblok

Beschrijving

Het heiblok zelf kan deels of volledig geïsoleerd worden. Het gaat hierbij om de slagplaat met de muts, de uitlaat en de cilinderwand van de hamer. De ondercilinder van de heihamer kan worden omkapt, waarbij in de omkapping geluiddempers voor de uitlaten kunnen worden geïntegreerd en waarbij de bovcilinder mechanisch wordt ontkoppeld. Ook kan worden gekozen voor het volledig omkappen van de heihamer (N.N., 2002b).

Toepasbaarheid

Toepasbaar bij geheide paalsystemen. Men dient (vooral bij dieselblokken) rekening te houden met het versneld opwarmen van het heiblok wanneer deze omkapt is. De warmte

kan worden afgevoerd door middel van lucht- of waterkoeling van de hamer (N.N., 2002b). Verder wordt de zichtbaarheid van de heihamer en het heiblok beperkt, waardoor men beschadigingen aan de (prefab)paal of het heiblok te laat opmerkt.

Milieuvoordeel

Geluidsniveau afkomstig van het heiblok wordt gereduceerd.

Financiële aspecten

De techniek gaat gepaard met een investeringskost en het mogelijk te laat opmerken van beschadigingen kan leiden tot hoge kosten.

4.4 Specifieke maatregelen voor sloopwerken

De traditionele manieren om sloopwerken uit te voeren (sloophamers, explosieven,..), kunnen aanleiding geven tot hinder. In deze paragraaf worden een aantal alternatieve en hinderbeperkende maatregelen voorgesteld.

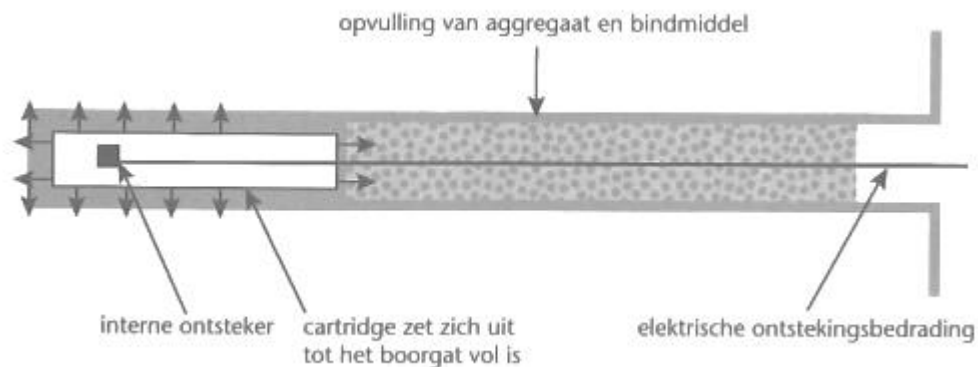
4.4.1 Pyrotechnisch slopen

Beschrijving

Als alternatief voor klassieke sloopmethodes met sloophamers of explosieve detonatie, is het ook mogelijk om pyrotechnisch te gaan slopen door deflagratie (klasse UN0432-1,4s). Hierbij gaat men cartridges met een chemische verbinding in de te slopen structuur plaatsen (zie Figuur 30), die bij ontsteking een zeer grote hoeveelheid onschadelijk gas produceren (voornamelijk stikstof, kooldioxide en stoom). Door de gasdruk die hierbij ontstaat wordt het beton van haar wapening gescheiden, en kan het gemakkelijk verwijderd worden met kleiner materieel (zoals snijbranders) (Attahiri, 2014).

Deze techniek werkt via explosieve deflagratie, een exotherme techniek waarbij een omzetting van een explosieve stof in gasvormige producten op of nabij het oppervlak van de explosieve stof plaatsvindt. De drukgolf beweegt zich hierbij sneller voort dan het vlamfront, op basis van warmtegeleiding. Bij explosieve detonatie (conventionele springstoffen) gebeurt daarentegen een snelle omzetting van een explosieve stof in gasvormige producten door middel van een schokgolf (per definitie supersoon) die door die explosieve stof gaat (PGS 32, 2016).

De stofsnelheid bij deflagratie is dus veel lager dan bij detonatie (700 m/s ten opzichte van 7000 m/s) en de druk wordt na ontsteking onmiddellijk tot 0 m/s gereduceerd, waardoor er geen doorgaande trillingen plaatsvinden (Attahiri, 2014).



Figuur 30: Doorsnede van een in een boorgat aangebrachte cartridge (Attahiri, 2014)

Toepasbaarheid

Voor het slopen van rotsen en betonconstructies (zoals diepwanden), ook op moeilijk bereikbare plaatsen of op dichtbebouwde plaatsen zoals stadscentra.

De benodigde hoeveelheid pyrotechnisch materiaal, alsook het patroon (diepte, afstanden en hoeken van boorgaten) van de cartridges is afhankelijk van de te slopen constructie. Het personeel dat deze techniek toepast, dient daarvoor de nodige opleidingen te volgen met het oog op correct en veilig gebruik.

Milieuvoordeel

- Geen doorgaande trillingen door snelle drukdaling na ontsteking
- Slechts enkele milliseconden trillingsoverlast
- Zeer beperkte geluids- en trillingshinder ten opzichte van slopen met sloophamer of explosieven

Financiële aspecten

Op moeilijk bereikbare plaatsen werkt deze techniek veel sneller dan klassieke slooptechnieken, waardoor operationele kosten bespaard kunnen worden. Besparen op boorgaten weegt niet op tegen de efficiëntie van het verwijderen van het beton uit de verzwakte constructie (Attahiri, 2014).

4.4.2 Hydraulische sloopschaar

Beschrijving

Een hydraulische sloopschaar kan gebruikt worden in plaats van een pneumatische of hydraulische sloophamer (pneumatische is het luidst) om al dan niet gewapend beton te gaan slopen zonder slagimpact. Er zijn scharen met verschillende groottes en knipkracht beschikbaar, van mobiele varianten die met de hand hanteerbaar zijn, gerobotiseerde scharen die vanop afstand bedienbaar zijn, tot grote varianten die op een kraan geplaatst worden. De traag sluitende schaar gaat het beton verbrijzelen, waardoor brokstukken afbreken zonder dat deze in oncontroleerbare richtingen wegvliegen zoals bij een pneumatische sloophamer (HSE, 1997). Gezien de evolutie naar meer selectief slopen met het oog op materiaalrecuperatie, wint het gebruik van de hydraulische sloopschaar dan ook aan belang.

De hydraulische sloopschaar kan worden aangedreven door een pomp met elektro- of benzinemotor, waarbij de elektrische variant de stilste is (zie 4.2.12). Naast sloopscharen voor beton zijn er ook hydraulische scharen op de markt voor ander sloopwerk, zoals bijvoorbeeld doorknippen van grondkabels, profielen of buisprofielen.



Figuur 31: Hydraulische sloopschaar op kraan (links) (website Dehaco) en hydraulische handsloopschaar (rechts) (LinkedIn Bas Kriesels, 2018)

Toepasbaarheid

Voor het slopen van betonconstructies, met kleine mobiele varianten ook mogelijk op moeilijk bereikbare plaatsen. Voor bepaalde sloopwerken zal men toch een sloophamer gebruiken omdat ze niet uitvoerbaar zijn met betonschaar (bijvoorbeeld bestrating openbreken). Handsloopschaar vooral inzetbaar bij kleinere sloopwerken, zoals bij renovaties.

Milieuvoordeel

Minder trillingen, geluid en stof door afwezigheid slagimpact van sloophamer. Het gebruik van de hydraulische sloopschaar maakt het mogelijk om selectiever te slopen en zo materiaalstromen gescheiden te houden, met het oog op hergebruik of recycling.

Financiële aspecten

De helft duurder dan slopen met pneumatische sloophamers (HSE, 1997), al is meeropbrengst mogelijk doordat er hoogwaardigere en zuiverdere materiaalstromen vrijkomen dan bij slopen met bijvoorbeeld sloophamers.

4.4.3 Zagen en boren

Beschrijving

Door constructies te gaan doorzagen (slijpen) of boren, kan men op een precieze manier gaan slopen, zonder gebruik van sloophamers. Bijvoorbeeld een diamanddraadzaag kan men door voorgeboorde 'tunnels' trekken, om grote structuren in één keer los te zagen.



Figuur 32: Diamanddraadzaag (HSE, 1997)

Toepasbaarheid

Voor sloopwerken die precisie vereisen, ook op moeilijk toegankelijke plaatsen.

Milieuvoordeel

Minder trillingen en geluid door afwezigheid slagimpact van sloophamer.

Financiële aspecten

Aankoop specifiek materiaal gaat gepaard met investeringskost. Zagen en boren gaat meestal sneller dan slopen met sloophamer en eventueel te behouden structuren worden minder gemakkelijk beschadigd door de precisie van deze techniek, waardoor de investeringskost gecompenseerd wordt (HSE, 1997) .

4.4.4 Hydraulisch splijten

Beschrijving

Als alternatief voor slopen met sloophamer, kan men overgaan tot het hydraulisch 'splijten' of 'barsten' van (meestal betonnen) structuren. Bij deze techniek worden er eerst gaten geboord in de te slopen structuur, waarna het hydraulisch toestel in de boorgaten wordt geplaatst. Dit toestel gaat zich hydraulisch uitzetten in het boorgat, wat ervoor zorgt dat de structuur barst en uit elkaar valt in kleinere, handelbare stukken. (HSE, 1997)

De hydraulische sloopschaar kan worden aangedreven door een pomp met elektro- of benzinemotor, waarbij de elektrische variant de stilste is (zie 4.2.12).



Figuur 33: Hydraulische splijtmachine (website Specialist Cutting Services Limited)

Toepasbaarheid

Voorals betonnen structuren, groot of klein, ook op moeilijk bereikbare plaatsen.

Milieuvoordeel

Minder trillingen, geluid en stof door afwezigheid slagimpact van sloophamer. Er worden bijna geen trillingen overgedragen op de structuur.

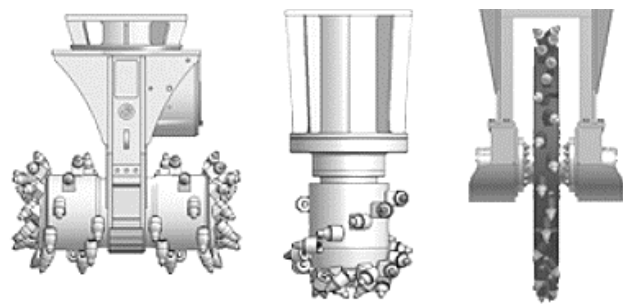
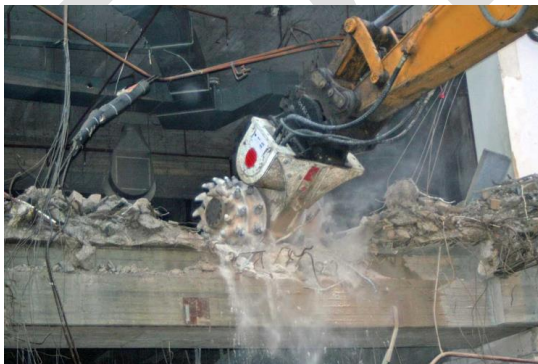
Financiële aspecten

Deze methode is ongeveer 30% duurder dan het gebruik van sloophamers, maar is sneller dan equivalente sloopmethodes met beperkte impact (HSE, 1997).

4.4.5 Drum-cutter

Beschrijving

Een hydraulisch aangedreven drum-cutter bestaat uit een aantal 'hamers' (grof of fijn) die op een ronddraaiend element zijn geplaatst. De drum-cutter hamers kunnen transversaal, longitudinaal of op een wiel geplaatst worden (zie Figuur 34), afhankelijk van de uit te voeren werken. Naast het ontginnen of verwijderen van rotsformaties, kan een drum-cutter gebruikt worden om beton te verbrijzelen en zo de wapening bloot te leggen of om een bepaalde harde oppervlaktelaag zoals asfalt af te schrapen. Buiten de sloopactiviteiten kunnen ze ook gebruikt worden om bijvoorbeeld sleuven uit te graven, het oppervlak van damwanden te egaliseren of funderingen te gaan 'koppensnellen' (bewerking van betonnen heipalen zodat de wapening bovenaan wordt blootgelegd, waarna deze gekoppeld kan worden aan de eigenlijke constructie). Aangezien het beton vergruisd wordt tijdens het gebruik van een drum-cutter, is het meestal niet nodig om het materiaal na de sloop nog verder te gaan breken of behandelen.



Figuur 34: Links een drum-cutter aan het werk; rechts een transversale-, longitudinale- en wiel-drum-cutter (website www.drumcutters.com)

Toepasbaarheid

Bij sloopwerken van (gewapend) beton en het nauwkeurig verwijderen van toplagen, zoals asfalt. Aangewezen wanneer ruw slopen (sloophamer, explosieven,..) niet mogelijk is omwille van de omgeving of wanneer niet de volledige structuur gesloopt mag worden.

Milieuvoordeel

- Minder geluid en trillingen dan bij een sloophamer, door afwezigheid van een slagimpact. Ook beperkt contactgeluid doordat er minder grote vallende brokstukken zijn.
- Niet nodig om beton nog verder te breken voor recyclage, aangezien het bij gebruik van een drum-cutter vrijkomt met kleine deeltjesgrootte. Mobiel breken of afvoer naar breekinstallatie is daardoor niet meer nodig, waardoor transport beperkt wordt. Men bekomt dus reeds op de werf een relatief zuivere herbruikbare of recycleerbare fractie.
- Gezien de nauwkeurigheid van de drum-cutter draagt deze bij aan een selectief sloopproces (bijvoorbeeld enkel asfaltlaag verwijderen, zonder funderingslaag aan te tasten)

Financiële aspecten

- Investeringskosten (bij aankoop) of operationele kosten (bij huur) voor de drum-cutterkop, die op dezelfde kraan past als deze waar bijvoorbeeld sloophamers op geplaatst worden.
- Mogelijke beperking van transportkosten omdat afvoer naar externe breekinstallatie niet nodig is.

4.4.6 Waterstralen (renoveren)

Beschrijving

Door onder zeer hoge druk water te gaan stralen (ook water jetting of hydro demolition genoemd) op betonnen oppervlakten, komt verweerd beton los en blijven goede structuren en wapening behouden. Deze worden niet beschadigd en vertonen geen barsten, wat mogelijk wel het geval zou zijn bij gebruik van een sloophamer. Vervolgens kan er een nieuwe laag beton aangebracht worden, die zich makkelijk hecht aan het ruwe gewaterstraalde oppervlak. (HSE, 1997) Het waterstralen gebeurt met handmatige of geautomatiseerde apparatuur (robot), die de diepte van de weggestraalde laag nauwkeurig kan meten.



Figuur 35: Waterstraalrobot die brugwand aanpakt (HSE, 1997)

Toepasbaarheid

Verouderde of verweerde structuren die gerenoveerd of gesaneerd moeten worden.

Milieuvoordeel

Minder trillingen en geluid door afwezigheid slagimpact van sloophamer en minder stof doordat dit wegspoelt met het water. Daar tegenover staat wel een zeker watergebruik en productie van afvalwater.

Financiële aspecten

De waterstraaltechniek heeft een hogere operationele kost dan pneumatisch slopen, maar door de tijdswinst en het beperken van beschadigingen aan de structuur wordt de meerkost grotendeels gecompenseerd (HSE, 1997).

DRAFEF

HOOFDSTUK 5 SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

In dit hoofdstuk evalueren we de milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 naar hun technische haalbaarheid, milieu-impact en economische haalbaarheid, en geven we aan of de aangehaalde milieuvriendelijke technieken al dan niet als BBT aanzien kunnen worden voor bouw- en sloopactiviteiten.

De in dit hoofdstuk geselecteerde BBT worden als BBT beschouwd voor bouw- en sloopactiviteiten, haalbaar voor een gemiddeld bedrijf. Dit wil niet zeggen dat elk bedrijf uit deze sector ook zonder meer elke techniek die als BBT aangegeven wordt, kan toepassen. De bedrijfsspecifieke omstandigheden moeten steeds in acht genomen worden.

De BBT-selectie in dit hoofdstuk mag niet als een losstaand gegeven gebruikt worden, maar moet in het globale kader van de studie gezien worden. Dit betekent dat men zowel rekening dient te houden met de beschrijving van de milieuvriendelijke technieken in hoofdstuk 4 als met de vertaling van de BBT-selectie naar aanbevelingen en concretisering van de milieuregelgeving in hoofdstuk 6.

5.1 Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken

In **Error! Reference source not found.** worden de beschikbare milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 getoetst aan een aantal criteria. Deze multi-criteria analyse laat toe te oordelen of een techniek als Beste Beschikbare Techniek (BBT) kan beschouwd worden. De criteria hebben niet alleen betrekking op de milieucompartimenten (geluid, trillingen, water, lucht, bodem, afval, energie, chemicaliën), maar ook op de technische en economische haalbaarheid. Dit maakt het mogelijk een integrale evaluatie te maken, conform de definitie van BBT (cf. Hoofdstuk 1).

5.1.1 Methodologie BBT-selectie

De toelichting bij de inhoud van de criteria in Tabel 12, alsook de BBT-beslisboom (Figuur 36), maken deel uit van de algemene BBT-selectie-methodologie die wordt gehanteerd in het kader van de Vlaamse BBT-studies.

Toelichting bij de inhoud van de criteria in Error! Reference source not found.

Technische haalbaarheid

- **bewezen:** geeft aan of de techniek zijn nut bewezen heeft in de industriële praktijk ("–": niet bewezen; "+": wel bewezen);
- **algemeen toepasbaar:** geeft aan of de techniek zonder technische beperkingen algemeen toepasbaar is in een gemiddeld bedrijf ("–": niet algemeen toepasbaar; "+": wel algemeen toepasbaar);
- **veiligheid:** geeft aan of de techniek, bij correcte toepassing van de gepaste veiligheidsmaatregelen, aanleiding geeft tot een verhoging van de risico's op brand, ontploffing en arbeidsongevallen in het algemeen ("–": verhoogt risico; "0": verhoogt risico niet; "+": verlaagt risico);

- kwaliteit: geeft aan of de techniek een invloed heeft op de kwaliteit van het eindproduct ("−": verlaagt kwaliteit; "0": geen effect op kwaliteit; "+": verhoogt kwaliteit);
- globaal: schat de globale technische haalbaarheid van de techniek in ("+": als voorgaande alle "+" of "0"; "-/+": als voorgaande alle "+" of "0" en toepasbaarheid "-"; "-": als minstens één van voorgaande (behalve toepasbaarheid "-").

Milieuvoordeel

- geluid: invloed op geluid(shinder)
- trillingen: invloed op trilling(s)en(hinder)
- waterverbruik: hergebruik van afvalwater en beperking van het totale waterverbruik;
- afvalwater: inbreng van verontreinigde stoffen in het water ten gevolge van de exploitatie van de inrichting;
- lucht: inbreng van verontreinigde stoffen in de atmosfeer ten gevolge van de exploitatie van de inrichting;
- bodem: inbrengen van verontreinigde stoffen in de bodem en het grondwater tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- afval: het voorkomen en beheersen van afvalstromen;
- energie: energiebesparingen, inschakelen van milieuvriendelijke energiebronnen en hergebruik van energie;
- chemicaliën: invloed op de gebruikte chemicaliën en de hoeveelheid;
- globaal: ingeschatte invloed op het gehele milieu.

Per techniek wordt voor elk van bovenstaande criteria een kwalitatieve beoordeling gegeven, waarbij:

- "−": negatief effect;
- "0": geen/verwaarloosbare impact;
- "+": positief effect;
- "+/-": soms een positief effect, soms een negatief effect.

Economische haalbaarheid

- "+": de techniek werkt kostenbesparend;
- "0": de techniek heeft een verwaarloosbare invloed op de kosten;
- "−": de techniek leidt tot een verhoging van de kosten, de bijkomende kosten worden draagbaar geacht voor de sector (d.i. voor een gemiddeld bedrijf) en staan in een redelijke verhouding ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst (kosteneffectiviteit genoemd);
- "− −": de techniek leidt tot een verhoging van de kosten, de bijkomende kosten worden niet draagbaar geacht voor de sector (d.i. voor een gemiddeld bedrijf), of staan niet in een redelijke verhouding ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst.

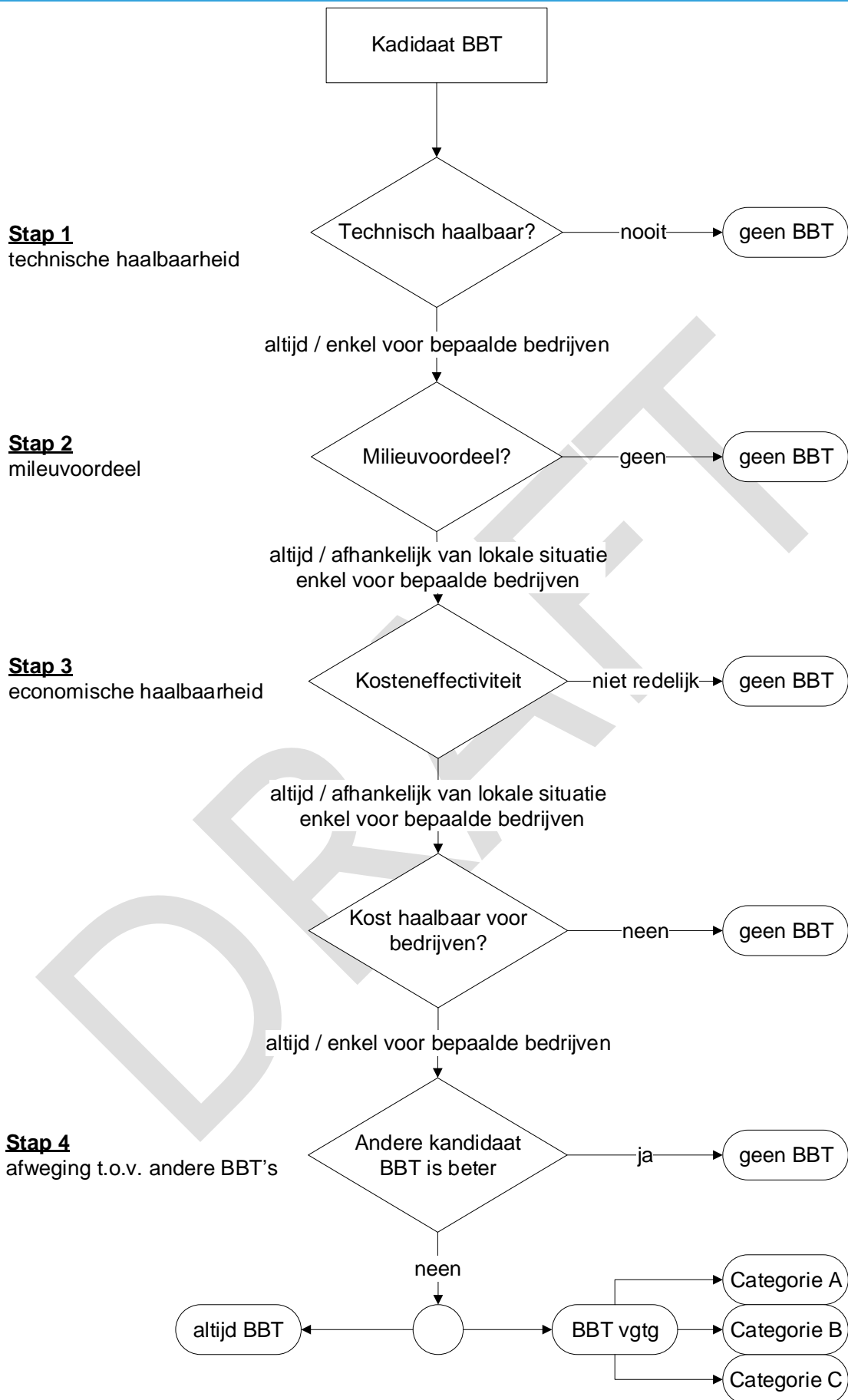
BBT

Uiteindelijk wordt in de laatste kolom telkens beoordeeld of de beschouwde techniek als beste beschikbare techniek kan geselecteerd worden (BBT: ja of BBT: nee). Waar dit sterk afhankelijk is van de beschouwde activiteit en/of lokale omstandigheden wordt BBT: vgtg (van geval tot geval) als beoordeling gegeven.

Het proces dat gevolgd wordt bij de BBT-selectie, is schematisch voorgesteld in **Error! Reference source not found.6:**

- Eerst wordt nagegaan of de techniek (de zogenaamde "kandidaat BBT") technisch haalbaar is, waarbij rekening wordt gehouden met de kwaliteit van het product en de veiligheid (stap 1).

- Wanneer de techniek technisch haalbaar is, wordt nagegaan wat het effect is op de verschillende milieucompartimenten (stap 2). Door een afweging van de effecten op de verschillende milieucompartimenten te doen, kan een globaal milieuoordeel geveld worden. Om dit laatste te bepalen worden de volgende elementen in rekening gebracht:
 - Zijn één of meerdere milieuscores positief en géén enkele negatief, dan is het globaal effect steeds positief;
 - Zijn er zowel positieve als negatieve scores dan is het globaal milieu-effect afhankelijk van de volgende elementen:
 - de verschuiving van een minder controleerbaar naar een meer controleerbaar compartiment (bijvoorbeeld van lucht naar afval);
 - relatief grotere reductie in het ene compartiment ten opzichte van toename in het andere compartiment;
 - de wenselijkheid van reductie gesteld vanuit het beleid; onder andere afgeleid uit de milieukwaliteitsdoelstellingen voor water, lucht,...(bijvoorbeeld "distance-to-target" benadering).
- Wanneer het globaal milieueffect positief is, wordt nagegaan of de techniek bijkomende kosten met zich meebrengt, of deze kosten in een redelijke verhouding staan tot de bereikte milieuwinst, en draagbaar zijn voor een gemiddeld bedrijf uit de sector (stap 3).
- Kandidaat BBT die onderling niet combineerbaar zijn (omdat combinatie niet mogelijk of niet zinvol is) worden onderling met elkaar vergeleken, en enkel de beste wordt als kandidaat BBT weerhouden (stap 4). Deze stap is in het kader van deze studie minder relevant.
- Uiteindelijk wordt beoordeeld of de beschouwde techniek als beste beschikbare techniek (BBT) kan geselecteerd worden (stap 5). Een techniek is BBT indien hij technisch haalbaar is, een verbetering brengt voor het milieu (globaal gezien), economisch haalbaar is (beoordeling "-" of hoger), en indien er geen "betere" kandidaat BBT bestaan. Waar dit sterk afhankelijk is van de beschouwde instelling en/of lokale omstandigheden kunnen aan de BBT-selectie randvoorwaarden gekoppeld worden.



Figuur 36: Selectie van BBT op basis van scores voor verschillende criteria

Belangrijke opmerkingen bij het gebruik van **Error! Reference source not found.**:

Bij het gebruik van onderstaande tabel mag men volgende aandachtspunten niet uit het oog verliezen:

- De beoordeling van de diverse criteria is onder meer gebaseerd op:
 - ervaring van exploitanten met deze techniek;
 - BBT-selecties uitgevoerd in andere (buitenlandse) vergelijkbare studies;
 - adviezen gegeven door het begeleidingscomité.
 - inschattingen door de auteurs
 - Waar nodig, wordt in een voetnoot bijkomende toelichting verschaft. Voor de betekenis van de criteria en de scores wordt verwezen naar paragraaf 05.1.
- De beoordeling van de criteria is als indicatief te beschouwen, en is niet noodzakelijk in elk individueel geval van toepassing. De beoordeling ontslaat een exploitant dus geenszins van de verantwoordelijkheid om b.v. te onderzoeken of de techniek in zijn/haar specifieke situatie technisch haalbaar is, de veiligheid niet in gevaar brengt, geen onacceptabele milieuhinder veroorzaakt of overmatig hoge kosten met zich meebrengt. Tevens is bij de beoordeling van een techniek aangenomen dat steeds de gepaste veiligheids/milieubeschermdende maatregelen getroffen worden.
- De tabel mag niet als een losstaand gegeven gebruikt worden, maar moet in het globale kader van de studie gezien worden. Dit betekent dat men zowel rekening dient te houden met de beschrijving van de milieuvriendelijke technieken in hoofdstuk 4 als met de vertaling van de tabel naar aanbevelingen en concretisering van de milieuregelgeving in hoofdstuk 6.
- De tabel geeft een algemeen oordeel of de aangehaalde milieuvriendelijke technieken al of niet als BBT aanzien kunnen worden voor bouw- en sloopactiviteiten. Dit wil niet zeggen dat elk bedrijf uit deze sector ook zonder meer elke techniek die als BBT aangegeven wordt, kan toepassen. De bedrijfsspecifieke omstandigheden moeten steeds in acht genomen worden.

Specifieke hindersituatie en indeling maatregelen

Alle beschikbare milieuvriendelijke technieken die in deze studie beschreven zijn, zullen een positieve impact hebben op het geluids- en/of trillingsniveau. Echter hebben sommige maatregelen technische/economische beperkingen. Ook zijn ze niet in alle situaties kosteneffectief (dit wil zeggen dat de kostprijs niet opweegt tegen de beperking van de hinder). Bijna alle maatregelen leiden tot een verhoging van de kosten. Of deze kostprijs opweegt tegen de beperking van de hinder, is niet alleen afhankelijk van de kostprijs zelf maar ook van de specifieke hindersituatie. Veel van de maatregelen zijn in Tabel 12 dus van geval tot geval (vgtg) BBT.

Om die specifieke hindersituatie (geluidsniveau en trillingsfrequentie, tijdstip activiteit, hindergevoeligheid receptoren, duur van de werken, afstand van de bouw- of sloopactiviteit tot dichtstbijzijnde hindergevoelige receptor) mee te nemen in de BBT-selectie, wordt in Hoofdstuk 5.2 een categorisering in 3 niveaus (BBT vgtg - A, BBT vgtg - B en BBT vgtg - C) uitgewerkt waarin de beschikbare technieken die vgtg BBT zijn, worden ingedeeld. De indeling van de maatregelen in deze categorieën is gebeurd in overleg met het begeleidingscomité van deze studie en is weergegeven in Tabel 13. Er werd bij de indeling rekening gehouden met de impact op de werken (bv. duur of manier van werken), cross-media effecten en de kostprijs (bv. investeringskosten of operationele kosten).

Maatregelen die onder categorie BBT vgtg - A worden gecategoriseerd zijn daarbij sneller kosteneffectief¹², dan maatregelen onder categorie BBT vgtg - B of BBT vgtg - C. Hetzelfde geldt voor maatregelen onder categorie BBT vgtg - B ten opzichte van maatregelen onder categorie BBT vgtg - C. Hoe groter de impact van een maatregel is op de werken, de bijhorende kosten en de eventuele cross-media effecten, hoe groter de verwachte hinder moet zijn voordat de maatregel als BBT beschouwd kan worden.

Op basis van deze categorisering kan vervolgens beoordeeld worden welke maatregelen men in welke specifieke hindersituatie in overweging kan nemen. Maatregelen die als BBT geselecteerd zijn, hebben een zodanig grote milieuwinst of lage kosten, dat ze in alle omstandigheden waar hinder vastgesteld of verwacht wordt, redelijk worden geacht, ongeacht de specifieke hindersituatie.

¹² bijkomende kosten staan in een redelijke verhouding ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst

5.1.2 BBT-selectie

Tabel 12: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT

Maatregel	Technische haalbaarheid					Milieuvoordeel										Kostenhaalbaarheid- en effectiviteit	BBT ¹³
	bewezen	veiligheid	algemeen toepasbaar	kwaliteit	globaal	geluid	trillingen	waterverbruik	afvalwater	lucht	bodem	afval	energie	chemicaliën	globaal		
Generieke maatregelen																	
4.2.1 Opleiding en bewustmaking personeel (professionelen)	+	+	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	-	ja
4.2.2 Opstellen geluidsbeheersplan	+	0	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	-	ja
4.2.3 Werkuren beperken	+	0	-	0	-/+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	-	vgtg
4.2.4 Beperken menselijke geluidsbronnen	+	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	ja
4.2.5 Zo gunstig mogelijke indeling werf	+	0	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	+	ja
4.2.6 Rijroutes vrachtverkeer aanpassen aan de omgeving	+	+	-	0	-/+	+	+	0	0	-/+	0	0	-/+	0	-/+	0	vgtg ¹⁴
4.2.7 Transportcapaciteit optimaliseren	+	+	+	0	+	+	+	0	0	+	0	0	+	0	+	+	ja

¹³ Indien BBT vgtg, is de maatregel BBT afhankelijk van specifieke situatie, rekening houdend met hindercriteria (geluidsniveau en trillingsfrequentie, tijdstip activiteit, hindergevoeligheid receptoren, duur van de werken, afstand van de bouw- of sloopactiviteit tot dichtstbijzijnde hindergevoelige receptor), zoals beschreven in hoofdstuk 5.2.

¹⁴ Afhankelijk van de ligging en toegankelijkheid van werf en van het type vrachtverkeer.

Maatregel	Technische haalbaarheid					Milieuvoordeel											Kostenhaalbaarheid- en effectiviteit	BBT ¹²
	bewezen	veiligheid	algemeen toepasbaar	kwaliteit	globaal	geluid	trillingen	waterverbruik	afvalwater	lucht	bodem	afval	energie	chemicaliën	globaal			
4.2.8 Motor voertuigen uitschakelen	+	0	+	0	+	+	+	0	0	+	0	0	0	0	+	+	ja	
4.2.9 Gebruik van een multi-frequentie achteruitrijalarm	+	+	-	0	-/+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	vgtg	
4.2.10 Valhoogte materialen beperken en impactgeluid dempen	+	0	+	0	+	+	+	0	0	+	0	0	0	0	+	-	ja	
4.2.11 Geluids- en trillingsarm materieel gebruiken	+	0	+	0	+	+	+	0	0	0/+	0	0	0/+	0	+	-/--	vgtg	
4.2.12 Materieel voldoende onderhouden	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+	0	+	+	0	+	+	ja	
4.2.13 Geluid- en trillingsdempers plaatsen (materieel)	+	0	-	0	-/+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	-/--	vgtg ¹⁵	
4.2.14 Geluidswerende schermen	+	0	-	0	-/+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	vgtg	
4.2.15 Trillingsreducerende schermen	-	0	-	0	-	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0/+	-/--	neen	
4.2.16 Gebruik van zelfverdichtend beton	+	0	-	+	-/+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	-/--	vgtg	

¹⁵ Niet alle machines laten toe om bijkomend (buiten productieproces) dempers te plaatsen

4.2.17 Gebruik prefab-elementen	+	0	-	0/+	-/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	-/--	vgtg¹⁶
---	---	---	---	-----	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------	--------------------------

Maatregel	Technische haalbaarheid					Milieuvoordeel										Kostenhaalbaarheid- en effectiviteit	BBT ¹²	
	bewezen	veiligheid	algemeen toepasbaar	kwaliteit	globaal	geluid	trillingen	waterverbruik	afvalwater	lucht	bodem	afval	energie	chemicaliën	globaal			
4.2.18 Voorzien van een verfaansluiting indien het volgens netbeheerder mogelijk is	+	0	-	0	-/+	+	+	0	0	+	0	0	+	0	+	-	ja	
4.2.19 Communicatie	+	0	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	-	ja	
4.2.20 Tegemoetkoming	-	0	+	0	-	-/+	-/+	0	0	0	0	0	0	0	-/+	-/--	neen	
Specifieke maatregelen voor funderingswerken																		
4.3.1 Voorboren, voorgraven of voorspuiten	+	0	-	+	-/+	+	+	⁻¹⁷	0	0	0	0	0	0	+	-/--	vgtg	
4.3.2 Funderingspalen boren of schroeven	+	0	-	+	-/+	+	+	0	0	+	0	0	+	0	+	-/--	vgtg¹⁸	
4.3.3 Hydraulisch funderingen heien	+	0	-	+	-/+	+	+	0	0	+	0	0	+	0	+	-/--	vgtg¹⁷	
4.3.4 Fundering hydraulisch indrukken	+	0	-	0	-/+	+	+	0	0	+	0	0	+	0	+	-/--	vgtg¹⁷	
4.3.5 Fundering intrillen	+	0	-	0	-/+	-/+	-/+	0	0	0	0	0	0	0	-/+	-/--	vgtg¹⁷	

¹⁶ Afhankelijk van de benodigde bouwonderdelen. Haalbaarheid beperkt voor 'klassieke' bouwbedrijven.

¹⁷ Enkel bij voorspuiten is er waterverbruik.

¹⁸ Afhankelijk van bodemsamenstelling en te dragen structuur.

4.3.6 Gebruik van een geluidsdempende balg of mantel	+	0	-	0	-/+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-/--	vgtg¹⁹
--	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------	--------------------------

Maatregel	Technische haalbaarheid					Milieuvoordeel											Kostenhaalbaarheid- en effectiviteit	BBT ¹²
	bewezen	veiligheid	algemeen toepasbaar	kwaliteit	globaal	geluid	trillingen	waterverbruik	afvalwater	lucht	bodem	afval	energie	chemicaliën	globaal			
4.3.7 Gebruik van een geluidsdempende heimuts en adapter	+	0	-	0	-/+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-/--	vgtg
4.3.8 Gebruik van een geïsoleerd heiblok	+	-	-	0	-	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-/--	neen
Specifieke maatregelen voor sloopwerken																		
4.4.1 Pyrotechnisch slopen	+	+	-	+	-/+	+	+	0	0	0	0	+	0	0	+	-/--	vgtg	
4.4.2 Hydraulische sloopschaar	+	+	-	+	-/+	+	+	0	0	+	0	+	0	0	+	-	ja	
4.4.3 Zagen en boren	+	+	-	+	-/+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	-/--	vgtg	
4.4.4 Hydraulisch splijten	+	+	-	+	-/+	+	+	0	0	+	0	0	0	0	+	-/--	vgtg	
4.4.5 Drum-cutter	+	+	-	+	-/+	+	+	0	0	0	0	+	0	0	+	-/--	vgtg	
4.4.6 Waterstralen	+	0	-	+	-/+	+	+	-	-	0	0	0	0	0	+/-	-/--	vgtg	

¹⁹ Afhankelijk van doorsnede of lengte van de funderingspaal

Tabel 13: Indeling van maatregelen in categorieën

BBT/Categorie	Maatregel
BBT	4.2.1 Opleiding en bewustmaking personeel (professionelen)
	4.2.2 Opstellen geluidsbeheersplan
	4.2.4 Beperken menselijke geluidsbronnen
	4.2.5 Zo gunstig mogelijke indeling werf
	4.2.7 Transportcapaciteit optimaliseren
	4.2.8 Motor voertuigen uitschakelen
	4.2.10 Valhoogte materialen beperken en impactgeluid dempen
	4.2.12 Materieel voldoende onderhouden
	4.2.18 Voorzien van een werfaansluiting indien het volgens netbeheerder mogelijk is
	4.2.19 Communicatie
BBT vgtg - A	4.4.2 Hydraulische sloopschaar
	4.2.3 Werkuren beperken
	4.2.6 Rijroutes vrachtverkeer aanpassen aan de omgeving
	4.2.9 Gebruik van een multi-frequentie achteruitrijalarm
BBT vgtg - B	4.2.11 Geluids- en trillingsarm materieel gebruiken
	4.2.13 Geluid- en trillingsdempers plaatsen (materieel)
	4.2.14 Geluidswerende schermen
	4.2.16 Gebruik van zelfverdichtend beton
	4.2.17 Gebruik prefab-elementen
	4.3.1 Voorboren, voorgraven of voorspuiten
	4.3.2 Funderingspalen boren of schroeven
	4.3.3 Hydraulisch funderingen heien
	4.3.5 Fundering intrillen
	4.3.6 Gebruik van een geluidsdempende balg of mantel
	4.3.7 Gebruik van een geluidsdempende heimuts en adapter
	4.4.3 Zagen en boren
	4.4.4 Hydraulisch splijten
4.4.5 Drum-cutter	
BBT vgtg - C	4.3.4 Fundering hydraulisch indrukken
	4.4.1 Pyrotechnisch slopen
	4.4.6 Waterstralen

5.2 Bijkomende criteria

Uit Tabel 12 blijkt dat de inzet van de meeste maatregelen slechts van geval tot geval (vgtg) als BBT beschouwd kunnen worden. De mate waarin deze maatregelen inzetbaar zijn, is namelijk afhankelijk van enerzijds de technische/economische beperkingen en lokale omstandigheden (zie hoofdstuk 4 en Tabel 12 BBT-evaluatie), en anderzijds de specifieke hindersituatie. Zoals blijkt uit hoofdstuk 3, is de voorspelling van hinder een complex gegeven, gezien de situatiegebonden verwevenheid van de verschillende hinderbepalende parameters.

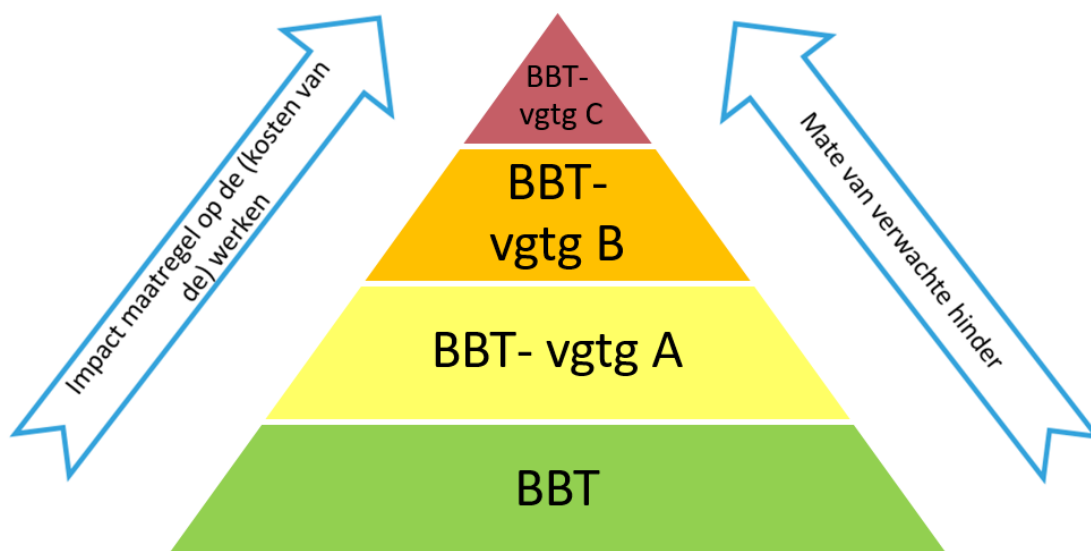
Hieronder wordt een richtinggevend model uitgewerkt, waarbij men afhankelijk van de specifieke hindersituatie een indicatie heeft van welke maatregelen in overweging genomen kunnen worden om de verwachte hinder te beperken. Dit gebeurt door de maatregelen die als BBT vgtg beschouwd worden, op te delen in 3 categorieën of niveaus (BBT vgtg - A, BBT vgtg - B en BBT vgtg - C). Niveau C is hierbij het niveau waaronder maatregelen worden opgenomen die toegepast kunnen worden in geval van zeer grote hinder. Niveau B geldt voor maatregelen die toegepast worden bij grote hinder en niveau A is het niveau voor maatregelen toegepast in situaties met beperkte hinder (zie Figuur 37).

De invulling van deze categorieën gebeurt aan de hand van een aantal hieronder verder uitgewerkte hinderbepalende criteria, namelijk:

- Geluidsniveau
- Hindergevoeligheid receptoren
- Afstand van de bouw- of sloopactiviteit tot dichtstbijzijnde hindergevoelige receptor
- Duur van de werken
- Tijdstip van bouw- of sloopactiviteit

Naast deze criteria zijn er nog een aantal bijkomende hinderbepalende factoren, die in eerste instantie niet worden geïntegreerd in dit model maar waarmee wel rekening gehouden kan worden bij de uiteindelijke keuze van de maatregelen. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de aanwezigheid van geluidswerende (natuurlijke) barrières of weerkaatsing van het geluid.

Vervolgens worden de maatregelen die BBT vgtg zijn gecategoriseerd onder de 3 niveaus, zoals beschreven in 5.1.1 Methodologie BBT-selectie en weergegeven in tabel 13. Echter, wanneer een specifieke hindersituatie overeenkomt met een bepaalde categorie, zal men ook maatregelen opgenomen onder de lagere categorieën in overweging moeten nemen. Bijvoorbeeld bij indeling in categorie BBT vgtg - C, zal men ook maatregelen in categorie BBT vgtg - B, BBT vgtg - A en BBT moeten overwegen. De maatregelen ingedeeld in lagere categorieën, kan men daarbij vaak ook in een hogere intensiteit of gradatie doorvoeren. Dit betekent dat men in categorie BBT vgtg - C diepgaander moet onderzoeken of onderbouwen hoe de maatregelen (ook in lagere categorieën) kunnen beantwoorden aan de verwachte (of vastgestelde) hinder.



Figuur 37: Illustratieve weergave van de categorisering

Dit instrument helpt dus te bepalen welke maatregelen in overweging genomen kunnen worden, afhankelijk van de verwachte hinder. Wanneer de bouw- en sloopactiviteiten van start gaan, kan het zijn dat men alsnog vaststelt dat er meer of minder hinder is dan verwacht (bijvoorbeeld door verkeerdelijke inschatting bijkomende hinderbepalende factoren). In die gevallen kan men de maatregelen van een niveau hoger of lager in overweging nemen, of maatregelen in een andere intensiteit gaan toepassen. Algemeen wordt bij het overwegen van de maatregelen rekening gehouden met de toepasbaarheid van de maatregel (zoals beschreven in hoofdstuk 4), de bron waarop de maatregel werkt (pakt de maatregel de geluids- of trillingshinder van de beoogde bron aan), de focus op de belangrijkste bron(nen) van geluids- en trillingshinder (één belangrijke geluidsbron die de anderen overstemt, of combinatie van geluidsbronnen) en het milieuvoordeel (beperking geluids- of trillingshinder, zie hoofdstuk 4) dat geboekt wordt. Meerdere maatregelen kunnen gecombineerd worden om de gewenste hinderbeperking te bekomen.

Er wordt geen apart instrument uitgewerkt voor trillingshinder. Er zijn namelijk minder maatregelen beschikbaar om trillingshinder te beperken en de beschikbare maatregelen zorgen meestal ook voor een beperking van de geluidshinder. Daarnaast zijn er voor het beperken van trillingen minder handvaten beschikbaar op basis waarvan eventueel aparte criteria geselecteerd kunnen worden om specifieke hindersituaties in te delen. Een pragmatische benadering van de beschikbare maatregelen ten opzichte van de specifieke situatie is aangewezen.

Geluidsniveau

Het geluidsniveau van de bouw- en sloopactiviteiten is de belangrijkste parameter in de hinderbepaling. Het is aangewezen dit niveau af te zetten tegenover het oorspronkelijke omgevingsgeluid op de locatie van de ontvanger van het geluid. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen lawaaierige en zeer lawaaierige activiteiten, waarbij de grens ligt op een geluidsvermogeniveau L_w van 105 dB(A).

Bij de inschatting van het verwachte geluidsniveau is het verder belangrijk dat men - bij het in overweging nemen van de hinderbeperkende maatregelen - focust op de meest lawaaierige geluidsbron(nen). Dit kan één activiteit zijn die alle andere geluidsbronnen

overstemt, ofwel een combinatie van geluidsbronnen die opgeteld (zie hoofdstuk 3.2.1; optellen van geluid) voor het hoogste geluidsniveau zorgen.

Activiteiten met een $L_w > 105$ dB(A) worden als *zeer lawaaierig* beschouwd. Het kan hier bijvoorbeeld gaan over volgende activiteiten (voor indicatie geluidsvermogeniveau zie 3.2.4):

- Heiwerkzaamheden
- Slopen met explosieven
- Werken met lawaaierige machines, zoals:
 - o Boorhamers (pneumatisch of hydraulisch)
 - o Lint- en cirkelzagen
 - o (grond)Boorinstallaties
 - o Snijmachines
- Gelijkaardige activiteiten

Bouw- en sloopactiviteiten met $L_w \leq 105$ dB(A) worden beschouwd als *gewoon lawaaierig*.

Naast het geluidsvermogen van de bron, zijn er nog enkele bijkomende parameters die gaan bepalen wat het geluidsniveau ter hoogte van de ontvanger is, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van geluidswerende barrières of weerkaatsing van geluid (zoals beschreven in 3.2.4).

Het is hierbij aangewezen de indeling in '*zeer lawaaierig*' of '*gewoon lawaaierig*' toe te passen per activiteit of werffase. Gedurende de volledig duur van de werken kan het dus zijn dat men wisselt van indeling en dus bijhorende categorieën. Als men in verschillende werffases zeer lawaaierige activiteiten uitvoert, is het waarschijnlijk efficiënter om permanent de categorisering voor zeer lawaaierige activiteiten te hanteren. Waarbij bepaalde maatregelen van een hoger niveau mogelijk slechts voor beperkte tijd dienen te worden toegepast (bv. zolang de zeer lawaaierige activiteit wordt uitgevoerd).

De categorie waarin een werf zich bevindt, is niet alleen afhankelijk van dit criterium en zal dus slechts in bepaalde gevallen doorslaggevend zijn bij het bepalen van de gepaste categorie. Daarbij wordt steeds de strengste categorie gevolgd tijdens de zeer lawaaierige periode (zie voorbeeldsituaties).

Hindergevoeligheid receptoren

Vervolgens is de hindergevoeligheid van de receptoren een parameter die in rekening wordt gebracht bij de hinderbepaling. Zoals besproken in 3.2.2 is de gevoeligheid voor geluidshinder een subjectief gegeven. Wel zijn bepaalde groepen of bestemmingen gevoeliger voor geluidshinder dan anderen. Als '*hindergevoelige*' receptoren verstaan we hier de stiltebehoevende instellingen en zones (zoals gedefinieerd in Art. 4.5.6.1 van VLAREM II), alsook woningen. Dit sluit niet uit dat andere bestemmingen of gebieden geluidshinder kunnen ondervinden, maar de potentiële (gezondheids)impact is er kleiner. Alle andere bestemmingen beschouwen we hier als niet-gevoelig.

In deze parameter kan ook het aantal (potentieel) gehinderden worden vervat. Afhankelijk van de locatie, het tijdstip en de aard van de bouw- en sloopactiviteiten kan het aantal (potentieel) gehinderden sterk variëren. Zo kunnen er veel receptoren zich buiten de hindergevoelige bestemmingen bevinden, en andersom kunnen er in een hindergevoelige bestemming ook momenten zijn dat er geen potentieel gehinderden aanwezig zijn. Een pragmatische aanpak is hier dus aangewezen.

Afstand van de bouw- of sloopactiviteit tot dichtstbijzijnde hindergevoelige receptor

Het geluidsniveau ter hoogte van de receptor is afhankelijk van de afstand tot de bouw- of sloopactiviteit. Overwegende de bepalingen in VLAREM II en het feit dat de geluidsimmissie een logaritmische schaal volgt, nemen we hier 200 m en 500 m als basisafstanden. Deze afstanden worden immers courant gehanteerd in VLAREM II-context. Volgens VLAREM II-bijlage 4.5.1 wordt namelijk het geluidsniveau gemeten op 200 m van de bron, en in de bepalingen van VLAREM II-bijlage 2.2.1 wordt 500 m gebruikt om gebieden voor milieukwaliteitsnormen te bepalen.

Echter zal het immissieverschil en dus ook de potentiële hinder groter zijn tussen 0 en 200 m dan tussen 200 en 500 m. Daarom maken we hier een bijkomend onderscheid tussen 100 en 200 m voor hindergevoelige receptoren, aangezien hinder op deze afstanden relatief gezien het meest voorkomt.

Duur van de werken

Ook de duur van de werken bepaalt mee de hinderervaring in de buurt van de bouw- of sloopactiviteit. In het algemeen kan gesteld worden dat hoe langer de bouw- of sloopactiviteiten uitgevoerd worden, hoe groter de kans op hinder is (BSI, 2008).

Daarenboven zullen bepaalde maatregelen pas economisch haalbaar en dus toepasbaar zijn, wanneer ze voor een langere tijd ingezet kunnen worden. Op basis van overleg met het begeleidingscomité van deze BBT-studie, wordt er een onderscheid gemaakt tussen activiteiten die 0 tot 8 weken duren, activiteiten die 8 weken tot 1 jaar duren en activiteiten die langer dan een jaar duren.

Op die manier komen de 'strengere' maatregelen eerder in aanmerking voor grote, langdurige bouw- en sloopactiviteiten, waar kleinere werven of kortdurende bouw- en sloopactiviteiten minder snel belast worden met 'strengere' maatregelen. Er kan namelijk verondersteld worden dat opdrachtgevers van grote, langdurige werven een grotere financiële draagkracht hebben en meer technische expertise kunnen aanwenden, dan kleinere bouw- en sloopactiviteiten van bijvoorbeeld particulieren.

Niet alle bouw- en sloopactiviteiten op een bepaalde site worden aansluitend uitgevoerd, en niet alle bouw- of sloopactiviteiten veroorzaken geluids- of trillingsniveau's die hinder kunnen veroorzaken. Bij de berekening van de duur van de werken kan men daarom het aantal weken²⁰ dat lawaaierige werken stilliggen (voorzien, zoals bv. bouwverlof of onvoorzien, zoals bv. weersomstandigheden), aftrekken van de totale duurtijd.

Tijdstip van bouw- of sloopactiviteit

Na het geluidsniveau van de bouw- en sloopactiviteit is het tijdstip waarom de bouw- of sloopactiviteit een belangrijke parameter om hinder te bepalen. Uit de analyse van de milieuklachten (zie hoofdstuk 3.2.3) blijkt dat de hindergevoeligheid 's avonds (19u-23u), 's nachts (23u-7u) en op zon- en feestdagen het grootst is. Dit zijn momenten waarop standaardwerken stilliggen, als we er vanuit gaan dat de werkuren zich doorgaans tussen 7u en 19u concentreren. In VLAREM II worden met het oog op hinderbeperking rustversturende activiteiten meestal verboden tussen 19u en 7u en op zon- en feestdagen. We volgen dit onderscheid hier.

²⁰ Om deze berekening werkbaar te houden, kunnen enkel aansluitende periodes van één week of meer afgetrokken worden. Zodra er een 'stille' periode is van 4 opeenvolgende werkdagen, kan deze worden meegeteld als volledig week.

Voorstel categorisering

Op basis van de hindercriteria komen we tot volgende voorstel voor categorisering, waarbij de mate van verwachte hinder bepaalt welke maatregelen overwogen kunnen worden:

Gewoon lawaaijerige geluidsbronnen ($L_w \leq 105 \text{ dB(A)}$):

- 7-19u

	afstand activiteit tot receptor/gevoeligheid receptor				
	0-100m/ gevoelig	100-200m/ gevoelig	200-500m/ gevoelig of 0-200m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ gevoelig of 200-500m niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ niet-gevoelig
duur werken					
0-8 weken	BBT vgtg - A	BBT	BBT	BBT	BBT
8 weken -1 jaar	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT	BBT	BBT
>1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT	BBT

- 's Nachts (19-7u), 's avonds, zon- en feestdagen

	afstand activiteit tot receptor/gevoeligheid receptor				
	0-100m/ gevoelig	100-200m/ gevoelig	200-500m/ gevoelig of 0-200m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ gevoelig of 200-500m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ niet-gevoelig
duur werken					
0-8 weken	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT vgtg - A	BBT
8 weken -1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT vgtg - A	BBT
>1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - B	BBT

Zeer lawaaijerige geluidsbronnen ($L_w > 105 \text{ dB(A)}$):

- 7-19u

	afstand activiteit tot receptor/gevoeligheid receptor				
	0-100m/ gevoelig	100-200m/ gevoelig	200-500m/ gevoelig of 0-200m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ gevoelig of 200-500m niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ niet-gevoelig
duur werken					
0-8 weken	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT	BBT	BBT
8 weken -1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT	BBT
>1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT

- 's Nachts, 's avonds, zon- en feestdagen

	afstand activiteit tot receptor/gevoeligheid receptor				
	0-100m/ gevoelig	100-200m/ gevoelig	200-500m/ gevoelig of 0-200m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ gevoelig of 200-500m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ niet-gevoelig
duur werken					
0-8 weken	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT
8 weken -1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT

>1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - A
---------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Theoretische invulling categorisering

Als basis voor bovenstaande categorisering werden de milieukwaliteitsnormen en geluidsnormen voor als hinderlijk ingedeelde inrichtingen gebruikt, zoals opgenomen in VLAREM II. Voor de gevoelige receptoren werd gekeken naar de normen voor woongebieden, al dan niet gelegen binnen 500 m van industriegebied, gebied voor gemeenschapsvoorzieningen of gebied voor openbare nutsvoorzieningen. Voor niet-gevoelige receptoren werden deze van de industriegebieden, gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en gebieden voor openbare nutsvoorzieningen gebruikt. Op basis van de verwachte geluidsemissie en -immissie en rekening houdend met de duurtijd van de werken, het tijdstip en de afstand tot de bouw- en sloopactiviteiten werden de categorieën 'BBT', 'BBT vgtg - A', 'BBT vgtg - B' en 'BBT vgtg - C' toegekend. Naarmate de werken langer duren, deze doorgaan tijdens het weekend en de nacht en de receptoren zich dichterbij de werf bevinden wordt een hogere categorie van maatregelen toegekend.

Hierbij wordt aangenomen dat voor de categorie 'BBT' de geluidsimmissie van de bouw- en sloopactiviteiten niet hinderlijker is dan deze van de als hinderlijk ingedeelde inrichtingen en dat naarmate de geluidsimmissie hoger is bijkomende maatregelen genomen moeten worden om deze hinder tot een minimum te beperken (categorieën BBT vgtg - A, BBT vgtg - B en BBT vgtg - C).

Voorbeeldsituaties

Aan de hand van enkele fictieve voorbeeldsituaties wordt geïllustreerd hoe de categorisering gebruikt kan worden. Onderaan wordt weergegeven waar de voorbeelden zich in de categoriseringstabellen bevinden.

- Voorbeeld 1: Op 120 m van een woonwijk worden nieuwe appartementen gebouwd. Daarvoor moet er eerst nog de huidige appartementsblok gesloopt worden. Bij het slopen wordt gedurende anderhalve week het appartementsgebouw ontmanteld met pneumatische boorhamers en slijpschijven ($L_w > 105$ dB(A)), om vervolgens neergehaald te worden met onder andere hydraulische sloopscharen. Na de sloop kan men de funderingswerken aanvangen, om vervolgens over te gaan tot de ruwbouw en tot slot de afwerkingsfase. Vanaf de aanvang tot de sloopwerken tot oplevering van de nieuwe appartementen duren de werken 2,5 jaar. Daarin zitten in totaal 8 weken bouwverlof. Er wordt enkel gewerkt van 7u 's ochtends tot 18u 's avonds. De criteria voor het bepalen van de categorie(ën) kunnen als volgt worden samengevat:
 - o Geluidsniveau:
 - 1,5 week: $L_w > 105$ dB(A)
 - Overige tijd $L_w < 105$ dB(A)
 - o Hindergevoelige receptoren op 120m
 - o Duur van de werken: 2,5 jaar – 8 weken = 2 jaar 4 maanden
 - o Tijdstip: steeds van 7u 's ochtends tot 18u 's avonds

Besluit: Categorie waarin werken zijn ingedeeld: BBT vgtg - B

Categorie van toepassing tijdens de 'zeer lawaaierige' fase (boorhamers en slijpschijven) van de werken: BBT vgtg - A

Categorie BBT vgtg - B is strenger dan categorie BBT vgtg - A, dus ook tijdens de 'zeer lawaaijerige' fase worden de maatregelen ingedeeld onder categorie BBT vgtg - B in overweging genomen.

- Voorbeeld 2: Het Agentschap Wegen en Verkeer moet een noodherstelling uitvoeren van het wegdek van een toegangsweg tot een industriegebied, waarbij de dichtstbijzijnde hindergevoelige receptor (rusthuis) zich op 750m bevindt. Omdat deze weg druk bereiden wordt en het de enige toegangsweg tot het industriegebied is, wordt de herstelling 's nachts uitgevoerd van 22u tot 6u, gedurende 1 nacht. De bovenste verharding wordt van de fundering gefreesd met een freesmchine met een Lw van 120 dB(A). De criteria voor het bepalen van de categorie(ën) kunnen als volgt worden samengevat:
 - o Geluidsniveau: Lw = 120 dB(A)
 - o Hindergevoelige receptoren op 750 m
 - o Duur van de werken: 1 nacht (~halve dag)
 - o Tijdstip: van 22u tot 6u

Besluit: Categorie waarin werken zijn ingedeeld: BBT vgtg - A

- Voorbeeld 3: Een particulier renoveert een woonhuis, gelegen in een woonwijk. De nodige breekwerken, met sloophamers (Lw >105 dB(A)), nemen 1 week in beslag. Vervolgens begint men met het vloeren, het bepleisteren van muren, het vervangen van de ramen, enz. In totaal duren de werken 1 jaar en 1 maand. Tijdens de wintermaanden hebben de werken echter 2 maanden stilgelegen. Er wordt enkel overdag, vanaf 7u tot ten laatste 19u gewerkt. De criteria voor het bepalen van de categorie(ën) kunnen als volgt worden samengevat:
 - o Geluidsniveau:
 - 1 week: Lw >105 dB(A)
 - Overige tijd Lw <105 dB(A)
 - o Hindergevoelige receptoren op <100m
 - o Duur van de werken: 1 jaar 1 maand – 2 maanden = 11 maanden
 - o Tijdstip: van 7u tot 19u

Besluit: Categorie waarin werken zijn ingedeeld: BBT vgtg - B

Categorie van toepassing tijdens de 'zeer lawaaijerige' fase (sloophamer) van de werken: BBT vgtg - B

Gedurende de volledige duur van de werken, neemt men maatregelen in overweging ingedeeld onder categorie BBT vgtg - B.

Categorisering voorbeeldsituaties

Gewoon lawaaijerige geluidsbronnen (Lw ≤105 dB(A)):

- 7-19u

duur werken	afstand activiteit tot receptor/gevoeligheid receptor				
	0-100m/ gevoelig	100-200m/ gevoelig	200- 500m/ gevoelig of 0-200m/ niet- gevoelig	>500- ≤1000m/ gevoelig of 200-500m niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ niet-gevoelig
0-8 weken	BBT vgtg - A	BBT	BBT	BBT	BBT
8 weken -1 jaar	BBT vgtg - B/ Voorbeeld 3	BBT vgtg - A	BBT	BBT	BBT
>1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B/ Voorbeeld 1	BBT vgtg - A	BBT	BBT

- 's Nachts (19-7u), 's avonds, zon- en feestdagen

afstand activiteit tot receptor/gevoeligheid receptor	
---	--

duur werken	0-100m/ gevoelig	100-200m/ gevoelig	200-500m/ gevoelig of 0-200m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ gevoelig of 200-500m/ niet-gevoelig	>500-≤1000m/ niet-gevoelig
0-8 weken	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT vgtg - A	BBT
8 weken -1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT vgtg - A	BBT
>1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - B	BBT

Zeer lawaaierige geluidsbronnen ($L_w > 105\text{dB(A)}$):

- 7-19u

afstand activiteit tot receptor/gevoeligheid receptor					
duur werken	0-100m/ gevoelig	100-200m/ gevoelig	200-500m/ gevoelig of 0-200m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ gevoelig of 200-500m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ niet-gevoelig
0-8 weken	BBT vgtg - B/ Voorbeeld 3	BBT vgtg - A/ Voorbeeld 1	BBT	BBT	BBT
8 weken -1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT	BBT
>1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT

- 's Nachts, 's avonds, zon- en feestdagen

afstand activiteit tot receptor/gevoeligheid receptor					
duur werken	0-100m/ gevoelig	100-200m/ gevoelig	200-500m/ gevoelig of 0-200m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ gevoelig of 200-500m/ niet-gevoelig	>500- ≤1000m/ niet-gevoelig
0-8 weken	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A/ Voorbeeld 2	BBT
8 weken -1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - B	BBT vgtg - A	BBT
>1 jaar	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - C	BBT vgtg - A

5.3 Conclusies

Op basis van Tabel 12 zijn er 11 maatregelen die onafhankelijk van de specifieke hindersituatie als BBT beschouwd kunnen worden, namelijk:

- 4.2.1 Opleiding en bewustmaking personeel (professionelen)
- 4.2.2 Opstellen geluidsbeheersplan
- 4.2.4 Beperken menselijke geluidsbronnen
- 4.2.5 Zo gunstig mogelijke indeling werf
- 4.2.7 Transportcapaciteit optimaliseren
- 4.2.8 Motor voertuigen uitschakelen
- 4.2.10 Valhoogte materialen beperken en impactgeluid dempen
- 4.2.12 Materieel voldoende onderhouden
- 4.2.18 Voorzien van een werfaansluiting indien het volgens netbeheerder mogelijk is

- 4.2.19 Communicatie
- 4.4.2 Hydraulische sloopschaar

De overige maatregelen zijn slechts BBT van geval tot geval, omdat hun haalbaarheid afhankelijk is van lokale omstandigheden en de specifieke hindersituatie. Deze laatste wordt bepaald aan de hand van 5 criteria die een categorisering van de maatregelen toelaten. Afhankelijk van de categorie waarin een werf wordt geklasseerd, kan men de bijhorende maatregelen in overweging nemen om de geluids- en trillingshinder te beperken.

DRAAFT

6.1 Aanbevelingen voor milieubeleid

Indien dit wenselijk geacht wordt, kan de BBT-evaluatie in deze studie de basis vormen voor een code van goede praktijk. Er zijn ook bestaande beleidsinstrumenten waarop de in deze studie beschreven BBT aansluiting kunnen vinden, alsook instrumenten die reeds hun nut bewezen in het buitenland. Een aantal van deze worden hieronder toegelicht.

Bij het gebruik van de BBT in het milieubeleid, is het aangewezen om rekening te houden met de voornaamste initiatiefnemer van de maatregelen. Wie de maatregelen kan initiëren, verschilt namelijk van maatregel tot maatregel. Algemeen kan gesteld worden dat de aannemer de maatregelen zal toepassen. Maar er kan niet van de aannemers verwacht worden dat zij hiervoor altijd zelf het initiatief nemen (bijvoorbeeld omdat bedrijven die kostelijke maatregelen implementeren mogelijk concurrentieel nadeel ondervinden). Hierdoor is er voor bepaalde maatregelen een initiërende rol weggelegd voor de regelgevende overheid (bv. gemeentelijk niveau, regionale overheid, politie, productnormering, ...), of de opsteller van het lastenboek (bv. openbare aanbesteding door overheid of bouwheer van groot bouwproject). In bepaalde gevallen, vooral bij de technische maatregelen, zal het initiatief en de toepassing van maatregelen in overleg gebeuren tussen de opsteller van het lastenboek (opdrachtgever) en de aannemer. Bij particuliere doe-het-zelvers zal het voorgestelde onderscheid in initiatiefnemers minder duidelijk zijn, omdat daar de rol van aannemer en opdrachtgever samenvalt, en er normaal gezien dus geen sprake is van een lastenboek.

De maatregelen die BBT zijn, zullen vaker door de aannemer (professional of particulier) zelf geïnitieerd kunnen worden, waar de maatregelen BBT-vgtg eerder door de opsteller van het lastenboek of de regelgevende overheid gevraagd zullen worden. In Tabel 14 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste initiatiefnemer(s) per maatregel.

Tabel 14: Overzicht van de belangrijkste initiatiefnemer(s) per maatregel (BBT of BBT vgtg)

Maatregel	Initiatiefnemer		
	Regelgevende overheid	Opsteller lastenboek	Aannemer
Generieke maatregelen			
4.2.1 Opleiding en bewustmaking personeel (professionelen)			X
4.2.2 Opstellen geluidsbeheersplan	X	X	
4.2.3 Werkuren beperken	X		
4.2.4 Beperken menselijke geluidsbronnen			X
4.2.5 Zo gunstig mogelijke indeling werf			X
4.2.6 Rijroutes vrachtverkeer aanpassen aan de omgeving	X	X	
4.2.7 Transportcapaciteit optimaliseren			X

4.2.8 Motor voertuigen uitschakelen			X
4.2.9 Gebruik van een multi-frequentie achteruitrijalarm	X	X	
4.2.10 Valhoogte materialen beperken en impactgeluid dempen			X
4.2.11 Geluids- en trillingsarm materieel gebruiken	X	X	
4.2.12 Materieel voldoende onderhouden			X
4.2.13 Geluid- en trillingsdempers plaatsen (materieel)	X	X	
4.2.14 Geluidswerende schermen	X	X	
4.2.16 Gebruik van zelfverdichtend beton		X	X
4.2.17 Gebruik prefab-elementen		X	X
4.2.18 Voorzien van een werfaansluiting indien het volgens netbeheerder mogelijk is		X	X
4.2.19 Communicatie	X	X	X
Specifieke maatregelen voor funderingswerken			
4.3.1 Voorboren, voorgraven of voorspuiten		X	X
4.3.2 Funderingspalen boren of schroeven		X	X
4.3.3 Hydraulisch funderingen heien		X	X
4.3.4 Fundering hydraulisch indrukken		X	X
4.3.5 Fundering intrillen		X	X
4.3.6 Gebruik van een geluidsdempende balg of mantel		X	X
4.3.7 Gebruik van een geluidsdempende heimuts en adapter		X	X
Specifieke maatregelen voor sloopwerken			
4.4.1 Pyrotechnisch slopen		X	X
4.4.2 Hydraulische sloopschaar			X
4.4.3 Zagen en boren		X	X
4.4.4 Hydraulisch splijten		X	X
4.4.5 Drum-cutter		X	X
4.4.6 Waterstralen		X	X

6.1.1 Maatregelen opnemen in het lastenboek (bij overheidsopdrachten)

Bij grotere bouw- of sloopprojecten wordt meestal een lastenboek of bestek opgemaakt. Hierin worden alle uit te voeren werken beschreven en worden de juridische, administratieve en technische bepalingen opgenomen. Er kunnen ook bepaalde uitvoeringsvoorwaarden opgenomen worden waaraan de aannemer en eventuele onderaannemers zich moet houden, bijvoorbeeld om de geluidshinder van de werf te beperken.

Dit kan in algemene termen, zoals opgenomen in het standaard bouwtechnisch bestek voor woningbouw van de Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen: *"De aannemer moet zijn machines en het aangewende materieel voorzien van alle geluidsdempende middelen die de techniek hem ter beschikking stelt. In het bijzonder bij werkzaamheden in stedelijke omgevingen moet de geluidshinder tot een minimum beperkt worden, conform eventuele gemeentelijke voorschriften. Alle gebeurlijke klachten en/of boetes zijn ten laste van de aannemer."*

Een bestek laat echter ook toe om meer in detail te beschrijven welke eventuele hinderbeperkende maatregelen genomen moeten worden door de aannemer (bijvoorbeeld het plaatsen van geluidsschermen of beperken van werftransport). In de uitvoeringsvoorwaarden kunnen onder andere ook werkuren, geluidsniveaus, monitoringsmethodes en communicatievereisten worden opgenomen.

Het initiatief om maatregelen op te nemen in het lastenboek ligt bij de opdrachtgever van de werken. Die opdrachtgever zal niet altijd over de nodige technische kennis beschikken om het bestek in deze zin op te maken. Voorschriften op gemeentelijk/regionaal niveau blijven dan ook noodzakelijk. De uitgebreidheid en de mate van detail waarin maatregelen worden opgenomen in het lastenboek, kan afgestemd worden op de aard van de werken die worden uitgevoerd en de daarbij horende potentiële hinder.

Gezien ook heel wat overheden als opdrachtgever voor bouw- en sloopwerken optreden, kunnen deze hierin een voorbeeldrol opnemen en op die manier aannemers, leveranciers en verhuurders van bouw- en sloopmaterieel aanzetten en stimuleren om meer in te zetten op geluids- en trillingsbeperking. Daarbij hebben bedrijven die reeds over het nodige materieel beschikken een concurrentievoordeel, en zullen andere bedrijven dus economisch gestimuleerd worden om eveneens te gaan werken met geluids- en trillingsarm materieel.

6.1.2 Charter werftransport

Zoals beschreven onder maatregel *4.2.6 Rijroutes vrachtverkeer aanpassen aan omgeving*, hebben de Vlaamse Stichting Verkeerskunde (VSV), de Vlaamse Overheid, lokale overheden (vertegenwoordigd door VVSG), Confederatie Bouw, Bouwunie en de beroepsvereniging van de bouwhandelaar (FEMA) in 2017 een 'Charter Werftransport' uitgewerkt met als doel de veiligheid, leefbaarheid en bereikbaarheid in schoolomgevingen te verhogen bij private en publieke bouw- en wegenwerken.

Gemeenten die dit charter ondertekenen engageren zich om via een aanspreekpunt en actieve communicatie met aannemers en bouwheren het werftransport in de buurt van schoolomgevingen, schoolroutes en routes met veel kwetsbare weggebruikers te vermijden. Het aanspreekpunt zoekt samen met de aannemers en bouwheren naar alternatieve routes, waarbij onder andere vooropgesteld dat het werftransport zo veel mogelijk het hoger wegennet gebruikt. Aannemers en handelaren verbinden zich er ook toe om hun leveranciers en transporteurs van bouwmaterialen in kennis te stellen van het charter.

Geluids- en trillingshinder afkomstig van werftransport beperken zou een bijkomende doelstelling kunnen zijn in het Charter Werftransport, gezien dit de leefbaarheid in de omgeving van de werf ten goede komt. Hierbij kan men gebruik maken van de reeds bestaande aanspreekpunten. Zo kunnen aannemers en bouwheren op een toegankelijke, gekende manier terecht bij de gemeenten. De aangesloten gemeenten hebben ook al ervaring opgebouwd met het uitstippelen van alternatieve routes, waardoor het mogelijk moet zijn om eventueel bijkomende criteria (bv. vermijden van hindergevoelige receptoren of manoeuvreren) in rekening te brengen bij de routebepaling.

6.1.3 Minder hinder

Daarnaast is er het 'Minder Hinder'-plan dat uitgewerkt werd door het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV), zoals eveneens beschreven onder *4.2.6 Rijroutes vrachtverkeer aanpassen aan omgeving*. Het doel hiervan is om de organisatie van wegenwerken te verbeteren, de veiligheid te verhogen en de hinder voor de weggebruikers te beperken, door de bereikbaarheid te verzekeren en over de werken te communiceren (zie maatregel *4.2.19 Communicatie*). Hoewel het Minder Hinder Platform en bijhorend draaiboek de laatste jaren in onbruik zijn geraakt, voert het AWV nog steeds een beleid met minderhindermaatregelen. Daarbij staat communicatie centraal en wordt er bij werken

op snelwegen samengewerkt met protocolpartners (Touring, VAB, Truckersfederatie,...) en bij werken op gewestwegen ook met steden en gemeenten, omwonenden, handelaars en hulpdiensten. Dit communicatiekanaal kan ook gebruikt worden om mensen die mogelijk hinder zullen ondervinden, tijdig te informeren en hen geïnformeerd te houden over de verschillende bouwfases, de duurtijd van de werken en de verwachte geluidsniveaus.

6.1.4 Gedragscode

Naast communicatie kan men ook inzetten op de relatie tussen bouw- en sloopbedrijven en de omgeving waarin ze actief zijn. Zoals beschreven in maatregel 4.2.19 *Communicatie* werd in Nederland door de bouwsector (onder de naam Stichting Bewuste Bouwers) een vrijwillig en onafhankelijk instrument ontwikkeld om het mogelijk te maken de relaties tussen een bouwplaats en haar omgeving te verbeteren. In de bijhorende gedragscode worden concrete handvaten aangereikt hoe het personeel actief op de bouwplaats met minder hinder kan werken. Mocht er op Vlaamse niveau een gelijkaardige gedragscode opgesteld worden kunnen daarin maatregelen opgenomen worden zoals beschreven in deze BBT-studie (bv. opleiding en bewustmaking personeel, beperken menselijke geluidsbronnen, motor voertuigen uitschakelen,...).

6.1.5 Inzetten op verhuur- en leasemarkt bouw- en sloopmaterieel

Zoals beschreven onder maatregel 4.2.11 *Geluids- en trillingsarm materieel gebruiken*, is men als bouw- of sloopbedrijf afhankelijk van het marktaanbod van geluids- en trillingsarm bouw- en sloopmaterieel. Gezien het feit dat bedrijven niet altijd eigenaar zijn van het gebruikte materieel maar dit materieel ook huren en leasen, kan het voor de regelgevende overheid interessant zijn om op die markt in te zetten. Geluids- en trillingsarm materieel kan er namelijk sneller doorgang vinden omdat het gebruik en dus ook de rotatie van materieel hoger is. Daarnaast groeit de Europese en Belgische markt van bouwmaterieelverhuur jaarlijks met enkele procenten. Deze groei zorgt ervoor dat verhuurbedrijven voldoende vertrouwen hebben om investeringen te doen, en daarbij ook inzetten op verbeterde dienstverlening (Bouwmachines, 2017).

De bouw- en sloopbedrijven zien het huren van materieel als een efficiëntere inzet van hun kapitaal en kunnen ook toegang krijgen tot een grotere reeks materieel inclusief service en onderhoud. De bedrijven moeten ook minder tijd en middelen investeren in het conform blijven met de regelgeving (Bouwmachines, 2017).

Voor de verhuurbedrijven is het dan weer economisch interessant om recent, geluids- en trillingsarm materieel aan te bieden, vanwege het potentiële concurrentievoordeel wanneer een opdrachtgever bijvoorbeeld vraagt dat er met geluids- en trillingsarm materieel gewerkt wordt en de aannemer daarnaar op zoek gaat bij de verhuurbedrijven. De verhuur- en leasemarkt van bouw- en sloopmaterieel kan dus een belangrijke rol spelen in een geluids- en trillingsarmere uitvoering van bouw- en sloopactiviteiten.

6.1.6 Faciliteren van werfaansluitingen

Zoals beschreven onder maatregel 4.2.18 *Voorzien van een werfaansluiting indien het volgens netbeheerder mogelijk is*, bleek uit overleg met de bouwsector dat de netbeheerder niet altijd het nodige (piek)vermogen kan of wenst te leveren. Gezien er belangrijke milieuwinsten geboekt kunnen worden (naast minder geluids- en

trillingshinder ook geen plaatselijke luchtmissies), is het aanbevolen om in te zetten op het faciliteren van werfaansluitingen met aandacht voor grote vermogens. Dit kan door de termijnen en dossierkosten te beperken, en door omkaderende maatregelen die de hoge kosten bij een aansluiting voor grote vermogens kunnen beperken of compenseren.

6.1.7 Informatiecampagne

Deze BBT-studie kan de basis vormen van een sensibiliserende informatiecampagne om particulieren of professionele opdrachtgevers of aannemers aan te zetten tot geluids- en trillingsarmer werken bij het uitvoeren van bouw- en sloopactiviteiten. Door de mogelijke en meest voorkomende bronnen van hinder te identificeren en vervolgens de (generieke) maatregelen toe te lichten, informeert men mensen in de bouw over deze hinderproblematiek en rijkt men mogelijke oplossingen aan. Dergelijke campagne kan bijvoorbeeld de vorm aannemen van een folder of webpagina die via de geijkte kanalen (sectorfederaties, doe-het-zelfzaken,...) tot bij het doelpubliek wordt gebracht.

In dit hoofdstuk worden een aantal technieken in opkomst besproken die bij de opmaak van de BBT-studie werden geïdentificeerd. Technieken in opkomst zijn nieuwe technieken voor een industriële activiteit die, als zij commercieel worden ontwikkeld, hetzij een hoger algemeen beschermingsniveau voor het milieu hetzij minstens hetzelfde beschermingsniveau voor het milieu en grotere kostenbesparingen kunnen opleveren dan de beste beschikbare technieken. Het zijn technieken die nog niet op industriële schaal worden toegepast, of nog in ontwikkeling zijn, en mogelijk in de toekomst BBT kunnen worden. Ook technieken die milieuproblemen aanpakken die nog maar recent onder de aandacht zijn gekomen voor een activiteit komen hier aan bod. Daarnaast worden in dit hoofdstuk ook aanbevelingen gegeven voor verder onderzoek en technologische ontwikkeling.

Bij een eventuele herziening van deze BBT-studie in de toekomst, kan onderzocht worden of de technieken in opkomst inmiddels BBT zijn geworden, en of verder onderzoek tot nieuwe inzichten geleid heeft.

7.1 Technieken in opkomst

Volgende technieken in opkomst werden bij de opmaak van de studie geïdentificeerd.

7.1.1 Generator op mierenzuur

Beschrijving

De generator gebruikt 'hydrozine' als energiedrager, dat voor 99% bestaat uit mierenzuur. Dit mierenzuur kan duurzaam geproduceerd worden, met CO₂ afkomstig uit bv. mestverwerkingsinstallaties of andere reststromen, water en elektriciteit (van hernieuwbare oorsprong). In de generator wordt het hydrozine, dat een hogere energiedensiteit heeft dan waterstof en onder atmosferische druk opgeslagen kan worden, door een katalytische reactie gesplitst in waterstof en CO₂, waarbij het waterstof in een *fuel cell* gebruikt wordt om elektriciteit op te wekken. De CO₂ die vrijkomt wordt weer gebruikt voor de productie van hydrozine, waardoor de brandstof netto CO₂-neutraal is (TU/e, 2018). Door deze generator in te zetten op werven, is er geen klassieke dieselgenerator nodig, en wordt het daarbij horende geluid en trillingen vermeden.



Figuur 38: Generator op mierenzuur (TU/e, 2018)

Toepasbaarheid

Deze generator kan ingezet worden op plaatsen waar een werfaansluiting niet mogelijk is. Op moment van schrijven werd de generator op mierenzuur enkel al in pilootprojecten ingezet.

Milieuvoordeel

Laag geluidsniveau ten opzichte van klassieke dieselgenerator. Geen netto CO₂-uitstoot en NO_x-emissies.

Financiële aspecten

Op moment van schrijven zijn er nog geen kostprijgegevens bekend.

7.1.2 Elektrische bouwvoertuigen

Beschrijving

Zoals beschreven onder maatregel 4.2.11 *Geluids- en trillingsarm materieel gebruiken*, is heel wat bouw- en sloopmaterieel al beschikbaar met elektromotor (bv. compressoren, hydraulische apparatuur zoals sloopscharen, pompen en kleiner handmatig bestuurd materieel). Maar ook bij de zwaardere bouwmachines (graafmachines, diepladers,...) komen er steeds meer elektrische varianten op de markt.

Er zijn daarbij 4 types te onderscheiden:

- Volledig elektrisch, met batterijen (graafmachines, diepladers tot trilplaten)
- Volledig elektrisch, met batterijen en een vaste kabel (voor machines die vaak statisch actief zijn)
- Hybridemachines (combinatie elektromotor – verbrandingsmotor, bv. stroomgroep met batterijen)

- Trolleyvoertuigen (meestal voor mijnbouwactiviteiten, waar voertuigen steeds dezelfde route afleggen)

Toepasbaarheid

Inzetbaarheid hangt af van de gevraagde (piek)vermogens, de vereiste batterijcapaciteit, de gevraagde autonomie en het vermogen dat geleverd kan worden op de werf-site. Bij de meeste constructeurs zit de productie van elektrische bouwvoertuigen echter nog in onderzoeksfase. Er worden ook hybride bouwvoertuigen ontwikkeld, als overgangstechnologie naar 100% elektrische bouwvoertuigen.

Milieuvoordeel

Elektrisch aangedreven voertuigen produceren aanzienlijk minder geluid (5 tot 10 keer stiller) dan conventionele voertuigen met verbrandingsmotor. Er zijn geen lokale luchtemissies afkomstig van de elektrische bouwvoertuigen. Trillingen afkomstig van de motor vallen weg, al zijn er nog wel trillingen afkomstig van het contact van het voertuig met de ondergrond.

Financiële aspecten

Bouwvoertuigen met elektromotor zijn doorgaans duurder bij aankoop dan hun varianten met verbrandingsmotor. Echter zijn ze energie-efficiënter en is minder onderhoud vereist, wat leidt tot lagere operationele kosten dan bij conventionele voertuigen.

7.2 Evaluatie technieken in opkomst

Tabel 15: Evaluatie technieken in opkomst

Maatregel	Technische haalbaarheid					Milieuvoordeel									
	bewezen	veiligheid	algemeen toepasbaar	kwaliteit	globaal	geluid	trillingen	watervbruik	afvalwater	lucht	bodem	afval	energie	chemicaliën	globaal
Technieken in opkomst															
7.1.1 Generator op mierenzuur	?	0	?	0	?	+	+	0	0	+	0	0	+	-	+
7.1.2 Elektrische bouwvoertuigen	?	0	-	0	?	+	+	0	0	+	0	0	+	0	+

LITERATUURLIJST

Porter M.E. (1985). *Competitive advantage - creating and sustaining superior performance*, uitgegeven door The Free Press.

Attahiri, M., Boerma, F. (2014). *Slopen zonder trillingen*, Betoniek Vakblad 1(2014): 10-14, uitgegeven door Aeneas.

Ab-Fab (s.d.). Hydraulische blokken, geraadpleegd op 3/8/2018
<http://www.ab-fab.nl/?pagina=1375>

AWV (2016). *Standaardbestek 250 versie 3.1*, uitgegeven door het Agentschap Wegen & Verkeer van de Vlaamse Overheid
<https://wegenverkeer.be/standaardbestek-250-versie-31>

Bennenk, H. W., Eujen, R. C., & Faas, W. M. (1984). *Kostenconsequenties van de maatregelen ter beperking van het geluidniveau bij heiverken*, Onderzoekprogramma geluidhinder. GH, Financieel-economische aspecten; Vol. GH-HR-02-01, uitgegeven door 's-Gravenhage: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
<https://research.tue.nl/publications/kostenconsequenties-van-de-maatregelen-ter-beperking-van-het-gelu>

BeSWIC (s.d.). *Akoestisch materiaal*, Belgisch Kenniscentrum over welzijn op het werk, FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal overleg, geraadpleegd op 12/08/2018
<https://www.beswic.be/nl/themas/fysische-agentia/lawaai/akoestisch-materiaal>

Bockstael, A., Botteldooren, D., De Coensel, B., Geentjens, G., Glorieux, C., Kelders, L. (2012). *Impact van geluid op welzijn, leefmilieu en volksgezondheid, in Vlaanderen*, in opdracht van IST – Instituut Samenleving en Technologie van het Vlaams Parlement
http://ist.vito.be/nl/pdf/rapporten/rapport_geluidshinder.pdf

Bosnak, M.I. (1998). *Wie niet luisteren wil... Een sociaal-wetenschappelijke benadering van geluidshinder*, *Amsterdams Sociologisch Tijdschrift* (25-4), pp. 479-510

Bouwmachines (2017). *Markt voor materieelverhuur groeit in EU*, geraadpleegd op 15/10/2019
<https://www.bouwmachines.nl/ondernemen/nieuws/2017/10/markt-voor-materieelverhuur-groeit-eu-10138525>

BSI (2008). *Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites*, Part 1: Noise, 156pp, uitgegeven door the British Standards Institution (BSI), London.

Construction News (Construction News). *Equipment Supplier of the Year – Finalists*, Echo Barrier, geraadpleegd op 12/8/2018
<https://www.constructionnews.co.uk/events/cn-specialists-awards/equipment-supplier-of-the-year-finalists/10027665.article>

Constructiv (s.d.). *Opbouw van een weg in dwarsdoorsnede*, *Wegenbouwtechnieken*, via Building your learning van Constructiv
<https://www.buildingyourlearning.be>

[Constructiv \(2020\). Persoonlijke communicatie van Adriaan Pelckmans \(VITO\) met Bram Lousbergh \(Constructiv\), dd. 02/06/2020.](#)

DACE Price Booklet (DACE price booklet). *Pile foundations*, geraadpleegd op 06/08/2018
<https://www.dacepricebooklet.com/table-costs/pile-foundations>

Dehaco (Dehaco). *CR140R Betonschaar 100-150 ton*, geraadpleegd op 8/8/2018
https://www.dehaco.nl/assortiment/uitrustingsstukken/betonscharen/cr-betonscharen/cr140r-betonschaar-100-150-ton/145_w_937_5030_NL_1

Dittrich et al., M., de Roo, F., Gerretsen, E., Burgess, A., Beckmann, H.J., Spellerberg, G., Cellard, P., Bowker, A. (2007) *NOMEVAL Study on the experience in the implementation and administration of Directive 2000/14/EC relating to the noise emission in the environment by equipment for use outdoors*, TNO, TÜV Nord, LNE en VCA, in opdracht van DG ENTR van de Europese Commissie, uitgegeven door TNO.
https://ec.europa.eu/growth/content/nomeval-noise-machinery-%E2%80%93-evaluation-directive-200014ec-0_en

Dittrich et al., M., Spellerberg, G., Carletti, E., Pedrielli, F. (2016) *ODELIA Study on the suitability of the current scope and limit values of Directive 2000/14/EC relating to the noise emission in the environment by equipment for use outdoors*, TNO, TÜV NORD Group en IMAMOTER, in opdracht van DG MARKT en DG ENTR van de Europese Commissie, uitgegeven door TNO.
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/18281/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

Dupont, E., Mertens, C. (2006). *Trillingen veroorzaakt door werfactiviteiten: een casestudie*, WTCB-dossiers 2006/3.3: 1-5
<https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=CSTC1081662>

Eandis (s.d.). *Sneller elektriciteit op bouwerven*
<https://www.eandis.be/nl/partner/onderwijs/meer-info-over-onderwijs/aansluitingen>

EC (2012). *Best Environmental management practice for the building and construction sector*, Final Draft September 2012, uitgegeven door de Europese Commissie.
<http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/emas/documents/ConstructionSector.pdf>

EC (2017). *Noise abatement approaches*, Science for Environment Policy, in opdracht van DG Environment, uitgegeven door de Europese Commissie
http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/noise_abatement_approaches_FB17_en.pdf

EEA (2014). *Noise in Europe 2014*, uitgegeven door European Environment Agency (EEA)
<https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>

EEA (2018). *Population exposure to environmental noise*, European Environment Agency (EEA)
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/exposure-to-and-annoyance-by-2/assessment-2>

Fluvius (2019a). *Aansluiten op het distributienet elektriciteit – Laagspanning*, Technische voorschriften voor de installateur
https://www.fluvius.be/sites/fluvius/files/2019-03/9010012_Bouwtechnische_voorschriften_aansl_elek_voor_installateur_Fluvius_0.pdf

Fluvius (2019b). *Tarieven*, Tarieven standaard aansluitingen laagspanning (afname) met klassieke meter

https://www.fluvius.be/sites/fluvius/files/2019-04/Fluvius-aansluitarieven-elektriciteit_0.pdf

FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de voedselketen en leefmilieu (FOD VVVL). *Verklaring van technische begrippen over geluid*, geraadpleegd op 29/5/2018
<https://www.health.belgium.be/nl/verklaring-van-technische-begrippen-over-geluid>

Gebr. De Koning (2019). *Resonantietechniek*, geraadpleegd op 20/12/2019
<https://www.gebrdekonig.nl/resonantietechniek/>

Geluidnieuws (2012). *Piepschuim tegen trillingen door bouwmachines – in elk geval hoogfrequent*, geraadpleegd op 06/06/2019
<http://www.geluidnieuws.nl/2012/mar2012/piep.html>

Granneman, J.H. (2013), *Construction noise: overview of regulations of different countries*, Peutz, uitgegeven door Internoise 2013, Innsbruck
<https://www.peutz.nl/sites/peutz.nl/files/publicaties/2013%20InterNoise%20Constructie%20noise%20overview%20of%20regulations%20of%20different%20countries.pdf>

Groot Jebbink (Groot Jebbink). *Alles dat je moet weten over achteruitrijalarmen*, geraadpleegd op 20/06/2018
<https://www.grootjebbink.nl/alles-dat-je-moet-weten-over-achteruitrijalarmen>

GWV Bouw (2017). *Resonantietechniek: nieuw tijdperk voor inbrengen stalen buizen, damwandprofielen en ankers*, geraadpleegd op 20/12/2019
<https://www.gww-bouw.nl/artikel/resonantietechniek-nieuw-tijdperk-voor-inbrengen-stalen-buizen-damwandprofielen-en-ankers/>

Hall F.L., Taylor S.M., Birnie S.E. (1985). Activity interference and noise annoyance. *Journal of Sound and Vibration*, vol. 103, pp. 237-252.

Halter, W., Groenouwe, I., Tonnejck, M. (2018). *Handboek Dijkenbouw – Uitvoering versterking en nieuwbouw*, uitgegeven door het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:525b7997-4c3f-4092-ba8a-fdb32db1b98d/datastream/OBJ/download>

Henderieckx, F., Mertens, C., Vyncke, J. (1990). *Monitoring van trillingen bij constructies*, WTCB-tijdschrift (3/1990, 4^e katern), uitgegeven door WTCB

HSE (1997). *Vibration Solutions – practical ways to reduce the risk of hand-arm vibration injury*, uitgegeven door de Health and Safety Executive
<http://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/hsg170.pdf>

Hutchinson Paulstra (Hutchinson Paulstra). *Elastomer Mounts – Vibrachoc*, geraadpleegd op 12/8/2018
<http://www.paulstra-industry.com/elastomer-mounts-g9-en.html>

INTEC (2000). *Atmosferische absorptie*, Departement Informatie Technologie (INTEC) van de Universiteit Gent
http://educinno.intec.ugent.be/oiproject4/N_atmo_abso_1.htm

Jacobs, A., Hooyberghs, E., Vrancken, K., Van Dessel, J., Adams, W. (2005), *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor recyclage van bouw- en slooppuin*, VITO, ISBN 90 382 0721 2, 113pp, uitgegeven door Academia Press, Gent.

https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/migrated/BBT_rapport_recyclage_vo_lledig_document.pdf

Jayawardana, P., Achuhan, R., Subashi De Silva, G. H. M. J., Thambiratnam, D. P. (2018), *Use of in-filled trenches to screen ground vibration due to impact pile driving : experimental and numerical study*; Heliyon 4 (2018), uitgegeven door Elsevier
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00726>

Joost de Vree (Joost de Vree). *Heimuts*, geraadpleegd op 6/8/2018
<http://www.joostdevree.nl/shtmls/heimuts.shtml>

Krause, F., van Noort, T. (2005) *Geluid in cabines*, TNO in opdracht van Arbouw
<http://publications.tno.nl/publication/34623321/WWdMSS/krause-2005-geluid.pdf>

Leefmilieu Brussel (s.d. a). *Parameters die de productie en voortplanting van lawaai beïnvloeden*, uitgegeven door Leefmilieu Brussel
<https://environnement.brussels/node/1394>

Leefmilieu Brussel (s.d. b). *Basisbegrippen van de akoestiek*, uitgegeven door Leefmilieu Brussel
https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/user_files/vademecum_f1_tech_nl.pdf

Legrand, C., Mertens, C. (1990). *Studie van trillingsdempende schermen*, WTCB-tijdschrift (4/1990, 4^e katern), uitgegeven door WTCB

Lombaert, G., Degrande, G. (2001). *Studie van determinerende factoren voor trillingshinder in gebouwen door wegverkeer*, DWTC Onderzoeksprogramma Duurzame Mobiliteit – KU Leuven
http://www.belspo.be/belspo/organisation/publ/pub_ostc/mobil/rMD19s_nl.pdf

Malchaire et al., J., Piette, A., Moens, G., Boodts, S., Cornillie, F., DElaruelle, D., De Cooman, G., Timmerman, I., Carlier, P., Mathy, F., Hysson, JF. (2005) *Lawaai – Reeks SOBANE-strategie*, UCL, IDEWE, CESI, IKMO, MSR-FAMEDI, CIFO, in opdracht van Algemene Directie Humanisering van de Arbeid, uitgegeven door FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg
<http://www.werk.belgie.be/publicationDefault.aspx?id=3716>

Mertens, C., Jongmans, D., Cadorin, J-F., Degrande, G. (1995). *Trillingen veroorzaakt door bouwmachines*, WTCB-tijdschrift Herst 1995, pp. 3-12

Mitchell, S., (2001). *Best Available Techniques for Control of Noise & Vibration*, Environmental Resources Management (ERM) uitgegeven door Environment Agency
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290397/sp4-079-tr-1-e-e.pdf

Murphy, E., King, E.A. (2014) *Environmental Noise Pollution – Noise mapping, Public Health, and policy*, uitgegeven door Elsevier

N.N. (2002a). *Plan van Aanpak ter uitvoering van het convenant funderingsbranche inzake geluid en begaanbaarheid*, uitgegeven door Andersson Elffers Felix
<http://arbocatalogus-funderingen.nl/pdf/Plan%20van%20Aanpak%20arboconvenant.pdf>

N.N. (2002b). *Geluidsonderzoek Dieselheimamer, Deel 1: Diagnose en voorstel tot geluidsreductie*, uitgegeven door Stichting Arbouw

http://wikis.irion.nl/arbouw/images/5/56/403.Geluidsonderzoek_dieselheimamer_Deel_1_Diagnose_en_voorstel_tot_geluidsreductie.pdf

N.N. (2011). *A-blad Geluid en trillingen bij funderingswerken*, uitgegeven door Stichting Arbouw

<http://www.arbouw.nl/producten/a-bladen/a-blad-geluid-en-trillingen-bij-funderingswerken>

Ployaert, C. (2005). *Zelverdichtend beton*, Febelcem, Dossier Cement (36/augustus 2005)

https://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-94-08/nl/36_nl.pdf

PGS 32 (2016). *Explosieven voor civiel gebruik: bovengrondse opslag*, uitgegeven door de Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen

http://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS32/PGS_32_Versie_1_0_2016.pdf

Publius (2016). *Ook nachtlawaai dat de reust van inwoners KAN verstoren, is strafbaar*, Publius via Vonnis van 22 februari 2016 van de politierechtbank van West-Vlaanderen, Afdeling Veurne

<http://www.publius.be/nl/wat/publius-blogs/ook-nachtlawaai-dat-de-rust-van-de-inwoners-kan-verstoren-is-strafbaar/>

Ruiter, T. (2016). *Hinderonderzoek voor personen in gebouwen ten gevolge van trillingen van het busverkeer in het centrum van Haarlem*, uitgevoerd door DGMR, in opdracht van de Gemeente Haarlem

https://www.haarlem.nl/bestandsopslag/bestanden/Stadsdelen/Stadsdeel_Centrum/trillingsonderzoekKinderhuisvest.pdf

Sociale Zekerheid (2020). *Signaletiekgegevens van de werkgever, geraadpleegd op 02/06/2020*

https://www.socialsecurity.be/site_nl/employer/applics/empdir/help/help_1.htm

Specialist Cutting Services Limited (Specialist Cutting Services Limited). *Concrete Bursting*, geraadpleegd op 11/08/2018

<http://www.scs-ltd.com/concrete-bursting/>

TU/e (2018). *Team FAST voorziet bouwplaats van eerste generator op mierenzuur*, geraadpleegd op 20/12/2019

<https://www.tue.nl/nieuws/nieuwsoverzicht/team-fast-voorziet-bouwplaats-van-eerste-generator-op-mierenzuur/>

Van den Abeele, L., Huybrechts D. (2016). *BBT-voorstudie hinder bij bouw-, sloop- en infrastructuurwerkzaamheden*, uitgevoerd door het Vlaams Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken (VITO), in opdracht van het Vlaams Gewest

https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/BBT_voorstudie_geluid.pdf

van der Maarl, W. (2013). *Bouwlawaai: hoe ermee om te gaan in de praktijk*, Peutz

https://www.peutz.nl/sites/peutz.nl/files/publicaties/Bouwlawaai%20WvdM%2004-2013_0.pdf

Van Gysel, Ann., Cools, T., Van Itterbeeck, P. (2015). *Praktische gids voor stortklaar zelfverdichtend beton*, KU Leuven, WTCB

http://www.betonica.be/media/TETRA_ZVB/slothevent/PraktishegidsvoorstortklaarZVB.pdf

Van Itterbeeck, P., Cauberg, N. (2014). *Stortklaar beton voor de toekomst. Zelfverdichtend beton*, WTCB

<https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=71&art=3>

van Staalduin, P.C., Smits, M. Tj. J. H. (1993). *Trillingscriteria m.b.t. schade aan gebouwen*, TNO, in opdracht van Stichting Bouwresearch, uitgegeven door TNO

<https://publications.tno.nl/publication/34612362/0FfelC/B-90-0822.pdf>

Vroom funderingstechnieken (Vroom funderingstechnieken). *Geluidsmantel Vibro*, geraadpleegd op 6/8/2018

<https://www.vroom.nl/nl/materials/39-geluidsmantel-vibro>

VVSG (2007). *Wie maakt de gemeentelijke politieverordeningen en wie sanctioneert ze?* LOKAAL, 16/4/2007:27.

[http://www.vvsg.be/Werking_Organisatie/Bestuurszaken/Documents/Lokaal%202007%208%20\(Wie%20maakt%20de%20gemeentelijke%20politieverordeningen%20en%20wie%20sanctioneert%20ze\).pdf](http://www.vvsg.be/Werking_Organisatie/Bestuurszaken/Documents/Lokaal%202007%208%20(Wie%20maakt%20de%20gemeentelijke%20politieverordeningen%20en%20wie%20sanctioneert%20ze).pdf)

Whenham, V., Huybrechts, N., Bles, T., Holeyman, A. (2007). *Intrillen van funderingselementen*, WTCB-Contact 16 (2007/4)

Whenham, V., Huybrechts, Holeyman, A. (2012). *Optimalisatie van het trilprocedé*, WTCB-contact (2012/2): p.4

White, D., Finlay T., Bolton, M., Bearss, G. (2002). *Press-in piling: Ground vibration and noise during pile installation*, Proceedings of the international Deep Foundations Congress, Orlando; ASCE Special Publication 116: 363-371, uitgegeven door ASCE.

[https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40601\(256\)26](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40601(256)26)

WHO, (2009). *Night noise guidelines for Europe*, World Health Organization Regional Office for Europe.

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf?ua=1

WTCB (2019a). *Technische voorlichting – Zichtbeton*, WTCB

WTCB (2019b). Telefonisch contact van Adriaan Pelckmans (VITO) met Petra Van Itterbeeck (WTCB), dd. 09/09/19, 2019

BIJLAGE 1: MEDEWERKERS VAN BBT-STUDIE

Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken

- Adriaan Pelckmans
- Diane Huybrechts

BBT-kenniscentrum
VITO
Boeretang 200
2400 MOL
Tel. (014)33 58 68
Fax. (014)32 11 85
E-mail: bbt@vito.be

Contactpersonen administraties/overheidsinstellingen

- Mevr. Gilke Pee, Departement Omgeving / Afd. Beleidsontwikkeling en juridische ondersteuning (BJO)
- Dhr. Lieven Goubert, Departement Omgeving / Afdeling Gebiedsontwikkeling, omgevingsplanning en -projecten (GOP)
- Dhr. Wim Kerremans †, Milieutoezicht Stad Antwerpen
- Dhr. Dan Celis, Milieutoezicht Stad Antwerpen

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de administraties en andere overheidsinstellingen in het begeleidingscomité voor deze studie.

Vertegenwoordigers uit bedrijfswereld

- Mevr. Hilde Masschelein, Bouwunie
- Mevr. Griet Goossens, Vlaamse Confederatie Bouw

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de sector in het begeleidingscomité voor deze studie.

Experts/Lectoren

Het BBT-rapport (of delen ervan) werd aan volgende personen voorgelegd ter kritisch nazicht.

- Dhr. Danny De Baere, FOD WASO