



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Verkenning van opties voor gezondheidsonderzoek rond windturbines

RIVM-briefrapport 2022-0041
J.P. Zock et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Verkenning van opties voor gezondheidsonderzoek rond windturbines

RIVM-briefrapport 2022-0041
J.P. Zock et al.

Colofon

© RIVM 2022

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2022-0041

J.P. Zock (auteur), RIVM
M. Reedijk (auteur), RIVM
E. van Kempen (auteur), RIVM
J. Devilee (auteur), RIVM

Contact:
Jan-Paul Zock
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid
windenergie@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat in het kader van het programma Klimaat en Energie

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Verkenning van opties voor gezondheidsonderzoek rond windturbines

Mensen die in de buurt van windturbines wonen, maken zich zorgen over hun gezondheid. Bijvoorbeeld over effecten van het geluid van de wieken of van de slagschaduw. Het RIVM heeft de mogelijkheden verkend voor onderzoek naar gezondheidseffecten van windturbines in Nederland. Hiervoor is de inbreng gebruikt van organisaties die bij dit onderwerp betrokken zijn, zoals organisaties van omwonenden, de GGD en provincies. Het onderzoek is in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat gedaan. Het ministerie zal op basis hiervan kiezen welk onderzoek wordt uitgezet.

Het blijkt mogelijk en nuttig om gezondheidsonderzoek te doen. Keuzes voor de opzet ervan zijn afhankelijk van de vraag, en hoe snel een antwoord nodig is. Ook is op een rij gezet welk onderzoek nodig is voor de kennis die nog ontbreekt.

Het RIVM heeft eerst de belangrijkste vragen in kaart gebracht: kunnen windturbines bij omwonenden gezondheidseffecten veroorzaken, en zo ja welke, hoe ontstaan deze, en hoeveel mensen hebben er last van. Per vraag is aangegeven met welke soorten onderzoek hij kan worden beantwoord en wat de voor- en nadelen daarvan zijn.

Een van de onderzoeksmogelijkheden is om de gezondheid van een grote groep mensen meerdere jaren te volgen. Ook kan juist in de tijd worden teruggekeken of bepaalde gezondheidsklachten vaker voorkwamen in de omgeving van windturbines. Daarnaast is het mogelijk om een vast panel van mensen die dicht bij windturbines wonen, regelmatig te laten doorgeven of ze gezondheidsklachten hebben. Tot slot kan worden onderzocht of er samenhang is tussen een blootstelling en een gezondheidsprobleem op dat moment.

Eerder onderzoek maakte al duidelijk dat bepaalde kennis nog ontbreekt over gezondheidseffecten. Hinder is een bewezen effect, maar voor andere effecten, zoals slaapverstoring, is niet genoeg wetenschappelijk bewijs. Ook is niet duidelijk hoe het specifieke geluid van windmolens bij omwonenden in kaart kan worden gebracht. Ten slotte is niet bekend bij welke geluidsniveaus en op welke afstanden in Nederland gezondheidseffecten kunnen ontstaan.

Kernwoorden: windturbines, windenergie op land, gezondheid, geluid, hinder, onderzoek, verkenning

Synopsis

Health research options around wind turbines explored

People who live in the vicinity of wind turbines are concerned about their health. Their concerns centre on such things as the effects of the noise made by the blades or the effects of the shadow flicker. RIVM has explored the possibilities in terms of researching the health effects of wind turbines in the Netherlands. To this end, input was sought from organisations involved in this topic, such as local residents' organisations, the Municipal Public Health Service (GGD) and provincial executives. The research was commissioned by the Ministry of Economic Affairs and Climate Policy. Based on the research, the Ministry will decide what research is to be conducted.

It turns out that health research will be both possible and useful. Decisions regarding the design of such research will depend on the question and how soon an answer is required. The types of research required were also identified to ensure that gaps in our existing knowledge are adequately covered.

RIVM started by charting the most important questions: can wind turbines have adverse effects on local residents' health, and if so, how does this happen and how many people are affected? For each question RIVM specified the types of research that will be able to provide an answer, as well as the pros and cons thereof.

One of the research options is to monitor the health of a large group of people over several years. Another is a retrospective study looking at whether there is an increased incidence of certain health problems in the vicinity of wind turbines. Yet another option is to get a panel of people who live near wind turbines to regularly self-report any health problems they have. Lastly, we could look for any correlation between exposure and current health issues.

Previous research has already revealed gaps in our knowledge on health effects. Nuisance is a proven effect, but there is insufficient scientific evidence with regard to other effects such as disturbed sleep. Nor is it clear how the specific noise generated by wind turbines can be studied among local residents. And finally, we do not know at what levels of noise and at what distances in the Netherlands adverse effects on health might arise.

Keywords: wind turbines, wind energy on land, health, noise, nuisance, research, exploratory study

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

- 1.1 Achtergrond en aanleiding — 13
- 1.2 Wat is er bekend over windturbines en gezondheid? — 14
- 1.3 Welke gezondheidsonderzoeken staan al gepland of worden momenteel uitgevoerd? — 15
- 1.4 Afbakening — 16
- 1.5 Leeswijzer — 16

2 Methoden 17

- 2.1 Opzet van de verkenning — 17
- 2.2 Doelen van onderzoek naar windturbines en gezondheid — 17
 - 2.2.1 Webinar — 17
 - 2.2.2 Online vragenlijst — 17
 - 2.2.3 Werksessie — 18
- 2.3 Mogelijkheden voor onderzoek — 18
 - 2.3.1 Webinar — 18
 - 2.3.2 Online vragenlijst — 18
 - 2.3.3 Werksessie — 19

3 Doelen van onderzoek naar windturbines en gezondheid — 21

- 3.1 Resultaten van de online vragenlijst — 21
 - 3.1.1 Respons — 21
 - 3.1.2 Overzicht en bespreking van de antwoorden — 21
 - 3.1.3 Resultaten van de werksessie — 26
- 3.2 Samenvatting en conclusies — 26

4 Mogelijkheden voor gezondheidsonderzoek — 27

- 4.1 Inleiding — 27
- 4.2 Epidemiologisch onderzoek — 27
 - 4.2.1 Karakterisering van blootstelling, gezondheid en co-determinanten — 27
 - 4.2.2 Mogelijke typen epidemiologisch onderzoek — 31
 - 4.2.3 Doelen die de verschillende typen epidemiologisch onderzoek kunnen dienen — 34
- 4.3 Andere vormen van onderzoek — 36
 - 4.3.1 Systematische review en meta-analyse — 36
 - 4.3.2 Klachtenregistratie — 36
 - 4.3.3 Experimenteel onderzoek — 37
 - 4.3.4 Kwalitatief onderzoek — 37
 - 4.3.5 Gezondheidseffectschatting — 37
- 4.4 Combinaties van verschillende typen in een onderzoeksproject — 38

5 Synthese en advies — 41

6 Referenties — 45

Bijlage 1 Online vragenlijst — 47

Bijlage 2 Antwoorden op de open vragen — 51

Bijlage 3 Werksessie januari 2022 — 60

Samenvatting

In de maatschappij leven vragen en zorgen over mogelijke nadelige gezondheidseffecten van het wonen dichtbij windturbines. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft het RIVM gevraagd om de mogelijkheden voor gezondheidsonderzoek rond windturbines in Nederland te verkennen. Hierin zijn eerst de doelen die leven bij burgers en andere belanghebbenden geïnventariseerd en zijn vervolgens de onderzoeksmogelijkheden die daarbij passen op een rij gezet. Hiervan zijn de kenmerken, voor- en nadelen en randvoorwaarden beschreven.

In andere rapportages van het RIVM was eerder al een systematisch overzicht gegeven van de stand van de wetenschappelijke kennis op het gebied van windturbines en gezondheid. Hinder is het meest onderzochte gezondheidseffect van windturbines en er is voldoende bewijs voor een oorzakelijk verband met (het geluid afkomstig van) windturbines. Voor slaapverstoring is geen eenduidig verband gevonden, al is er wel een indirect verband tussen hinder door windturbinegeluid en slaapverstoring. Voor andere gezondheidseffecten, zoals hart- en vaatziekten, is tot op heden geen eenduidig verband met windturbinegeluid aangetoond. Dit kan betekenen dat er geen relatie is, er nog onvoldoende onderzoek is gedaan, het beschikbare onderzoek van lage kwaliteit is, en/of de resultaten elkaar tegenspreken.

Om te bepalen welk onderzoek zinvol en haalbaar is, is eerst inzicht verkregen in de vragen die toekomstig gezondheidsonderzoek rond windturbines zou moeten beantwoorden. Uit een in oktober 2020 gehouden webinar voor belanghebbenden en experts, kwamen vijf brede onderzoeksvragen naar voren:

- a) Hebben mensen die dichtbij windturbines wonen meer kans op gezondheidsproblemen dan mensen die daar ver vandaan wonen?
- b) Welke gezondheidsproblemen kan de plaatsing van nieuwe windturbines veroorzaken?
- c) Hoe komt het dat windturbines gezondheidsproblemen bij omwonenden kunnen veroorzaken?
- d) Hoeveel mensen zullen gezondheidseffecten ondervinden door de plaatsing van windturbines?
- e) Hoe verandert de gezondheid van omwonenden als een gevolg van planning, plaatsing en in werking zijn van windturbines?

In november 2021 is een online vragenlijst voorgelegd aan vertegenwoordigers van burgers, landelijke en regionale overheden, brancheverenigingen en andere belanghebbenden rond windturbines. Hieruit bleek dat alle vijf voorgelegde brede onderzoeksvragen door de meeste betrokkenen (zeer) belangrijk werden gevonden. Ook werden andere (complementaire) doelen, vragen en aspecten genoemd waar in gezondheidsonderzoek specifiek aandacht aan zou moeten worden besteed. Deze omvatten verschillende soorten doelen:

- wetenschappelijke onderzoeksdoelen, zoals het vaststellen of voor bepaalde gezondheidsproblemen een (oorzakelijk) verband met geluid en/of andere aspecten van windturbines kan worden aangetoond;
- beleidsmatige doelen, bijvoorbeeld hoe regelgeving kan worden aangepast door het hanteren van nieuwe normen voor windturbinegeluid;

- maatschappelijke doelen, die zich onder andere richten op de vraag hoe duidelijkheid en handelingsperspectieven kunnen worden geboden aan burgers waardoor problemen zoals hinder en slaapverstoring kunnen worden verminderd.

Op basis van de belangrijkste onderzoeksdoelen die in de vragenlijst naar voren kwamen, is een aantal mogelijke typen gezondheidsonderzoek geselecteerd en verder uitgewerkt. Voor elk van de typen is bekeken welke onderzoeksvragen daarmee kunnen worden beantwoord en zijn algemene karakteristieken, voor- en nadelen en randvoorwaarden beschreven. Deze zijn besproken in een werksessie op 25 januari 2022. Hieraan hebben 29 personen deelgenomen namens verschillende belanghebbende organisaties. Op basis van de input zijn de onderzoeksmogelijkheden gespecificeerd.

Resultaten van epidemiologisch onderzoek, waarin op groepsniveau verbanden worden onderzocht tussen bepaalde blootstellingen en gezondheidsproblemen, vormen een belangrijke wetenschappelijke onderbouwing voor de kennis over mogelijke gezondheidseffecten van windturbines. Er zijn vier verschillende vormen van epidemiologisch onderzoek die relevant kunnen zijn:

- *prospectief cohortonderzoek*, waarbij een grote groep mensen voor langere tijd wordt gevolgd en met enige regelmaat wordt vastgesteld wat de blootstelling is en wordt 'afgewacht' bij wie bepaalde gezondheidsproblemen optreden;
- *panelstudie*, waarbij een beperkte groep mensen die in de buurt van windturbines wonen op verschillende momenten in de tijd blootstelling, gezondheid en co-determinanten worden gemeten en gerelateerd;
- *historisch cohortonderzoek* waarbij wordt teruggekeken in de tijd en de blootstelling in het verleden wordt gerelateerd aan opgetreden gezondheidsproblemen via gegevens uit registraties;
- *dwarsdoorsnede onderzoek* waarbij blootstelling en gezondheidsproblemen op hetzelfde moment met elkaar in verband worden gebracht.

Deze typen onderzoek hebben verschillende inhoudelijke en praktische voor- en nadelen. De keuze voor een bepaald type zal afhangen van zowel de specifieke probleemstelling als onder meer de beschikbare middelen en de termijn waarop resultaten beschikbaar zouden moeten komen. Een belangrijke randvoorwaarde is een valide beoordeling van de blootstelling. In relatie tot windturbines zijn de methoden hiervoor nog beperkt, met name waar het gaat om de karakterisering van het geluid van windturbines, inclusief aspecten als frequentie, middelingstijd en specifieke dagdelen (nacht), tonaal geluid en amplitudemodulatie. Een gedetailleerd blootstellingsonderzoek is nodig hoe diverse aspecten van windturbines (o.a. geluid en slagschaduw) op een adequate wijze kunnen worden gekarakteriseerd en toegepast in verschillende typen epidemiologisch onderzoek. Of een epidemiologisch onderzoek in de praktijk voldoende statistische zeggingskracht heeft, zal afhangen van hoe vaak het gezondheidseffect voorkomt en hoeveel mensen zijn blootgesteld. Hierbij moet worden bedacht dat minder dan 1% van de woningen in Nederland binnen een straal van 1 km rond een windturbine staat. In aanvulling op epidemiologisch onderzoek (in hoofdzaak kwantitatief onderzoek onder groepen mensen) kan een kwalitatief belevingsonderzoek onder omwonenden van windturbines relevant zijn, evenals het systematisch blijven volgen van de internationale literatuur.

Advies

In relatie tot de hiaten in de kennisbasis zijn vier specifieke onderzoeksoplossingen naar voren gekomen die verschillende vraagstellingen beogen te beantwoorden.

- Ten eerste, hoewel er voldoende bewijs is voor een oorzakelijk verband tussen het wonen dichtbij windturbines en *hinder*, zou een aanvullend onderzoek zich kunnen richten op het afleiden van dosis-effectrelaties die specifiek zijn voor Nederland. Dit zou naast een wetenschappelijk-inhoudelijk doel, het op indirecte wijze schatten van de aantallen mensen met gezondheidseffecten, ook een beleidsmatig doel dienen als basis voor normering. Hiervoor ligt een *dwarsdoorsnedeonderzoek* voor de hand, waarbij ook methodeontwikkeling voor het karakteriseren van de voor windturbines specifieke geluidblootstelling belangrijk is.
- Ten tweede kunnen in een *dwarsdoorsnedeonderzoek* ook de risicofactoren van *slaapverstoring* in Nederland nader worden onderzocht.
- Ten derde kan de relatie met *andere gezondheidseffecten* in Nederland worden bestudeerd met behulp van een *historisch cohortonderzoek*, waarin gebruik wordt gemaakt van gegevens uit registraties.
- Ten vierde kan een *panelstudie* rond een (nieuw) windpark handvatten voor maatregelen opleveren om bij bepaalde acute omstandigheden de (geluid)blootstelling, hinder en andere problemen door windturbines te reduceren. Het is mogelijk om deze verschillende deelonderzoeken in een groter onderzoeksproject te combineren.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

In het [Klimaatakkoord](#) zijn afspraken gemaakt over de terugdringing van de CO₂-uitstoot in Nederland. Hierbij hoort een toenemend aandeel van duurzaam geproduceerde elektriciteit door windenergie op land. In Nederland staan ongeveer 2000 windturbines op land en via de Regionale Energiestrategieën (RES'en) worden locaties voor nieuwe windturbines gezocht. In 2030 zullen er, op basis van de RES-plannen, naar verwachting meer dan 3000 turbines zijn opgesteld in Nederland ([Mulder, 2022](#)). Ook zijn er plannen om bestaande windturbines te vervangen door grotere die meer vermogen hebben.

Er is al enige tijd maatschappelijke onrust over mogelijke nadelige gezondheidseffecten van het wonen dichtbij windturbines. Er leven zorgen en vragen bij omwonenden van (toekomstige) windparken, burgerplatforms en zorgprofessionals. De GGD'en krijgen veel vragen, met name over mogelijke effecten van het geluid van windturbines. Dit alles heeft de afgelopen jaren geleid tot media-aandacht.

Met name vanuit decentrale overheden is aan GGD'en en het RIVM de vraag gesteld of het mogelijk en zinvol is om een onderzoek rondom windturbines en gezondheid in Nederland uit te voeren. Op 1 oktober 2020 is er vanuit het toenmalige Expertisenetwerk Windenergie op Land een webinar voor verschillende belanghebbenden en experts georganiseerd over het nut en de mogelijkheden van gezondheidsmonitoring rond windturbines. Tijdens deze bijeenkomst werden door deelnemers diverse suggesties gedaan, waaronder het verkennen van opties voor een landelijk gezondheidsonderzoek rond windturbines om te voorzien in de behoeften van decentrale overheden. Ook werd in het webinar aangegeven dat het bepalen van het *doel* van gezondheidsonderzoek van centraal belang is voor de keuze van uitvoering en inrichting van een dergelijk onderzoek.

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft, mede namens het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, aan het RIVM gevraagd om de mogelijkheden voor gezondheidsonderzoek rond windturbines in Nederland te verkennen. Daarin zou aan de orde moeten komen welke onderzoeksmogelijkheden er zijn, wat de voordelen, nadelen en randvoorwaarden daarvan zijn en in welke fase van het (planning)proces deze het best kunnen worden uitgevoerd. Een dergelijk overzicht is alleen zinvol als duidelijk is welk doel een eventueel gezondheidsonderzoek dient. In deze verkenning worden daarom verschillende opties en doelen gepresenteerd. Het is de bedoeling dat de ministeries en decentrale overheden op basis van deze verkenning een goed geïnformeerde keuze kunnen maken over het type gezondheidsonderzoek rond windturbines. Wanneer er vastgesteld wordt dat een gezondheidsonderzoek wenselijk is, dan zou in een aparte opdracht gevraagd kunnen worden om een plan van aanpak uit te werken voor een of meer van de gekozen opties.

1.2 Wat is er bekend over windturbines en gezondheid?

Het RIVM heeft zelf geen oorspronkelijk onderzoek gepubliceerd naar windturbines en gezondheid. Wel is een aantal malen een systematisch overzicht gemaakt van de stand van de kennis op dit gebied. In 2020 is in opdracht van het Zwitserse Milieubureau *Bundesamt für Umwelt* een systematisch literatuuronderzoek uitgevoerd over de mogelijke effecten van geluid van windturbines op de gezondheid van omwonenden. Het doel was om een actueel overzicht te verschaffen van de conclusies van internationale wetenschappelijke onderzoeken naar gezondheidseffecten van windturbines. Ook kwamen andere zaken die van belang zijn bij windturbines aan bod, zoals visuele aspecten en contextuele, situationele en persoonlijke factoren. De resultaten zijn in 2020 gepubliceerd in een Engelstalig rapport ([Van Kamp en Van den Berg, 2020a](#)). Begin 2021 is dit rapport vertaald naar een Nederlandstalig rapport ([Van Kamp en Van den Berg, 2020b](#)). In oktober 2021 is door Wind Wiki een analyse van dit rapport openbaar gemaakt ([Bijl, 2021](#)). Hierin is de wetenschappelijke waarde en methodologische kwaliteit van de rapporten over gezondheidsaspecten van windturbines beoordeeld. Het RIVM heeft hierop een [inhoudelijke reactie](#) op zijn website gepubliceerd.

In augustus 2021 zijn de resultaten van het RIVM-onderzoek gepubliceerd in het peer-reviewed wetenschappelijke tijdschrift *International Journal of Environmental Research and Public Health* ([Van Kamp en Van den Berg, 2021](#)). Het systematische literatuuronderzoek uit 2020 was een actualisatie van eerder onderzoek gepubliceerd in 2017 ([Van den Berg en Van Kamp, 2017](#)).

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat hinder het meest beschreven en onderzochte gezondheidseffect is van het wonen in de nabijheid van een windturbine of het geluid ervan. Hinder wordt door de Gezondheidsraad omschreven als een 'gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwetstheid, dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloedt' (Gezondheidsraad, 1994). Per persoon is het verschillend of iets als hinderlijk wordt ervaren of niet. In lijn met de definitie van gezondheid van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) beschouwen we hinder als een gezondheidseffect. Daarnaast beschouwen we chronische hinder als stressor die op de lange termijn tot andere gezondheidseffecten kan leiden.

In de praktijk wordt hinder gemeten m.b.v. vragenlijsten. Uit het literatuuronderzoek kan worden geconcludeerd dat er een duidelijk verband is tussen het geluidniveau van windturbines en hinder: mensen ervaren meer hinder naarmate het geluid sterker is. In vergelijking met andere geluidbronnen (zoals weg- of railverkeer) wordt het geluid van windturbines bij gelijke geluidbelasting door meer mensen als hinderlijk ervaren en treedt hinder ten gevolge van windturbinegeluid al op bij lagere geluidniveaus.

Op basis van de literatuur kan geen conclusie worden getrokken over de samenhang tussen het geluidniveau van windturbines en slaapverstoring. De resultaten van de in het literatuuronderzoek geëvalueerde studies zijn niet eenduidig; ze laten verschillende resultaten zien. Dat geldt voor zowel door bewoners zelf-gerapporteerde slaapverstoring als gemeten slaapindicatoren (zoals bijvoorbeeld het meten van bewegingen tijdens de slaap of het aantal ontwaakreacties). Wel is er een indirect verband aangetoond tussen hinder door windturbinegeluid en zelf-gerapporteerde slaapverstoring.

Voor andere gezondheidseffecten zoals hart- en vaatziekten, diabetes, mentale effecten en leerprestaties bij kinderen kan op basis van de literatuur geen verband met windturbinegeluid worden aangetoond. Dit kan betekenen dat [i] er geen relatie is, [ii] er nog onvoldoende onderzoek is gedaan, [iii] het beschikbare onderzoek van lage kwaliteit is, en/of [iv] de resultaten elkaar tegenspreken. Wel is aangetoond dat er een verband bestaat tussen hinder en gezondheidsklachten, maar er kunnen geen conclusies worden getrokken over de richting van dit verband.

Uit de literatuur is ook gebleken dat er naast geluid ook andere windturbinegerelateerde factoren van invloed zijn op de hinder die mensen ervaren. Ze staan ook wel bekend als de zogenaamde niet-akoestische factoren of co-determinanten. De invloed van co-determinanten is overigens niet uniek voor windturbines. Op basis van de literatuur is er wel een aantal co-determinanten naar voren gekomen die een duidelijke rol spelen bij de ervaren geluidhinder door windturbines. In de eerste plaats gaat het om het kenmerkende zwiepende, zoevende en stampende karakter van het geluid. Dit wordt amplitudemodulatie genoemd. Daarnaast zijn er verschillende visuele aspecten: het optreden van slagschaduw en de knipperlichten. In aanvulling op de fysieke aspecten zijn er ook persoonlijke, contextuele en situationele factoren die invloed hebben op de hinder van windturbines. Voorbeelden zijn persoonlijk profijt, attitude ten opzichte van de veroorzaker van het windturbinegeluid, het proces rondom de plaatsing (zoals de context en communicatie rond plaatsing), geluidgevoeligheid en de aandacht in de media. De bevindingen uit de literatuur met betrekking tot co-determinanten laten zien dat het belangrijk is om de zorgen van omwonenden serieus te nemen en hen te betrekken bij het planningsproces, de besluitvorming en de plaatsing van windturbines. Dit blijkt de ervaren hinder te kunnen verminderen.

Er leven ook veel vragen over laagfrequent geluid. Windturbines maken geluid over het hele spectrum van lage en hoge tonen. Hierbij horen ook laagfrequent geluid en infrasoongeluid. Laagfrequent geluid heeft een frequentie tussen de 20 en 100/125 Hertz (Hz) terwijl bij infrasoongeluid de frequenties nog lager dan 20 Hz zijn. Volgens een recent overzicht ([White, 2021](#)) is er een grote verscheidenheid aan geluidbronnen die laagfrequent geluid kunnen veroorzaken. Dit kunnen bronnen in huis zijn, bij de burens of (grotere) installaties buitenshuis (bijvoorbeeld generatoren of koelingen van gebouwen), of op industrieterreinen. Ook geluid van transport zoals treinen, wegverkeer, scheepvaart en luchtvaart kan laagfrequente componenten bevatten. Ook bestaan er natuurlijke bronnen van laagfrequent geluid, zoals onweer, zware wind, aardbevingen en de branding van de zee. Wanneer we kijken naar de effecten van laagfrequent geluid op de gezondheid, dus ongeacht of het nu door windturbines wordt geproduceerd of niet, dan is vanuit de literatuur bekend dat het samenhangt met (ernstige) hinder en mogelijk met slaapverstoring ([White, 2021](#)).

1.3 Welke gezondheidsonderzoeken staan al gepland of worden momenteel uitgevoerd?

Op dit moment (begin 2022) wordt in Nederland door verschillende organisaties onderzoek uitgevoerd of andere activiteiten ondernomen die (mede) over windturbines en gezondheid gaan. De belangrijkste zijn:

- Opstellen van een milieueffectrapport voor plannen en programma's (planMER) met betrekking tot de normering van geluid van windturbines. Dit wordt uitgevoerd naar aanleiding van de uitspraak van de Raad van

State in juni 2021. De eerste stap in de procedure plan-m.e.r. is eind december 2021 afgerond: toen werd door I&W de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) gepubliceerd. In de NRD staat beschreven welke onderdelen in de plan-m.e.r. worden onderzocht en hoe de effecten in beeld worden gebracht. Uitvoerder: ARCADIS

- Het Expertisepunt Windenergie en Gezondheid, een samenwerking tussen RIVM en GGD, is opgericht in 2021. Een van de taken van dit netwerk is het bijhouden en delen van de kennisbasis over dit onderwerp.
- Vragenlijstonderzoek naar beleving onder omwonenden die binnen 3 km van een relatief nieuw windpark wonen. Uitvoerder: [TNO](#).
- Vragenlijstonderzoek onder 662 mensen die binnen 5 km van een windturbine wonen, naar onder andere hinder en slaapverstoring in relatie tot specifieke aspecten van windturbines. Uitvoerder: RIVM.

1.4 Afbakening

Deze verkenning heeft betrekking op industriële windturbines op land in de specifieke Nederlandse situatie. Het gaat over nadelige gezondheidseffecten bij mensen die in de buurt van (een) windturbine(s) wonen. Daarmee zijn effecten op groepen mensen anders dan omwonenden en beroepsmatig blootgestelden uitgesloten. Het gaat om de effecten van geluid, visuele aspecten en andere co-determinanten. Veiligheid en duurzaamheid vallen niet binnen de wijds van deze verkenning. Ten slotte worden gezondheidseffecten van windturbines niet vergeleken met gezondheidseffecten van andere energiebronnen.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staat beschreven hoe de verkenning is uitgevoerd, waaronder het raadplegen van belanghebbenden. In hoofdstuk 3 staan verschillende doelen van gezondheidsonderzoek beschreven. In hoofdstuk 4 worden aspecten van mogelijke typen gezondheidsonderzoek besproken, en aangegeven bij welke onderzoeksdoelen deze aansluiten. In hoofdstuk 5 staan de conclusies en worden de aangrijpingspunten voor beleidskeuzes kort bijeen genomen.

2 Methoden

2.1 Opzet van de verkenning

De verkenning bestond uit twee delen: [i] het bepalen van doelen voor mogelijk gezondheidsonderzoek; en [ii] het in kaart brengen van mogelijke typen gezondheidsonderzoek hierbij. Voor beide delen is mede gebruikt gemaakt van verschillende consultaties van belanghebbenden.

Ten eerste was er op 1 oktober 2020 vanuit het toenmalige Expertisenetwerk Windenergie op Land een webinar gehouden voor verschillende belanghebbenden en experts over het nut en de mogelijkheden van gezondheidsmonitoring rond windturbines. Hieraan namen vertegenwoordigers van onder andere gemeenten, provincies, GGD'en en energiebedrijven deel. De presentaties die tijdens dit webinar zijn gegeven, zijn bestudeerd en de inhoudelijke reacties in de chat zijn geïnventariseerd. Ook is door de deelnemers na afloop van het webinar een korte enquête ingevuld.

Ten tweede is er in november 2021 een online vragenlijstonderzoek gedaan; details staan in 2.2.2. Ten derde is op 25 januari 2022 een werksessie gehouden met dezelfde belanghebbenden om een tussentijdse notitie over onderzoeksdoelen en onderzoeksmogelijkheden te bespreken en aan te vullen (zie 2.2.3).

2.2 Doelen van onderzoek naar windturbines en gezondheid

Om te bepalen welk onderzoek zinvol en haalbaar is, moest eerst inzicht worden verkregen in de vragen die toekomstig onderzoek zou moeten beantwoorden. Met andere woorden, wat zijn de mogelijke doelen van onderzoek? Ook is het relevant om te weten waarvoor de resultaten van onderzoek zouden moeten worden gebruikt. Dit zijn onderwerpen waarover met maatschappelijke actoren het gesprek gevoerd moet worden. Hiertoe zijn verschillende stappen ondernomen.

2.2.1 Webinar

Als eerste stap is op basis van de uitkomsten van het webinar van 1 oktober 2020 een vijftal breed geformuleerde doelen opgesteld. Deze zijn vervolgens in de vorm van onderzoeksvragen geformuleerd:

- a) Hebben mensen die dichtbij windturbines wonen meer kans op gezondheidsproblemen dan mensen die daar ver vandaan wonen?
- b) Welke gezondheidsproblemen kan de plaatsing van nieuwe windturbines veroorzaken?
- c) Hoe komt het dat windturbines gezondheidsproblemen bij omwonenden kunnen veroorzaken?
- d) Hoeveel mensen zullen gezondheidseffecten ondervinden door de plaatsing van windturbines?
- e) Hoe verandert de gezondheid van omwonenden als een gevolg van planning, plaatsing en in werking zijn van windturbines?

2.2.2 Online vragenlijst

Om goed aan te kunnen sluiten bij de maatschappelijke behoefte, heeft het RIVM de vijf onderzoeksvragen voorgelegd aan vertegenwoordigers van burgers, landelijke en regionale overheden, brancheverenigingen en andere belanghebbenden rond windturbines. Vanwege de relatief korte doorlooptijd van de opdracht was de meest efficiënte optie het gebruik van een online vragenlijst.

In november 2021 is bij 20 organisaties de vragenlijst onder de aandacht gebracht, zodat vertegenwoordigers van deze organisaties deze anoniem konden invullen.

In de vragenlijst zijn naast doelen en onderzoeksvragen ook andere aspecten van gezondheidsonderzoek rond windturbines geïnventariseerd. Er waren twee typen vragen: enerzijds het aangeven op een vijfpuntschaal in hoeverre een bepaald doel/onderzoeksvraag of aspect belangrijk werd gevonden, en anderzijds de mogelijkheid om andere doelen, vragen, aspecten of opmerkingen te noemen. De volledige online vragenlijst staat in bijlage 1.

De aanvullende doelen die met de online vragenlijst zijn geïnventariseerd, zijn onderverdeeld naar het type doel (IJzermans 2014). Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Wetenschappelijke / leerdoelen;
- beleidsmatige doelen;
- maatschappelijke doelen;
- zorginhoudelijke doelen.

Het vierde type is met name relevant bij gezondheidsonderzoek na rampen, waarbij het bijdraagt aan goed afgestemde zorg en behandeling van getroffen en door zorgverleners. Dit doel is voor het onderhavige onderwerp verder buiten beschouwing gelaten.

2.2.3 *Werksessie*

De beoordeling van de onderzoeksdoelen en de aanvullende suggesties uit de online vragenlijst zijn besproken in een online werksessie op 25 januari 2022. Hieraan hebben 29 personen deelgenomen namens verschillende belanghebbende groepen (NLVOW, NKPW, Wind Wiki, NWEA, Energie Samen, Arcadis, GGD, LUMC, Ministeries van EZK, IenW en VWS, VNG, provincies, RVO, NP-RES en RIVM). Hierbij was ruimte voor reflectie op de onderzoeksdoelen en onderzoeksmogelijkheden beschreven in de vooraf opgestuurde notitie. De discussiepunten die aanbod kwamen waren:

- Herkennen jullie de doelen/onderzoeksvragen?
- Zijn er nog belangrijke aanvullende doelen die niet naar voren zijn gekomen?
- Zijn er nog andere belangrijke aspecten die nog niet naar voren zijn gekomen?

2.3 **Mogelijkheden voor onderzoek**

2.3.1 *Webinar*

Tijdens de webinar waren door het RIVM verschillende typen monitoring en andere vormen van gezondheidsonderzoek gepresenteerd. Er werd onderscheid gemaakt tussen kwantitatief en kwalitatief onderzoek. Voor elk type onderzoek werd aangegeven welke doelen het kan dienen, wat de context is en welke gegevensbronnen er kunnen zijn. Ook werden verschillende dimensies benoemd die een rol kunnen spelen, waaronder de fase van het proces, de verwachtingen en het schaalniveau.

2.3.2 *Online vragenlijst*

Op basis van het overzicht uit de webinar en de belangrijkste doelen die in de vragenlijst naar voren kwamen, is een aantal mogelijke typen onderzoek geselecteerd en verder uitgewerkt. Voor elk van de typen is bekeken welke

doelen/onderzoeksvragen daarmee kunnen worden beantwoord en zijn algemene karakteristieken, voor- en nadelen en randvoorwaarden beschreven. Het betreft geen gedetailleerde uitwerking; er wordt uitgegaan van een brede opzet waar verschillende gezondheidsproblemen, blootstellingen en andere aspecten kunnen worden gecombineerd. Hierbij zijn de uitkomsten van de online vragenlijst betrokken. De daar aangegeven relevantie van verschillende aspecten van onderzoek was medebepalend voor het overzicht: fase van het proces, soorten gezondheidsproblemen, aspecten van windturbines en schaal van het onderzoek (zie bijlage 1, vragen 6-11).

2.3.3

Werksessie

Mogelijke typen gezondheidsonderzoek die aansluiten bij de eerder genoemde doelen, zijn tijdens de werksessie toegelicht. Er was ruimte voor verhelderende vragen en aanvullende suggesties op de presentatie en de vooraf opgestuurde notitie. Reflecties werden gegeven aan de hand van de volgende discussiepunten:

- Hoe beoordelen jullie de verschillende typen onderzoek in relatie tot de doelen?
- Zijn er nog andere criteria/aspecten die we kunnen meenemen bij het beoordelen van de geschiktheid van de verschillende typen?
- Welke typen kunnen het best worden overwogen om de onderzoeksvragen te beantwoorden?
- Zijn er nog suggesties voor andere typen onderzoek?

Deze reflecties zijn gebruikt om de onderzoeksmogelijkheden te specificeren. De onderzoeksopdracht voorzag niet in het uitvoeren van een gedetailleerd voorstel van specifieke onderzoeksoplossingen.

3 Doelen van onderzoek naar windturbines en gezondheid

3.1 Resultaten van de online vragenlijst

3.1.1

Respons

Er zijn in totaal 32 online vragenlijsten ingevuld. De respondenten gaven antwoord namens de volgende typen organisaties:

- Ministeries / landelijke overheden
- Decentrale overheden
- Omwonenden van (toekomstige) windturbines
- Verzet tegen windturbines
- Non-gouvernementele organisaties
- GGD-en en anderszins gezondheid, welzijn of geneeskundig
- Wetenschap
- Brancheorganisaties
- Adviesbureaus
- RES-regio's

Vragenlijsten waren ingevuld door de volgende vertegenwoordigers van deze organisaties:

- Bestuurders
- Inhoudelijk deskundigen en adviseurs
- Beleidsmakers
- Betrokken burgers

Voor zover van toepassing, waren de meeste invullers betrokken bij alle vier de fasen van het proces rondom windturbines:

- Plannen voor windturbines zijn in de beginfase
- Plannen voor windturbines zijn ver gevorderd
- Windturbines worden nu gebouwd
- Windturbines zijn reeds in werking

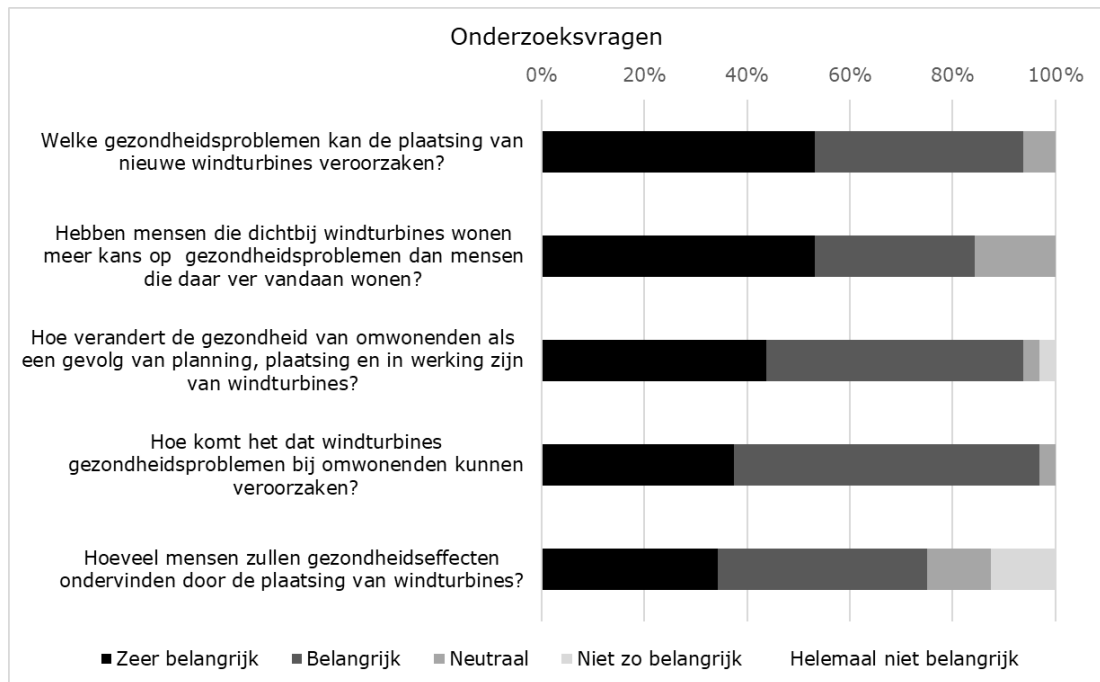
3.1.2

Overzicht en bespreking van de antwoorden

De verdeling van de antwoorden op de 'gesloten vragen' (in hoeverre iets belangrijk werd gevonden) staat hieronder per thema weergegeven. Alle gegeven antwoorden op de *open* vragen staan in bijlage 2. De bevindingen per thema (onderzoeksvragen, fasen, schaal, gezondheidsproblemen, aspecten, gebruiksdoelen) worden hieronder samengevat. Op de volgende pagina's staat een frequentieverdeling van de antwoorden op vragen 4, 6, 7, 8, 10 en 12 op basis van de 32 ingevulde vragenlijsten.

Onderzoeksvragen

Alle vijf de vooraf geformuleerde onderzoeksvragen (zie 2.2.1) worden door het overgrote deel van de respondenten belangrijk of zeer belangrijk gevonden (Figuur 3.1). Veel respondenten gaven daarnaast specifieke aspecten van deze onderzoeksvragen aan of noemden andere doelen/onderzoeksvragen die ze belangrijk vonden (zie bijlage 2, vraag 5).



Figuur 3.1 Verdeling antwoorden op vraag 4

Hieronder staat een overzicht van de antwoorden op de open vragen. Hierin zijn ook de antwoorden op open vragen anders dan vraag 5 in beschouwing genomen, voor zover die betrekking hebben op onderzoeksvragen en doelen. Er is onderscheid gemaakt tussen onderzoeksdoelen, beleidsmatige doelen en maatschappelijke doelen.

Onderzoeksdoelen

- Blootstellingskarakterisering
- Effecten op subgroepen
- Dosis-responsrelaties en de dynamiek hierin in de tijd
- Het belang van een schier oneindige reeks co-determinanten. Goed opletten dat alles wordt meegenomen. Ook percepties van blootstelling, bezorgdheden, controle, verontwaardiging over milieuongelijkheid etc.
- LFG en tonaal geluid
- Cumulatie van omgevingsfactoren
- Cumulatie en interactie van gezondheidseffecten
- Verschillen tussen locaties en personen
- Bisfenol A (erosie wieken)
- Bevindingen verklaren door kwalitatief onderzoek en interventies
- Effecten op vruchtbaarheid, concentratie (leren), reactietijden, hartritmevariabiliteit
- Monitoring
- Trillingen
- Nulmeting

Beleidsmatige doelen

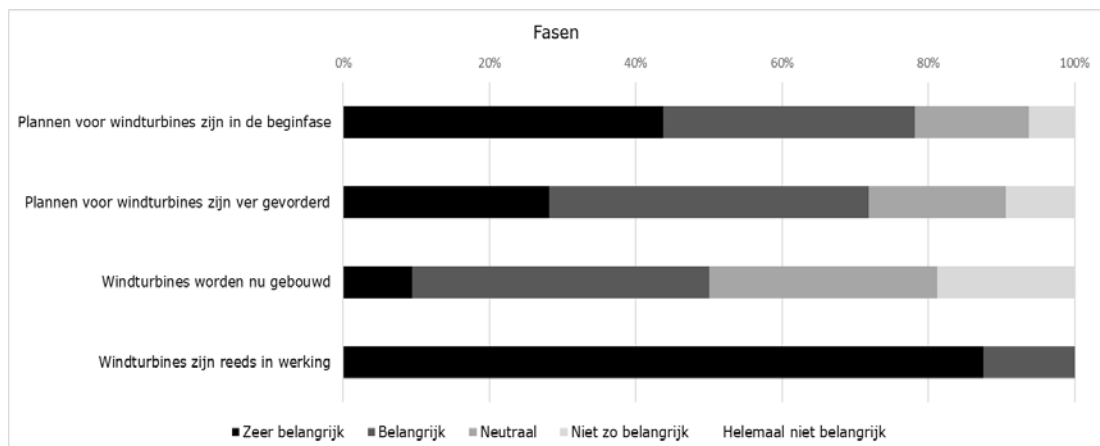
- Hinder en gezondheidsklachten verminderen
- Kunnen we en in welke mate gaan we welzijn en gezondheid nabij windturbines verbeteren
- Andere milieunormen voor windturbines
- Windturbines op land of niet in Nederland?
- Handelingsperspectieven voor en communicatie met omwonenden
- Norm voor tonaal geluid
- Monitoring

Maatschappelijke doelen

- Milieuegelijkheid voor alle Nederlanders
- Voorkomen van gezondheidsschade
- Duidelijkheid bieden in de discussie
- Duidelijkheid bieden t.b.v. de energietransitie
- Duidelijkheid bieden over geluid door windturbines aan omwonenden
- Controleerbaarheid door omwonenden, wellicht met een afstandsnorm
- Toepassen van voorzorg?
- Duidelijkheid bieden in communicatie en actie voor omwonenden

Fasen

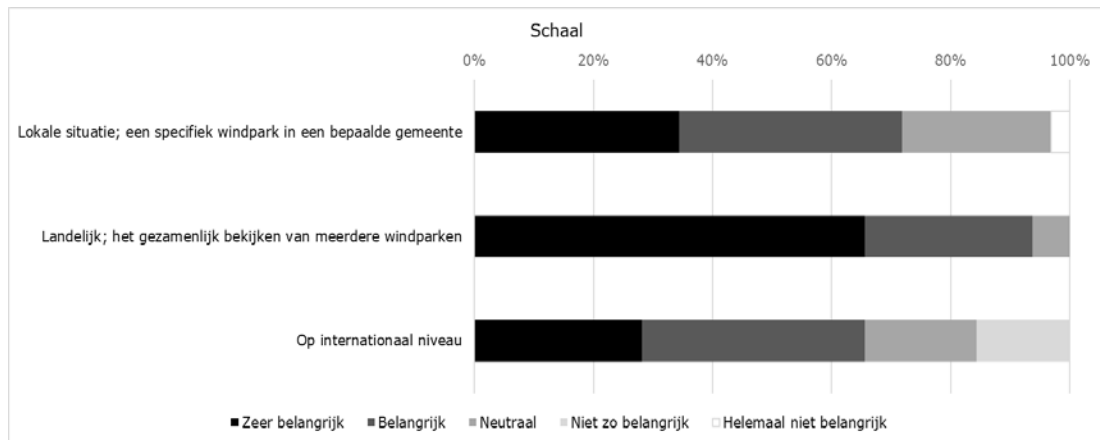
Wat betreft de fasen van het proces die specifiek in onderzoek moeten worden bekeken, wordt de fase waarbij de windturbines reeds in werking zijn duidelijk het belangrijkste gevonden (Figuur 3.2). Ook vindt het grootste deel van de respondenten de fase belangrijk of zeer belangrijk waarin plannen voor windturbines nog in het beginstadium zijn. In mindere mate wordt belang gehecht aan de fasen waarbij de plannen voor windturbines ver gevorderd zijn, en de fase waarbij windturbines al worden gebouwd.



Figuur 3.2 Verdeling antwoorden op vraag 6

Schaal

Wat betreft de schaal waarop onderzoek met name zou moeten worden uitgevoerd, wordt een landelijk onderzoek belangrijk gevonden: het bekijken van meerdere windparken (Figuur 3.3). De meerderheid van de respondenten geeft ook aan het belangrijk of zeer belangrijk te vinden dat onderzoek zich op een lokale situatie richt, en anderzijds om internationaal onderzoek te doen.

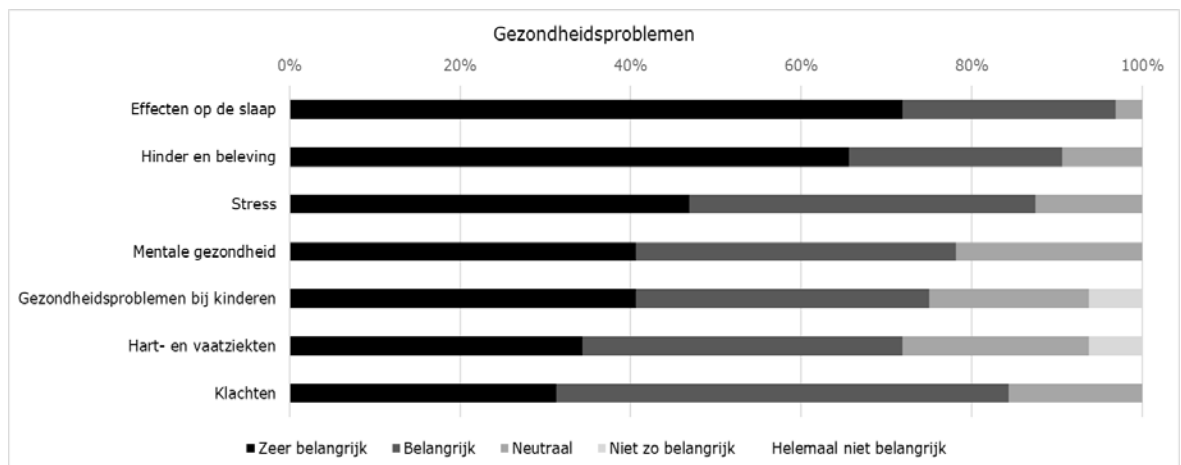


Figuur 3.3 Verdeling antwoorden op vraag 7

Gezondheidsproblemen

Voor elk van de zeven voorgestelde gezondheidsproblemen geldt dat de overgrote meerderheid het (zeer) belangrijk vindt om in onderzoek hieraan aandacht te besteden (Figuur 3.4).

Respondenten gaven daarnaast nog enkele andere gezondheidsproblemen aan, of benoemen specifieke aspecten (zoals van geluid) op gezondheidsproblemen in het algemeen (zie bijlage 2, vraag 9).

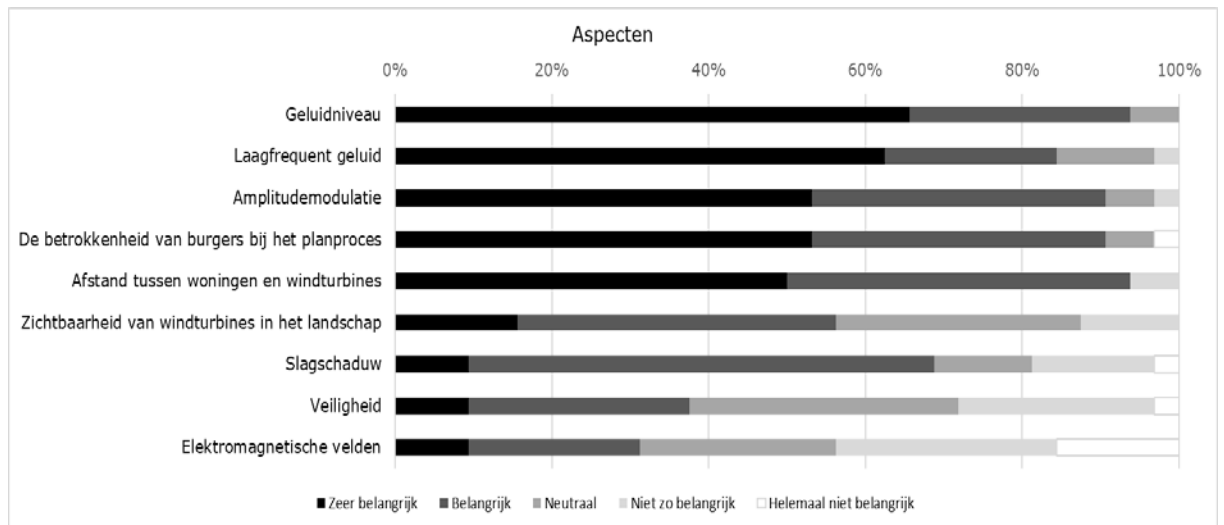


Figuur 3.4 Verdeling antwoorden op vraag 8

Aspecten

Aspecten van windturbines waaraan een gezondheidsonderzoek aandacht zou moeten besteden, hebben met name te maken met geluid (Figuur 3.5).

Daarnaast wordt de betrokkenheid van burgers bij het planproces en ook de afstand tussen woningen en windturbines door de meerderheid (zeer) belangrijk gevonden. Visuele en andere aspecten (co-determinanten) worden in mindere mate zeer belangrijk gevonden. Ook worden verschillende andere aspecten aangegeven die belangrijk worden gevonden (zie bijlage 2, vraag 11) zoals vertrouwen en draagvlak.



Figuur 3.5 Verdeling antwoorden op vraag 10

De antwoorden op de verschillende open vragen geven ook een beeld van de aspecten anders dan geluidblootstelling, die bij mogelijke gezondheidseffecten van windturbines een rol spelen. Deze aspecten staan bekend als co-determinanten (ook wel aangeduid als niet-akoestische factoren). Hieronder staan de co-determinanten opgesomd, die in verschillende open vragen door respondenten naar voren zijn gebracht:

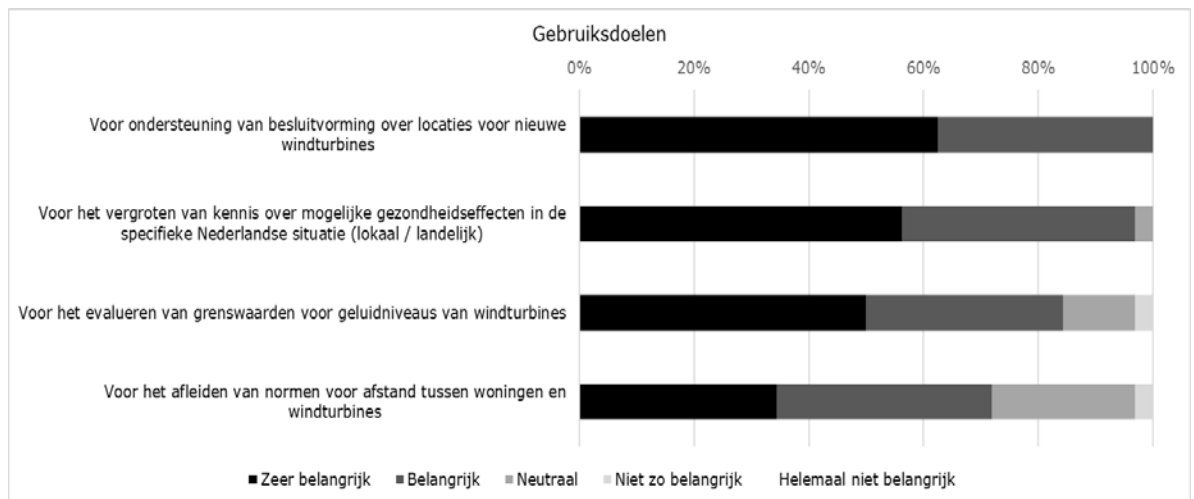
- Andere invloeden;
- communicatie, kennis over negatieve en positieve aspecten van windturbines (attributen);
- controle door info over hinderverwachtingen in een app en de mogelijkheid feedback te geven;
- negatieve houding t.o.v. windturbines;
- moment van betrokkenheid in het planproces;
- tegemoetkoming en compensatie van de omgeving;
- beleving van de hoogte van een windturbine;
- sentiment, houding, visuele hinder;
- welzijn;
- horizonvervuiling met industriële objecten;
- perceptie, bezorgdheid;
- redenen die weinig van doen hebben met daadwerkelijke blootstelling aan geluid en/of slagschaduw;
- eigendom van de windmolen, houding t.o.v. klimaat en duurzaamheid;
- betrokkenheid en participatie van omwonenden;
- perceptie van omgevingsfactoren;
- zichtbaarheid van de windturbine;
- maatregelen tegen hinder genomen, zeggenschap, compensatie;
- draagvlak bij omwonenden;
- controle, verontwaardiging over ongelijke milieukwaliteit en gedrag van bestuurders, vertrouwen;
- frustratie, gevoel van machteloosheid;
- procedurele oneerlijkheid.

Gebruiksdoelen

Waar zouden de resultaten van gezondheidsonderzoek rond windturbines met name voor moeten worden gebruikt? Nagenoeg iedereen vindt ondersteuning van besluitvorming over locaties voor nieuwe windturbines, en het vergroten van

kennis over mogelijke gezondheidseffecten in de specifieke Nederlandse situatie belangrijk of zeer belangrijk (Figuur 3.6). In iets mindere mate worden ook het evalueren van grenswaarden voor geluidniveaus van windturbines, en het afleiden van normen voor afstand tussen woningen en windturbines belangrijk gevonden.

Ook worden andere gebruiksdoelen belangrijk gevonden (zie bijlage 2, vraag 13) zoals, informatie en communicatie.



Figuur 3.6 Verdeling antwoorden op vraag 12

In bijlage 2, vraag 14 ten slotte staan nog opmerkingen naar aanleiding van de vragenlijst die niet in de eerdere open vragen waren aangegeven.

3.1.3 Resultaten van de werksessie

De resultaten zoals beschreven in 3.1.2 zijn gepresenteerd in de werksessie. De doelen en onderzoeksvragen werden in het algemeen goed herkend. Er kwamen nog enkele aanvullende aspecten naar voren (zie bijlage 3a). Ook hebben deelnemers kort na de werksessie nog een wetenschappelijke publicatie en een bestaande registratie van klachten over hinder door windturbines specifiek onder de aandacht gebracht.

3.2 Samenvatting en conclusies

Op basis van de webinar zijn vijf doelen als onderzoeksvragen geformuleerd. In de vragenlijst worden deze breed onderschreven als belangrijke doelen van gezondheidsonderzoek. Daarnaast komen ook nog enkele aanvullende doelen naar voren, zoals karakterisering van de (geluid)bloomstelling en van co-determinanten en mogelijke effecten door erosie van de wieken en het daarbij vrijkomen van gevaarlijke stoffen. Ook komen uit het vragenlijstonderzoek veel aspecten naar voren waar in gezondheidsonderzoek specifiek aandacht aan zou moeten worden besteed. Dit wordt bevestigd in de werksessie.

4 Mogelijkheden voor gezondheidsonderzoek

4.1 Inleiding

Verschillende soorten onderzoek kunnen complementair aan elkaar zijn om een (complexe) vraag over de invloed van de omgeving op de gezondheid te beantwoorden. De doelen zoals die in hoofdstuk 3 zijn besproken, kunnen voor een belangrijk deel worden beantwoord met behulp van onderzoek onder grote groepen mensen. In dit zogenaamde *epidemiologisch onderzoek* worden op groepsniveau verbanden onderzocht tussen bepaalde blootstellingen (zoals omgevingsfactoren) en gezondheidsproblemen. Dit in tegenstelling tot onderzoek waarbij wordt uitgegaan van een individuele benadering: bij een dergelijke benadering wordt in beeld gebracht hoe waarschijnlijk het is dat de ziekte van een individuele persoon het gevolg is van blootstelling aan bijvoorbeeld geluid van windturbines. Daartoe moet het specifieke gezondheidsprobleem van deze persoon worden vastgesteld. Daarnaast moet niet alleen de blootstelling zo goed mogelijk worden vastgesteld maar ook alle andere factoren die de ziekte kunnen verklaren moeten worden onderzocht.

Bevindingen uit epidemiologisch onderzoek vormen een belangrijke wetenschappelijke onderbouwing voor de kennis over mogelijke gezondheidseffecten van windturbines en kunnen een basis vormen voor het vaststellen van normen en grenswaarden. Ter ondersteuning van het beleid in Nederland is het belangrijk, maar niet per definitie noodzakelijk, dat (epidemiologisch) onderzoek ook voor de specifieke Nederlandse situatie wordt uitgevoerd.

Daarnaast zijn er ook andere vormen van onderzoek die aanvullend kunnen zijn op epidemiologische onderzoeken, of daar een verdieping van vormen. Deze vormen van onderzoek sluiten voor een deel ook aan op aanvullende doelen zoals die in de online vragenlijst naar voren zijn gekomen (zie Tabel 3.1). Resultaten van onderzoek buiten Nederland kunnen ook waardevol zijn.

Een eerste overzicht van onderzoeksmogelijkheden is besproken in de werksessie. Het commentaar is opgenomen in bijlage 3b.

4.2 Epidemiologisch onderzoek

4.2.1 *Karakterisering van blootstelling, gezondheid en co-determinanten*

In epidemiologisch onderzoek moet eerst de onderzoekspopulatie worden gekozen. Vervolgens moeten gezondheid, blootstelling en co-determinanten worden gedefinieerd en bepaald wat gegevensbronnen daarvan kunnen zijn.

4.2.1.1 Onderzoekspopulatie

Om verbanden tussen blootstellingen en gezondheidsproblemen te onderzoeken zijn voldoende aantallen personen nodig. Hoeveel precies hangt onder meer af van de opzet, hoe vaak het gezondheidsprobleem voorkomt en hoe groot het risico is dat dit door de blootstelling in kwestie wordt veroorzaakt. Eerst moet worden nagegaan wat de risicopopulatie is: hoeveel mensen worden potentieel blootgesteld en kunnen daardoor een risico lopen op gezondheidseffecten. In de onderzoekspopulatie vervolgens moet voldoende contrast bestaan in blootstelling tussen mensen en/of in de tijd. Hoewel variërend per type epidemiologisch onderzoek, is wel duidelijk dat een belangrijk deel van de onderzoekspopulatie

moet wonen op relatief korte afstand van (een) windturbine(s). Om enig gevoel te krijgen voor aantallen mensen, is nagegaan hoeveel mensen in Nederland momenteel tot 2500 meter van een windturbine wonen. De [Basisregistratie Adressen en Gebouwen](#) uit 2021 bevatte ruim acht miljoen (8.069.418) adressen van woningen. Door deze gegevens te koppelen met informatie over de locatie van windturbines (van ten minste 100 kW en ten minste 15 meter hoog) kan worden berekend hoeveel mensen binnen een bepaalde afstand van een windturbine wonen. De resultaten staan in Tabel 4.1. Uit de tabel blijkt dat in 2021 bijna 1% van de woningen binnen een straal van 1 kilometer staat van een windturbine van ten minste 100 kW en ten minste 15 meter hoogte. Ongeveer 88% van de woningen staat meer dan 2,5 km van een windturbine.

Tabel 4.1 Aantallen woningen in de nabijheid van windturbines in 2021

Afstand van woning tot turbine	Aantal woningen	Percentage van totaal
<500 meter	6.325	0,08%
<1000 meter	77.013	0,95%
<1500 meter	279.452	3,5%
<2000 meter	586.192	7,3%
<2500 meter	995.996	12,3%

Als alle nieuwe windturbines die in de RES'en gepland staan worden gerealiseerd, zouden in 2030 naar schatting 22% van de woningen in Nederland binnen 2500m van een windturbine liggen ([Mulder, 2022](#)).

In een geschikte onderzoekspopulatie moeten er mensen zijn zonder gezondheidsproblemen en mensen met gezondheidsproblemen. Verder moet de onderzoekspopulatie geschikt zijn om de specifieke onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, bijvoorbeeld mensen in een bepaalde regio of in een bepaalde leeftijdsgroep. De WHO ([2018](#)) beveelt aan om onderzoek te doen in gevoelige groepen zoals kinderen, ouderen en mensen met een verminderde (lichamelijke of geestelijke) gezondheid.

Ten slotte zijn er verschillende aspecten in het kader van de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) om de vertrouwelijkheid van (gevoelige) persoonsgegevens te waarborgen. Dit kan betekenen dat voor bepaalde onderzoeksgegevens geïnformeerde toestemming van alle deelnemers nodig is. Voor gebruik van bepaalde registraties en administratief vastgelegde gegevens is dit niet altijd nodig als gebruik wordt gemaakt van de [afgeschermd elektronische omgeving van het CBS](#) om de gegevens te bewerken, te koppelen met andere informatie en te analyseren.

4.2.1.2 Gezondheid

In elk epidemiologisch onderzoek moet voor elk individu in de studiepopulatie de gezondheid worden gekarakteriseerd. Afhankelijk van de opzet, kan dit om meerdere gezondheidseindpunten gaan die relevant zijn in relatie tot het wonen dichtbij windturbines die in hoofdstukken 1 en 3 aan de orde zijn gekomen.

Blootstelling aan omgevingsgeluid *in het algemeen* kan leiden tot verschillende nadelige effecten op de gezondheid die variëren in ernst en klinische relevantie. Belangrijke effecten zijn hinder, slaapverstoring, acute fysiologische responsen (zoals ontwaakreacties), cognitieve responsen (zoals effecten op de leerprestaties van kinderen), chronische fysiologische responsen (zoals hoge

bloeddruk of overgewicht), en klinische eindpunten zoals hart- en vaatziekten, metabole aandoeningen en gehoorverlies ([WHO, 2018](#)). Niet voor al deze effecten is de bewijskracht voor een relatie met de blootstelling aan omgevingsgeluid even sterk. De bewijskracht is het sterkst voor hinder en effecten op de slaap en het hartvaatstelsel. De invloed van omgevingsgeluid kan vooral worden verklaard door stress.

Gezondheidseffecten kunnen zich bovendien op verschillende tijdstippen na blootstelling manifesteren: [i] direct na blootstelling, bijvoorbeeld in het slaapgedrag (men ontwaakt eerder of vaker) of als een lichamelijke reactie (verandering in de hartslag); [ii] korte tijd na blootstelling, bijvoorbeeld na een dag of enkele dagen zoals effecten op de concentratie na een door geluid verstoorte nacht; [iii] wat langere tijd na blootstelling, bijvoorbeeld maanden tot enkele jaren zoals hinder of hoge bloeddruk; en [iv] 10 jaar of langer na blootstelling, bijvoorbeeld een hartaanval.

De verschillende soorten gezondheidseffecten kunnen op verschillende manieren worden vastgesteld in onderzoek. Hinder wordt doorgaans gemeten met behulp van gestandaardiseerde vragen met een schaal van 0 tot 10 als onderdeel van een vragenlijst of interview. De effecten op de slaap kunnen worden bepaald met vragenlijsten, lichamenlijk onderzoek (bijvoorbeeld met elektro-encefalografie, actometers of metingen van cortisol in bloed of urine) of via gezondheidsregistraties. Ook effecten op het hartvaatstelsel kunnen op verschillende manieren worden bepaald: via vragenlijsten, met bloeddrukmeters, door analyse van hormonen in bloedmonsters, via medicijngebruik en door analyse van ziekenhuisopnames.

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen het actief verzamelen van gezondheidsgegevens van de deelnemers, en het gebruiken van routinematig verzamelde gegevens zoals registraties (zoals zorggebruik en gerapporteerde klachten aan en diagnoses door de huisarts). Als gegevens binnen het onderzoek actief worden verzameld bij de deelnemers, betreft dat veelal de huidige gezondheidssituatie die recentelijk of langer geleden is ontstaan. Veelgebruikte methoden zijn het gebruik van vragenlijsten, persoonlijke interviews of dagboekjes om onder meer hinder en andere gezondheidsklachten in kaart te brengen. Ook kan naar gezondheid en ziekte in het verleden worden gevraagd. Een andere methode bestaat uit het uitvoeren van lichamenlijke testen, zoals bijvoorbeeld bloeddrukmetingen of hartritmeonderzoek.

Gegevens uit registraties (eerder voor een ander doel vastgelegde informatie) hebben in de regel betrekking op de gezondheidstoestand en het zorggebruik in het verleden. Het betreft onder meer consulten bij en diagnoses door de huisarts, registratie van ziekenhuisopnames en medicijngebruik. Op deze manier kan op een efficiënte manier vergelijkbare informatie over gezondheid van grote groepen mensen worden gebruikt.

4.2.1.3 Blootstelling

Naast de gezondheid moet ook aan elk individu in een epidemiologisch onderzoek een kwalitatieve of kwantitatieve maat van de relevante blootstelling worden toegekend. Bij windturbines kan er naar verschillende blootstellingen gekeken worden zoals geluid en visuele aspecten zoals slagschaduw. Een eenvoudige blootstellingsindicator is de afstand van de woning tot de windturbine(s). Dat zegt niet veel over de mate van blootstelling aan geluid of slagschaduw, maar is wel een benadering van de mate waarin omwonenden met

de verschillende aspecten van windturbines te maken hebben of hebben gehad. Afhankelijk van de opzet van het onderzoek is zowel de huidige situatie als de situatie in het verleden belangrijk. De individuele woonhistorie is vastgelegd in de Basisregistratie Personen, en met behulp van Geografische Informatie Systemen kan de afstand tot windturbines in het verleden worden bepaald. Ook is het mogelijk hier onderscheid te maken in typen windturbines op basis van vermogen, tiphoogte, ashoogte en diameter van de rotor.

De afstand tussen windturbine en woning levert in de regel geen goede schatting op van de relevante geluidblootstelling. Die is namelijk van veel meer factoren afhankelijk zoals ondergrond en weersomstandigheden. Voor verschillende typen ondergrond en landschap kan het geluidniveau anders zijn bij dezelfde afstand tot een windturbine. Dat komt onder andere doordat de voortplanting van geluid verschilt per bodemtype en over water weer anders is. In onderzoek naar de invloed van het geluid van de windturbines is het dan ook belangrijk de geluidblootstelling te bepalen.

Voor een aantal belangrijke bronnen van omgevingsgeluid, is redelijk goed in kaart gebracht waar in Nederland hoeveel geluid aanwezig is. Veelal zijn dit schattingen gebaseerd op rekenmodellen ([Schreurs, 2010](#)). Voor geluid van windturbines zijn ook modellen ontwikkeld voor het geluidniveau bij de bron. Deze hangen onder meer af van het vermogen van de turbine en de windsnelheid. Deze modellen kunnen worden toegepast op grotere gebieden maar resulteren niet in een accurate schatting van het geluidniveau op een specifieke locatie ([Schreurs, 2010](#)).

Veel geluidmodellen leveren geen informatie op over specifieke akoestische factoren zoals de frequenties (inclusief laagfrequent geluid), tonale componenten en amplitudemodulatie. Deze aspecten worden op hun beurt weer sterk beïnvloed door onder andere weersomstandigheden en omgevingsfactoren ([Van Kamp en Van den Berg, 2020b](#)). Ook is de middelingstijd vaak relatief lang. Dit sluit aan bij de conclusie van de WHO ([2018](#)) dat gewogen gemiddelden over (delen van) een etmaal zoals L_{den} en L_{night} geen goede akoestische beschrijving zijn van windturbinegeluid en dat daardoor de mogelijkheden beperkt zijn om relaties met gezondheid vast te stellen.

Een alternatief voor het gebruiken van modellen is het meten van de geluidblootstelling. Geluid heeft echter een heel lokaal karakter en daardoor is het lastig om de resultaten van een meting in een bepaalde straat bij een bepaald huis zomaar toe te passen op een ander huis een straat verderop. Een meting op een bepaalde plek kan dus een goed beeld geven over de plek waar de meting plaatsvindt maar zegt vaak minder over een wat groter gebied.

4.2.1.4 Co-determinanten

Naast geluidblootstelling moet ook informatie over andere factoren worden verzameld die van invloed kunnen zijn op de gezondheid of op de relatie tussen (geluid)blootstelling en gezondheid. Dit zijn persoonlijke, contextuele en situationele factoren die betrekking kunnen hebben op het wonen dichtbij windturbines, zoals onder andere geluidgevoeligheid en de mate van betrokkenheid bij het proces van besluitvorming over plaatsing ([WHO, 2018](#)). Daarnaast kunnen andere factoren van belang zijn zoals leeftijd, achterliggende gezondheidsproblemen en tijdbesteding rond de woning. De meeste van deze gegevens kunnen het best met een vragenlijst of interview bij de deelnemers aan epidemiologisch onderzoek worden verzameld.

4.2.2 *Mogelijke typen epidemiologisch onderzoek*

Hieronder worden vier typen epidemiologisch onderzoek besproken die denkbaar zijn rond het thema windturbines en gezondheid. Deze typen verschillen in opzet en tijdvenster. Voorbeelden van deze typen voor verschillende gezondheidsuitkomsten zijn te vinden in Van Kamp en Van den Berg ([2021](#)).

4.2.2.1 Prospectief cohortonderzoek

Bij dit type onderzoek wordt een grote groep mensen (een 'cohort') voor langere tijd gevolgd. De volgorde van de waarnemingen (eerst blootstelling dan gezondheidsproblemen) valt samen met de natuurlijke loop van de gebeurtenissen. Bij de deelnemers wordt met enige regelmaat over een aantal jaren vastgesteld wat de blootstelling is en wordt 'afgewacht' bij wie bepaalde gezondheidsproblemen optreden zoals hart- en vaatziekten. Prospectief cohortonderzoek wordt doorgaans gebruikt voor (chronische) aandoeningen die na langere tijd ontstaan. Het is vaak een grootschalige en complexe onderneming die voor vele jaren inspanningen vraagt.

Voor onderzoek rond windturbines kun je bij 'blootstelling' denken aan de afstand van de woning tot een windturbine en/of het geluid veroorzaakt door de windturbine. Gezondheidsproblemen kunnen worden vastgesteld via periodieke vragenlijsten (klachten, slaapverstoring, hinder) en via (periodiek) lichamelijk onderzoek (bijvoorbeeld bloeddruk). Daarnaast kan ook gebruik worden gemaakt van gezondheidszorgregistraties van bijvoorbeeld huisartsen en ziekenhuizen (zorgconsumptie, diagnose en behandeling van aandoeningen). Ook kan via een vragenlijst informatie worden verzameld over co-determinanten. Dit omvat ook factoren anders dan windturbines die de gezondheidsproblemen kunnen veroorzaken en de relatie tussen windturbines en gezondheid kunnen beïnvloeden. Afhankelijk van de verzamelde informatie kunnen blootstelling-effectrelaties tussen geluidniveau en/of afstand en bijvoorbeeld de mate van hinder en slaapverstoring worden beschreven. Tot op heden zijn in de literatuur geen prospectieve cohortstudies bekend waarin de effecten van (het geluid van) windturbines op de gezondheid zijn onderzocht. Wel zijn er prospectieve cohortstudies bekend waarin de effecten van bijvoorbeeld geluid van wegverkeer op gezondheid zijn onderzocht.

4.2.2.2 Panelstudie

Een andere manier om mensen in de tijd te volgen is met een panelstudie. Doel is vaak om het effect van veranderingen (al dan niet veroorzaakt door een interventie) te meten. Deelnemers aan een panel wonen in de buurt van een nog te bouwen windturbine of windpark, of bij reeds bestaande windturbine(s) waaraan maatregelen worden getroffen. Vervolgens worden op verschillende momenten in de tijd blootstelling, gezondheid en co-determinanten bij de mensen gemeten, bijvoorbeeld zowel vóór als na plaatsing en inwerkingstelling. De doorlooptijd is aanmerkelijk korter en de aantallen benodigde deelnemers zijn kleiner dan bij prospectief cohortonderzoek. Dit komt omdat vergelijkingen worden gemaakt *binnen* dezelfde deelnemers (voor en na de ingebruikname van de windturbine) en in mindere mate *tussen* verschillende (groepen) deelnemers.

Vanwege de kortere doorlooptijd kunnen in een panelstudie effecten op gezondheid worden onderzocht die al na relatief korte tijd optreden. De deelnemers worden in vergelijking met een prospectief cohortonderzoek vaak wel intensiever gevolgd. In een (elektronisch) dagboekje kunnen deelnemers klachten en hinder bijhouden en bepaalde activiteiten registreren. Gezondheidsproblemen kunnen worden gerelateerd aan operationele gegevens van de windturbine(s), resultaten van geluidmetingen, tijd en

weersomstandigheden. Ook bestaat de mogelijkheid om te onderzoeken wat het acute effect is van maatregelen om de hinder te reduceren. Dit kan als via bijvoorbeeld een app deelnemers hinder kunnen aangeven. Er bestaat al een app die hinder door geluid en slagschaduw kan voorspellen ([geluidsverwachting.nl](https://www.geluidsverwachting.nl)). Deze informatie van verschillende omwonenden kan worden gebruikt voor beslissingen over het in- en uitschakelen van de windturbine. Dit type onderzoek bevat een handelingsperspectief waarin [hinderreductie](#) centraal staat.

Omdat de effectiviteit van maatregelen niet alleen wordt bepaald door een eventuele reductie van de blootstelling aan bijvoorbeeld het geluid van de windturbine, is het ook belangrijk dat op de verschillende meetmomenten ook de verschillende co-determinanten goed in beeld worden gebracht, hetgeen in een panelstudie heel goed mogelijk is. Een voorbeeld van een panelstudie in Duitsland is beschreven door Langer e.a. ([2017](#)).

4.2.2.3 Historisch cohortonderzoek

Een andere manier om mensen in de tijd te volgen is terugkijken in plaats van vooruitkijken. Bij deze opzet hebben zowel de blootstelling als het optreden van gezondheidsproblemen al in het verleden plaatsgevonden. Net als bij prospectief onderzoek valt de volgorde van de waarnemingen samen met de natuurlijke loop van de gebeurtenissen. Door gebruik te maken van registraties over gezondheidsproblemen (bijvoorbeeld van de huisarts) kunnen alle fasen inclusief de situatie vóór de plannen of de operationalisering van de windturbine worden meegenomen. Dit kan antwoord geven op de vraag wanneer klachten voor het eerst optraden, voor of na de komst van de windturbine? In dit type onderzoek kan 'achteraf' nog maar moeilijk informatie van de deelnemers over ervaren klachten, hinder, gedrag en co-determinanten die een rol kunnen spelen in de relatie, in kaart kan worden gebracht. Ook de geluidsniveaus in het verleden kunnen niet meer worden gemeten, maar mogelijk wel geschat door middel van modellen. De populatie kan dynamisch zijn, wat betekent dat op verschillende tijdstippen in het verleden nieuwe mensen aan het cohort kunnen worden toegevoegd als er gegevens in betreffende periode voorhanden zijn. Bekende voorbeelden van historische cohortstudies naar de invloed van geluid van windturbines op de gezondheid zijn de *Danish Wind Turbine Study* en de *Danish Nurses Cohort*. In de eerstgenoemde studie is speciaal een cohort opgezet om de effecten van windturbinegeluid te onderzoeken (Poulsen, [2019](#)). De tweede studie is op basis van een bestaand cohort, dat dus niet speciaal was opgezet om de gezondheidseffecten van windturbines te onderzoeken (Bräuner, [2019](#)). Hoewel de onderzoekspopulaties groot waren, was de interpretatie van de resultaten lastig omdat in verhouding slechts een heel klein deel van de deelnemers is blootgesteld aan het geluid van windturbines. Het gevolg is dat gevonden verhogingen in het risico op ziekte in de hoogste blootstellingsgroepen vaak niet statistisch significant zijn en dus ook toevalsbevindingen kunnen zijn. Het feit dat er geen informatie is over co-determinanten als verwachtingen of bezorgdheid en gezondheidseffecten als hinder, maakt de interpretatie van de resultaten nog lastiger.

4.2.2.4 Dwarsdoorsnedeonderzoek

In dit type onderzoek worden blootstelling en gezondheidsproblemen op hetzelfde moment in kaart gebracht. De volgorde blijft in principe onduidelijk; wat was er eerst, de windturbine of de gezondheidsproblemen? Daardoor kan een oorzakelijk verband niet worden aangetoond. Een onderzoek zal zich in de praktijk richten op mensen die op verschillende afstanden van windturbines wonen. Het ligt voor de hand om gebruik te maken van een vragenlijst waarin

onder andere naar klachten, slaapverstoring, hinder, gedrag en co-determinanten wordt gevraagd. Daarnaast kan ook lichamelijk onderzoek worden gedaan, zoals het meten van de bloeddruk. Afhankelijk van de verzamelde informatie kunnen blootstelling-effectrelaties tussen geluidniveau en/of afstand en bijvoorbeeld de mate van hinder worden beschreven. Wanneer het onderzoek vaker in dezelfde vorm in hetzelfde gebied wordt herhaald, kan het als instrument voor monitoring worden gebruikt. Ten slotte kan een dwarsdoorsnedeonderzoek als basis dienen voor een prospectief onderzoek zoals beschreven bij 4.2.4. Een voorbeeld van een dwarsdoorsnedeonderzoek in Canada is beschreven door Michaud e.a. (2018).

De belangrijkste aspecten van de vier besproken typen epidemiologisch onderzoek staan samengevat in Tabel 4.2. Naast inhoudelijke aspecten is ook aangegeven voor welke fasen van het proces rond windturbines elk type onderzoek kan worden gebruikt, wat de schaal van het onderzoek het best kan zijn en wat de benodigde participatie van de deelnemers is. Er is hier uitgegaan van onderzoek in Nederland, dat ook in een internationale context kan worden uitgevoerd.

Tabel 4.2 Inhoudelijke en praktische aspecten van epidemiologische onderzoeksopties

	Prospectief cohortonderzoek	Panelstudie	Historisch cohort-onderzoek	Dwarsdoorsnede onderzoek
Populatie	Algemene bevolking, met grotere steekproef in de buurt van (toekomstige) windturbines	Wonen in de buurt van (toekomstige) windturbines	Algemene bevolking, bijvoorbeeld via huisartsen-praktijken	Algemene bevolking, met grotere steekproef in de buurt van windturbines
Schaal	Landelijk (of zelfs internationaal); groot aantal windparken	Bijvoorbeeld 10 windparken	Landelijk; groot aantal windparken	Landelijk; tientallen windparken
Aantal deelnemers	Vele duizenden	Honderden	Tienduizenden	Duizenden
Participatie deelnemers	Redelijk intensief (voor langere tijd)	Intensief	Beperkt	Matig intensief
Gezondheid	- Vragenlijst - Lichamelijk onderzoek - Registraties	- Vragenlijst - Dagboekje (Effecten op korte termijn)	- Registraties	- Vragenlijst - Lichamelijk onderzoek
Blootstelling	- Afstand woning-turbine - Combineren met geluidmetingen en/of modellering op woonadres	- Afstand woning-turbine - Combineren met geluidmetingen en/of modellering op woonadres	- Afstand woning-turbine - Modellen (historisch) geluid op woonadres?	- Afstand woning-turbine - Combineren met geluidmetingen en/of modellering op woonadres
Co-determinanten	- Vragenlijst (ook gedrag en beleving)	- Vragenlijst (ook gedrag en beleving)	- Vragenlijst (gedeeltelijk)	- Vragenlijst (ook gedrag en beleving)
Fase*	2,3,4	2,3,4	1,2,3,4	4
Doorlooptijd	Lang; afhankelijk van type gezondheidseffect meer dan 10 jaar	Middellang; 2-4 jaar	Relatief kort; 1-2 jaar	Relatief kort; 1-2 jaar

* Fase: (1) Plannen voor windturbines zijn in de beginfase; (2) Plannen voor windturbines zijn ver gevorderd; (3) Windturbines worden nu gebouwd; (4) Windturbines zijn reeds in werking

4.2.3 *Doelen die de verschillende typen epidemiologisch onderzoek kunnen dienen*
 In Tabel 4.3 staat in welke mate de vijf vooraf geformuleerde doelen/onderzoeksvragen (zie 2.2.1) kunnen worden beantwoord door elk van de vier typen onderzoek. Dit is aangegeven met een score in vier categorieën (van '-' tot '++'). De derde en vierde vraag zijn niet gemakkelijk te beantwoorden, de andere vragen kunnen met verschillende typen onderzoek goed worden beantwoord.

Tabel 4.3 Welke doelen kunnen met welke typen epidemiologisch onderzoek worden beantwoord?

Doel	Prospectief cohort	Panel	Historisch cohort	Dwars-doorsnede
Hebben mensen die dichtbij windturbines wonen meer kans op gezondheidsproblemen dan mensen die daar ver vandaan wonen?	++	±	++	+
Welke gezondheidsproblemen kan de plaatsing van nieuwe windturbines veroorzaken?	++	+	+	±
Hoe komt het dat windturbines gezondheidsproblemen bij omwonenden kunnen veroorzaken?	±	+	±	-
Hoeveel mensen zullen gezondheidseffecten ondervinden door de plaatsing van windturbines?	+	-	±	±
Hoe verandert de gezondheid van omwonenden als een gevolg van planning, plaatsing en in werking zijn van windturbines?	++	++	+	-

- ++ Deze vraag kan bij uitstek in dit type onderzoek worden beantwoord
- + Deze vraag kan redelijk of grotendeels in dit type onderzoek worden geadresseerd
- ± Deze vraag kan matig of slechts gedeeltelijk in dit type onderzoek worden geadresseerd
- Deze vraag kan helemaal niet in dit type onderzoek worden beantwoord

In Tabel 4.4 staat een overzicht van de mogelijke combinaties van doelen en typen epidemiologisch onderzoek (+ of ++ in tabel 4.3) met specifieke aspecten in aanvulling op die in Tabel 4.2.

Tabel 4.4 Beknopte uitwerking van mogelijke typen epidemiologisch onderzoek voor de verschillende doelen

Doel	Type	Uitwerking
Hebben mensen die dichtbij windturbines wonen meer kans op gezondheidsproblemen dan mensen die daar ver vandaan wonen?	Prospectief cohort-onderzoek	(Herhaalde) vragenlijst over o.a. hinder en slaapverstoring; lichamenteel onderzoek (o.a. bloeddruk); registraties zorggebruik en diagnoses - Basis voor dosis-effectrelaties
	Historisch cohort-onderzoek	Registraties zorggebruik en diagnoses
	Dwarsdoorsnede onderzoek	Vragenlijst over o.a. hinder en slaapverstoring; lichamenteel onderzoek (o.a. bloeddruk) - Basis voor dosis-effectrelaties
Welke gezondheidsproblemen kan de plaatsing van nieuwe windturbines veroorzaken?	Prospectief cohortonderzoek	(Herhaalde) vragenlijst over o.a. hinder en slaapverstoring; lichamenteel onderzoek (o.a. bloeddruk); registraties zorggebruik en diagnoses
	Panelstudie	Dagboekje over o.a. hinder, slaapverstoring en andere klachten
	Historisch cohortonderzoek	Registraties zorggebruik en diagnoses
Hoe komt het dat windturbines gezondheidsproblemen bij omwonenden kunnen veroorzaken?	Panelstudie	Dagboekje over o.a. hinder, slaapverstoring en andere klachten
Hoeveel mensen zullen gezondheidseffecten ondervinden door de plaatsing van windturbines?	Prospectief cohortonderzoek	(Herhaalde) vragenlijst over o.a. hinder en slaapverstoring; lichamenteel onderzoek (o.a. bloeddruk); registraties zorggebruik en diagnoses
Hoe verandert de gezondheid van omwonenden als een gevolg van planning, plaatsing en in werking zijn van windturbines?	Prospectief cohortonderzoek	(Herhaalde) vragenlijst over o.a. hinder en slaapverstoring; lichamenteel onderzoek (o.a. bloeddruk); registraties zorggebruik en diagnoses
	Panelstudie	Dagboekje over o.a. hinder, slaapverstoring en andere klachten
	Historisch cohortonderzoek	Registraties

De belangrijkste voor- en nadelen van de verschillende typen onderzoek zijn samengevat in Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Voordelen en nadelen van de epidemiologische onderzoeksopties

Type onderzoek	Voordelen	Nadelen
Prospectief cohortonderzoek	Juiste volgorde blootstelling → gezondheidsproblemen (oorzaak-gevolg) Potentieel versturende factoren kunnen al voor de ziekte is ontstaan worden nagevraagd Veel zeggingskracht, ook mogelijk oorzakelijk verband	Duurt lang voor er resultaten zijn Veel deelnemers nodig met regelmatig contact Vooral geschikt voor gezondheidsproblemen die op langere termijn optreden Kostbaar
Panelstudie	Mogelijk onderzoek naar interventies Informatie over co-determinanten worden verzameld op het meest relevante moment	Vooral gezondheidseffecten die relatief snel optreden
Historisch cohortonderzoek	Ook situatie van vóór eerste plannen windturbines kan worden meegenomen	Geen informatie over klachten, hinder en beleving Weinig of matige informatie over co-determinanten
Dwarsdoorsnede-onderzoek	Relatief kortdurend en goedkoop Mogelijke 'nulmeting' voor follow-up	Alleen informatie over fase waarbij windturbines al in werking zijn Geen oorzakelijk verband (oorzaak en gevolg)

4.3 Andere vormen van onderzoek

In aanvulling op of verdieping van epidemiologische onderzoek, kunnen andere vormen van onderzoek ook relevant zijn voor gezondheidsaspecten van windturbines. De verschillende vormen worden hieronder kort besproken.

4.3.1 Systematische review en meta-analyse

In een (systematische) review wordt een samenvatting gegeven van de laatste stand van zaken in de internationale (wetenschappelijke) literatuur in een bepaald vakgebied. Alle beschikbare informatie wordt in samenhang beoordeeld door experts. Het doen van een (systematische) review geeft op een snelle en relatief goedkope manier inzicht in een onderwerp (zie ook 1.2 en <https://www.lumc.nl/org/walaeus/wegwijzers/reviews/>). Een groot deel van de literatuur betreft onderzoek dat buiten Nederland is gedaan.

Gegevens uit verschillende onderzoeken kunnen worden gecombineerd in een meta-analyse. Combinatie van de gegevens hangt af van de vergelijkbaarheid op het gebied van opzet, deelnemers, blootstellingen en uitkomstmaten. De resultaten van de verschillende onderzoeken met voldoende kwaliteit worden systematisch naast elkaar gezet en een gewogen gemiddelde van het risico wordt berekend.

4.3.2 Klachtenregistratie

Registratie van ervaren klachten door omwonenden kan inzicht geven in de mate van overlast die mensen ten gevolge van windturbines ervaren. Mogelijkheden zijn een centrale klachtenregistratie of een uniform klachtenformulier dat bij verschillende lokale klachtenregistraties wordt toegepast. Om inzicht te krijgen in het vóórkomen en de omvang van de overlast zou het aantal mensen dat

klaagt over windturbines, het aantal klachten en de plaats waar deze mensen wonen (ten opzichte van windturbines) in kaart kunnen worden gebracht. Bekeken zou moeten worden welke andere aspecten (zoals weersomstandigheden) verder nog geregistreerd moeten worden. Deze klachten zouden bijvoorbeeld elk jaar in kaart kunnen worden gebracht. Dit kan onderdeel vormen van een gezondheidsmonitoringsysteem. Het voordeel van het op deze wijze presenteren is dat direct zichtbaar wordt in welke gebieden veel klachten optreden. Zo zouden bijvoorbeeld "probleemgebieden" kunnen worden gedefinieerd. De interpretatie is hoofdzakelijk kwalitatief; dit type registratie is doorgaans kwantitatief moeilijk te duiden. Geregistreerde klachten geven vaak geen volledig beeld van de werkelijke overlast, uitgedrukt in het aantal gehinderden of de mate van hinder. De klachten kunnen zowel een onderschatting als een overschatting van de werkelijke hinder zijn. Redenen voor onderschatting kunnen zijn de onbekendheid met de klachtenregistratie, eventuele economische gebondenheid aan het windpark of gevoelens van berusting of onmacht bij omwonenden. Een mogelijke oorzaak van overschatting kan het georganiseerd indienen van klachten als actiemiddel zijn. Drie belanghebbende organisaties onderhouden al een [klachtenregistratie](#) gericht op windturbines.

Er bestaat al heel lang een klachtenregistratie voor geluid van vliegverkeer rondom Schiphol. In het verleden heeft RIVM deze klachten in kaart gebracht ([Franssen e.a. 1996](#)).

4.3.3 *Experimenteel onderzoek*

In experimenteel onderzoek wordt de invloed van een door de onderzoeker gecontroleerde factor zoals windturbinegeluid op de gezondheid onderzocht in een nagebootste situatie. Vaak worden hierbij twee groepen vergeleken (controle versus blootgestelden). In dit soort onderzoek kan gekeken worden naar gezondheidsuitkomsten die direct te meten zijn, bijvoorbeeld bloeddruk, slaapverstoring en hartritme. Dit type onderzoek vereist een intensieve participatie van de deelnemers.

4.3.4 *Kwalitatief onderzoek*

Kwalitatief onderzoek is vaak verkennend en beoogt inzicht te verkrijgen in onderwerpen waar nog weinig kennis over is. Het wordt gebruikt om concepten, gedachten of ervaringen te begrijpen. Veelgebruikte methoden zijn interviews met open vragen, observaties en literatuurstudies over concepten of theorieën. Een andere mogelijkheid is een focusgroep. Dit is een groepsdiscussie over een vastgesteld onderwerp om meningen te verzamelen. Kwalitatief onderzoek kan een vervolg krijgen in kwantitatief onderzoek, bijvoorbeeld in enquêtes om na te gaan in welke mate de bevindingen in een populatie voorkomen. Een andere vorm van kwalitatief onderzoek zijn case studies. Hierbij wordt concreet en diepgaand onderzoek gedaan naar een bepaalde persoon of situatie. Hieronder valt ook medisch onderzoek bij individuen met bepaalde gezondheidsproblemen.

4.3.5 *Gezondheidseffectschatting*

Dit staat ook bekend als health impact assessment en is een combinatie van methoden, procedures en instrumenten om een beleidsvoorstel, programma of project te beoordelen op de mogelijke effecten voor de gezondheid. Naast gegevens over blootstelling en gezondheid is vaak input nodig vanuit epidemiologische studies, bijvoorbeeld voor blootstelling-effectrelaties. Zie ook <https://www.rivm.nl/health-impact-assessment-hia/wat-is-health-impact-assessment>. Een recent voorbeeld van een gezondheidseffectschatting

met betrekking tot wind turbines is opgenomen in Welkers e.a. (2020). Daarin is met behulp van de verdeling van de Nederlandse bevolking over geluidniveaus van windturbines en blootstelling-responsrelatie geschat dat in Nederland ruim 7.300 volwassenen ernstig worden gehinderd door het geluid van windturbines. In vergelijking tot geluid van weg-, rail- en vliegverkeer (waarvoor ook schattingen waren opgenomen in het rapport) ging het hier om kleine aantallen.

In Tabel 4.6 staat aangegeven welke andere vormen van onderzoek relevant kunnen zijn voor de vijf verschillende doelen al dan niet als aanvulling op epidemiologisch onderzoek (zie Tabel 4.2).

Tabel 4.6 Welke andere vormen van onderzoek kunnen bijdragen aan de vijf onderzoeksdoelen?

Doelen gezondheidsonderzoek	Andere vormen van onderzoek
Hebben mensen die dichtbij windturbines wonen meer kans op gezondheidsproblemen dan mensen die daar ver vandaan wonen?	- Systematische review en meta-analyse
Welke gezondheidsproblemen kan de plaatsing van nieuwe windturbines veroorzaken?	- Systematische review en meta-analyse - Kwalitatief onderzoek - Klachtenregistratie - Gezondheidseffectedchatting
Hoe komt het dat windturbines gezondheidsproblemen bij omwonenden kunnen veroorzaken?	- Experimenteel onderzoek - Kwalitatief onderzoek
Hoeveel mensen zullen gezondheidseffecten ondervinden door de plaatsing van windturbines?	- Gezondheidseffectedchatting
Hoe verandert de gezondheid van omwonenden als een gevolg van planning, plaatsing en in werking zijn van windturbines?	- Kwalitatief onderzoek - Gezondheidseffectedchatting

4.4 Combinaties van verschillende typen in een onderzoeksproject

Verschiede typen onderzoek kunnen binnen een groot onderzoeksproject gecombineerd worden. Dit kan een overweging zijn om verschillende doelen binnen een onderzoeksproject te kunnen adresseren. Gegeven de vier mogelijke typen epidemiologisch onderzoek is een aantal combinaties met meerwaarde denkbaar.

Dwarsdoorsnede en historisch cohort

In een dwarsdoorsnedeonderzoek kan een historische component worden opgenomen waar gegevens uit gezondheidsregistraties worden gebruikt. Dit betekent in de praktijk dat een grote groep mensen (met verschillende woonafstanden tot windturbines) een vragenlijst invult over zowel de huidige situatie als het verleden. Daarin kan ook toestemming worden gevraagd om gegevens uit bijvoorbeeld huisartsenregistraties te gebruiken zodat die kunnen worden gekoppeld aan de nieuwe informatie die wordt verzameld.

Dwarsdoorsnede en panelstudie

Een mogelijkheid is om op basis van een vragenlijstonderzoek onder een grote groep mensen –met verschillende woonafstanden tot (toekomstige)

windturbines– een selectie van de deelnemers uit te nodigen voor een panelstudie. Zij worden dan gedurende een periode intensiever gevolgd.

Daarnaast kunnen combinaties met andere vormen van onderzoek een meerwaarde hebben.

- Het actualiseren van de internationale kennis door middel van een systematische review is een belangrijke aanvulling op alle typen onderzoek.
- Kwalitatief onderzoek door middel van interviews naar zorgen, hinder en houding ten opzichte van windturbines kan een verdieping zijn van de inzichten die uit een meer kwantitatief (epidemiologisch) onderzoek komen.
- Een gezondheidseffectschatting kan volgen op een epidemiologisch onderzoek waar een verband tussen een windturbinegerelateerde blootstelling en een gezondheidsprobleem is gevonden.

5 Synthese en advies

In dit onderzoek zijn de mogelijkheden voor gezondheidsonderzoek rond windturbines in Nederland verkend, die een aanvulling kunnen zijn op de huidige kennisbasis. Eerst is een overzicht gemaakt van mogelijke doelen voor een dergelijk onderzoek. Vervolgens zijn, uitgaande van de doelen, mogelijke typen onderzoek op een rij gezet. In andere rapportages van het RIVM was al eerder een systematische review beschreven waarin een overzicht is gegeven van de stand van de wetenschappelijke kennis op het gebied van windturbines en gezondheid.

Doelen

Voor de betrokken belanghebbenden bleken verschillende (complementaire) doelen voor onderzoek relevant te zijn. Deze omvatten verschillende soorten:

- Wetenschappelijke onderzoeksdoelen, zoals het vaststellen of voor bepaalde gezondheidsproblemen een (oorzakelijk) verband met geluid en/of andere aspecten van windturbines kan worden aangetoond;
- beleidsmatige doelen, bijvoorbeeld hoe regelgeving kan worden aangepast door het hanteren van nieuwe normen voor windturbinegeluid;
- maatschappelijke doelen, die zich onder andere richten op de vraag hoe duidelijkheid en handelingsperspectieven kunnen worden geboden aan burgers waardoor problemen zoals hinder en slaapverstoring kunnen worden verminderd.

Onderzoeksopties algemeen

Resultaten van epidemiologisch onderzoek vormen een belangrijke wetenschappelijke onderbouwing voor de kennis over mogelijke gezondheidseffecten van windturbines. Daarom zijn in de eerste plaats mogelijke typen epidemiologisch onderzoek op een rij gezet die aansluiten bij de doelen. Verschillende typen epidemiologisch onderzoek hebben verschillende inhoudelijke en praktische voor- en nadelen. De keuze voor een bepaald type zal afhangen van zowel de specifieke probleemstelling als onder meer de beschikbare middelen en de termijn waarop resultaten beschikbaar zouden moeten komen. In epidemiologisch onderzoek kan ook de invloed van verschillende co-determinanten zoals persoonlijke, contextuele en situationele factoren onderzocht worden.

Een van de randvoorwaarden voor epidemiologisch onderzoek is een valide beoordeling van de blootstelling. In relatie tot windturbines zijn de methoden hiervoor nog beperkt, met name waar het gaat om de karakterisering van geluid. Hierbij komen aspecten naar voren als frequentie, middelingstijd en specifieke dagdelen (nacht), tonaal geluid en amplitudemodulatie. Een gedetailleerd blootstellingsonderzoek is nodig. Hieruit moet duidelijk worden hoe diverse aspecten van windturbines (o.a. geluid en slagschaduw) op een adequate wijze kunnen worden gekarakteriseerd voor toepassing in de verschillende typen epidemiologisch onderzoek.

In aanvulling op epidemiologisch onderzoek (in hoofdzaak kwantitatief onderzoek onder groepen mensen) kunnen andere vormen van onderzoek verdiepend en relevant zijn. Hieronder vallen onder meer literatuuronderzoek en kwalitatief belevingsonderzoek onder omwonenden van windturbines.

Typen onderzoek in relatie tot de onderzoeksvragen

Om de vijf relevante onderzoeksvragen te behandelen, zijn verschillende typen onderzoek mogelijk. Voor- en nadelen en randvoorwaarden hiervan zijn in het rapport beschreven en kunnen worden meegewogen voor het maken van beleidsmatige keuzes.

Doel 1: Hebben mensen die dichtbij windturbines wonen meer kans op gezondheidsproblemen dan mensen die daar ver vandaan wonen?

Opties: Prospectief cohortonderzoek, historisch cohortonderzoek of dwarsdoorsnede onderzoek, eventueel aangevuld met systematische review en meta-analyse.

Doel 2: Welke gezondheidsproblemen kan de plaatsing van nieuwe windturbines veroorzaken?

Opties: Prospectief cohortonderzoek, panelstudie of historisch cohortonderzoek, eventueel aangevuld met systematische review en meta-analyse en/of kwalitatief onderzoek en/of klachtenregistratie en/of gezondheidseffectschatting.

Doel 3: Hoe komt het dat windturbines gezondheidsproblemen bij omwonenden kunnen veroorzaken?

Opties: Panelstudie, eventueel aangevuld met experimenteel onderzoek en/of kwalitatief onderzoek.

Doel 4: Hoeveel mensen zullen gezondheidseffecten ondervinden door de plaatsing van windturbines?

Opties: Prospectief cohortonderzoek, eventueel aangevuld met gezondheidseffectschatting.

Doel 5: Hoe verandert de gezondheid van omwonenden als een gevolg van planning, plaatsing en in werking zijn van windturbines?

Opties: Prospectief cohortonderzoek, panelstudie of historisch cohortonderzoek, eventueel aangevuld met kwalitatief onderzoek en/of gezondheidseffectschatting.

Specifieke onderzoeksopties in relatie tot de kennisbasis

In hoofdstuk 1 is de stand van de internationale kennis op het gebied van windturbines en gezondheid kort samengevat. *Hinder* is het meest onderzochte gezondheidseffect van windturbines en er is voldoende bewijs voor een oorzakelijk verband tussen het wonen in de nabijheid van een windturbine en/of het geluid ervan, en hinder. Een aanvullend onderzoek naar hinder zou zich kunnen richten op het afleiden van blootstelling-effectrelaties (of dosis-effectrelaties) die specifiek zijn voor Nederland. Dit zou naast een wetenschappelijk-inhoudelijk doel, het op indirecte wijze schatten van de aantallen mensen met gezondheidseffecten, ook een beleidsmatig doel dienen als basis voor normering. In hoofdstuk 4 is naar voren gekomen dat een dwarsdoorsnedeonderzoek een goede basis kan vormen voor het afleiden van een dosis-effectrelatie voor hinder. Het is daarbij wel belangrijk dat relevante aspecten van de windturbines, zoals de geluidblootstelling, goed worden gekarakteriseerd. Zoals hierboven al aangegeven, is hiervoor eerst verdere methodeontwikkeling vereist. Een prospectief cohortonderzoek ligt hier minder voor de hand dan een dwarsdoorsnedeonderzoek vanwege de lange doorlooptijd en de focus op gezondheidsproblemen die relatief weinig voorkomen en/of pas na lange tijd duidelijk worden. Daardoor zouden zeer grote aantallen deelnemers nodig zijn.

In de internationale literatuur is voor *slaapverstoring* geen eenduidig verband aangetoond. Er is duidelijk beleidsmatige en maatschappelijke behoefte uitgesproken in deze verkenning om de relatie tussen windturbinegeluid en slaapverstoring in Nederland nader te onderzoeken en zo te zien of in Nederland wel of geen verband gevonden wordt. Daarnaast zou dit ook een wetenschappelijk doel dienen. Een dergelijk onderzoek kan als dwarsdoersnedeonderzoek worden uitgevoerd, met daarbij dezelfde randvoorwaarde als hierboven voor hinder genoemd: een goede karakterisering van de blootstelling aan geluid.

Voor *andere gezondheidseffecten* kan op basis van de wetenschappelijke literatuur geen verband met windturbinegeluid worden aangetoond. Dit komt deels omdat het (internationaal) nog te weinig is onderzocht. Vanuit de belanghebbenden kwam de behoefte naar voren om naast hinder en slaapverstoring ook mogelijke andere gezondheidseffecten te onderzoeken. Dit zou kunnen met behulp van een historisch cohortonderzoek waarin gebruik wordt gemaakt van gegevens uit registraties over onder andere hart- en vaatziekten. Echter, in een dergelijk onderzoek zou ook actief informatie over co-determinanten (zoals het kenmerkende geluid, visuele aspecten en betrokkenheid) en over hinder en slaapverstoring moeten worden verzameld omdat deze zowel met de blootstelling als de gezondheidseffecten kunnen samenhangen. Dit is voor de huidige situatie uitvoerbaar maar voor de situatie het verleden moeilijk.

Een onderzoek met (mede) een meer maatschappelijk doel om *hinder en gezondheidsklachten te reduceren* is ook denkbaar. Een passende onderzoeksvorm daarbij is een panelstudie. In een dergelijk onderzoek staat dan niet centraal het kunnen leggen van een verband tussen een WT (geluid of slagschaduw), maar of met praktische maatregelen de hinder gereduceerd kan worden. Hierin worden deelnemers naar het optreden van hinder en klachten gevraagd met het oogmerk de oorzaak van die klachten te bepalen en weg te nemen (waarvoor een parallelle inspanning nodig is). Dit kan resulteren in een set van toepasbare directe maatregelen om (geluid)blootstelling en daarmee hinder en gezondheidsklachten te reduceren. Hiermee worden omwonenden nauw betrokken bij het onderzoek en is het bovendien oplossingsgericht.

Belangrijke randvoorwaarden bij epidemiologisch onderzoek

De onderzoeksopties zijn in deze verkenning nog niet concreet en in detail uitgewerkt. Of onderzoeken naar de gezondheidseffecten van windturbines op overtuigende wijze bevindingen kunnen presenteren, is niet op voorhand duidelijk. Een belangrijk inhoudelijk aspect is de statistische zeggingskracht. Deze zal afhangen van hoe vaak het gezondheidseffect voorkomt en hoeveel mensen zijn blootgesteld. Het aantal mensen dat in Nederland relatief dichtbij een windturbine woont is beperkt voor een gedegen onderzoek met voldoende (statistische) zeggingskracht. Minder dan 1% van de woningen in Nederland staat binnen 1 km van een windturbine en daarom is het goed voorstelbaar dat een type onderzoek hierdoor niet voldoende statistische zeggingskracht heeft om overtuigende conclusies te kunnen trekken. Voor een prospectief cohortonderzoek kan hierdoor, zeker voor bepaalde gezondheidseindpunten die minder frequent en/of pas na langere tijd optreden, internationale samenwerking noodzakelijk zijn om een voldoende grote onderzoekspopulatie te kunnen verkrijgen. Andere randvoorwaarden betreffen voldoende respons op vragenlijsten en andere onderdelen van het onderzoek, waaronder soms

deelname voor langere tijd. Ook dient de vertrouwelijkheid van (gevoelige) persoonsgegevens op juiste wijze te worden geborgd.

Advies

Samengevat komen er vier typen onderzoek in Nederland met verschillende vraagstellingen specifiek naar voren:

- dosis-effectrelaties voor hinder via een dwarsdoorsnedeonderzoek;
- risicofactoren van slaapverstoring via dwarsdoorsnedeonderzoek;
- andere mogelijke gezondheidseffecten van windturbines via historisch cohortonderzoek;
- handvatten om bij bepaalde acute omstandigheden hinder en ander problemen door windturbines te kunnen reduceren, via een panelstudie.

Een onderzoeksproject hoeft zich niet te beperken tot één specifiek type. In een groot onderzoeksproject kunnen met een combinatie van dwarsdoorsnedeonderzoek, historisch cohortonderzoek en een panelstudie op een efficiënte wijze in een aantal jaren meerdere vragen worden geadresseerd. Bij de keuze van onderzoekspopulaties zouden ook de nieuw geplande locaties van windparken uit de RES'en moeten worden beschouwd, zodat ook gekeken kan worden naar de invloed van verschillende contextuele factoren waarvan de timing belangrijk is. Ter voorbereiding voor een grootschalig epidemiologisch onderzoek is methodeontwikkeling voor karakterisering van de blootstelling aan windturbinegeluid cruciaal.

6 Referenties

- Bijl, D. 2021. 'Gezondheidseffecten van windturbinegeluid. Analyse RIVM-rapporten.' <https://www.windwiki.nl/wp-content/uploads/2021/11/Gezondheidseffecten-van-windturbinegeluid-D.-Bijl-2021.pdf>
- Bräuner, E.V., J.T. Jørgensen, A.K. Duun-Henriksen, C. Backalarz, J.E. Laursen, T.H. Pedersen, M.K. Simonsen & Z.J. Andersen. 2019. 'Long-term wind turbine noise exposure and the risk of incident atrial fibrillation in the Danish Nurse cohort.' *Environment International*, 130: 104915. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019308852?via%3Dihub>
- Franssen, E.A.M., B.A.M. Staatsen, T.G.M. Vrijkotte, & E. Lebret. 1996. 'Klachten over vliegtuiglawaai in kaart.' RIVM [Rapportnummer 441520005](#).
- Gezondheidsraad. 1994. 'Geluid en Gezondheid.' Publikatie Nr 1994/15. ISBN: 90-5549-046-6.
- Langer, K., Decker, T.& K, Menrad, Public participation in wind energy projects located in Germany: Which form of participation is the key to acceptance?, *Renew. Energy* 2017, 112, 63–73.
- Michaud, D.S., L. Marro, & J. McNamee. 2018 'The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations.' *Can. J. Public Health*, 109: 252–260. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6019418/pdf/41997_2018_Article_41.pdf
- Mulder, P., H. Boonman, & R. Sterkenburg. 2022. 'De verwachte impact van windturbines op huizenprijzen in Nederland. Een ruimtelijke analyse voor de periode 2020-2030.' [TNO-rapport 2022 P10374](#).
- Poulsen, A.H., O. Raaschou-Nielsen, A. Peña, A.N. Hahmann, R.B. Nordsborg, M. Ketzler, J. Brandt & M. Sørensen. 2019. 'Long-term exposure to wind turbine noise and risk for myocardial infarction and stroke: A nationwide cohort study.' *Environmental Health Perspectives*, 127: 37004. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6768320/>
- Schreurs, E.M., J. Jabben, & E.N.G. Verheijen. 2010. 'STAMINA – Model description. Standard Model Instrumentation for Noise Assessments.' [RIVM Report 680740003/2010](#).
- Van den Berg, F., & I. van Kamp. 2017. 'Health effects related to wind turbine sound.' [Commissioned by the Federal Office for the Environment \(FOEN\)](#).
- Van Kamp, I., E.E.M.M. van Kempen, S.N. Simon & C. Baliatsas. 2019. 'Review of evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of ICGB(N).' [RIVM Report 2019-0088](#).

Van Kamp, I, & G.P. van den Berg. 2020a. 'Health effects related to wind turbine sound: an update.' [RIVM report 2020-0150](#).

Van Kamp, I, & G.P. van den Berg. 2020b. 'Gezondheidseffecten van windturbinegeluid: een update.' [RIVM-rapport 2020-0214](#).

Van Kamp, I, & G.P. van den Berg. 2021. 'Health effects related to wind turbine sound: an update.' *Int. J. Environ. Res. Pub. Health*, 18: 9133.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8430592/pdf/ijerph-18-09133.pdf>

Welkers, D., E. van Kempen, R. Helder, E. Verheijen & R. van Poll. 2019. 'Motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid.' [RIVM-rapport 2019-0227](#).

White, K., A. Versteeg, A. Kok, R. van Poll, R. Benhadi, & A. Dusseldorp. 2021. 'Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek.' [RIVM-rapport 2021-0187](#).

World Health Organization. 2018. '[Environmental Noise Guidelines for the European Region](#).' Copenhagen: ISBN 978 92 890 5356 3.

IJzermans, J., T. Claassen, & J. van der Ree. 2014. 'Handreiking Gezondheidsonderzoek na Rampen: Onderzoek naar psychische en fysieke gezondheid en naar zorg- en ondersteuningsbehoeften na incidenten, crises, ongevallen en rampen.' [RIVM-rapport 200000003/2014](#).

Bijlage 1 Online vragenlijst

Email

Geachte mevrouw/meneer,

Het Expertisepunt Windenergie en Gezondheid, een samenwerking tussen RIVM en GGD, verkent momenteel de mogelijkheden voor gezondheidsonderzoek rond windturbines in Nederland. Dit gebeurt in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Om te bepalen welk onderzoek zinvol en haalbaar is, moeten we eerst inzicht krijgen in de *vragen* die toekomstig onderzoek zou moeten beantwoorden. Met andere woorden, wat zijn de mogelijke doelen van onderzoek? Ook is het belangrijk om te weten waar de resultaten van het onderzoek voor gebruikt kunnen worden.

Om goed aan te kunnen sluiten bij de maatschappelijke behoefte, vinden we het belangrijk om dit bij een brede groep vertegenwoordigers van burgers, landelijke en regionale overheden, brancheverenigingen en andere belanghebbenden rond windturbines te inventariseren. Daarom leggen we deze vragenlijst ook aan u en/of uw organisatie voor. Het invullen kost u niet meer dan 10 minuten. Uw antwoorden zullen vertrouwelijk en anoniem worden verwerkt. Het delen van uw inzichten zal voor ons waardevol zijn en bijdragen aan een overzicht van zinvolle opties voor gezondheidsonderzoek.

U komt bij de vragenlijst via deze [link](#). Wilt u deze vóór 5 november invullen? Alvast hartelijk dank!

Met vriendelijke groet, namens het Expertisepunt Windenergie en Gezondheid,

Jan-Paul Zock
windenergie@rivm.nl

Vragenlijst gezondheidsonderzoek windturbines

Met deze vragenlijst willen we inzicht krijgen in de vragen van verschillende belanghebbenden over windturbines en gezondheid. Deze vragen vormen de basis bij het bepalen welk onderzoek zinvol en haalbaar is.

Mochten er vragen zijn dan kunt u contact opnemen via windenergie@rivm.nl

1. Namens welke groep belanghebbenden vult u deze vragenlijst in?
U kunt meerdere antwoorden aanvinken.
 - Ministerie / landelijke overheid
 - Regionale of lokale overheid
 - Omwonenden van een (toekomstige) windturbine
 - Non-gouvernementele organisatie
 - Regionale energiestrategie
 - Bedrijf betrokken bij de productie, transmissie en distributie van elektriciteit
 - GGD
 - Gezondheid, welzijn, geneeskundig
 - Wetenschap
 - Anders, namelijk: _____

2. Wat is uw rol binnen de (vertegenwoordigende) organisatie waarvoor u deze vragenlijst invult? U kunt meerdere antwoorden aanvinken.
 - Bestuursfunctie
 - Inhoudelijk deskundige
 - Communicatiedeskundige
 - Beleidsmaker
 - Betrokken burger
 - Anders, namelijk: _____

3. In welke fase(n) van het proces rondom windturbines bent u betrokken?
U kunt meerdere antwoorden aanvinken.
 - Plannen voor windturbines zijn in de beginfase
 - Plannen voor windturbines zijn ver gevorderd
 - Windturbines worden nu gebouwd
 - Windturbines zijn reeds in werking
 - Niet van toepassing

4. Welke vragen zou een gezondheidsonderzoek rond windturbines in Nederland volgens u moeten beantwoorden?
Geef voor elk van de vijf opties aan hoe belangrijk u deze vindt.
 - a) Hebben mensen die dichtbij windturbines wonen meer kans op gezondheidsproblemen dan mensen die daar ver vandaan wonen?
 - b) Welke gezondheidsproblemen kan de plaatsing van nieuwe windturbines veroorzaken?
 - c) Hoe komt het dat windturbines gezondheidsproblemen bij omwonenden kunnen veroorzaken?
 - d) Hoeveel mensen zullen gezondheidseffecten ondervinden door de plaatsing van windturbines?
 - e) Hoe verandert de gezondheid van omwonenden als een gevolg van planning, plaatsing en in werking zijn van windturbines?
 - *Zeer belangrijk*
 - *Belangrijk*
 - *Neutraal*
 - *Niet zo belangrijk*
 - *Helemaal niet belangrijk*

5. Welke andere onderzoeksvragen, die bij vraag 4 a t/m e niet zijn genoemd, zou u nog meer belangrijk vinden?
6. Welke *fasen* van het proces zouden volgens u specifiek in onderzoek moeten worden bekeken?

Geef voor elk van de onderstaande vier fasen aan hoe belangrijk u deze vindt.

- Plannen voor windturbines zijn in de beginfase
- Plannen voor windturbines zijn ver gevorderd
- Windturbines worden nu gebouwd
- Windturbines zijn reeds in werking

- *Zeer belangrijk*
- *Belangrijk*
- *Neutraal*
- *Niet zo belangrijk*
- *Helemaal niet belangrijk*

7. Op welke *schaal* zou volgens u met name onderzoek moeten worden uitgevoerd?

Geef voor elk van de drie onderstaande schaalniveaus aan hoe belangrijk u deze vindt.

- Lokale situatie; een specifiek windpark in een bepaalde gemeente
- Landelijk; het gezamenlijk bekijken van meerdere windparken
- Op internationaal niveau

- *Zeer belangrijk*
- *Belangrijk*
- *Neutraal*
- *Niet zo belangrijk*
- *Helemaal niet belangrijk*

8. Aan welke soorten *gezondheidsproblemen* zou een onderzoek aandacht moeten besteden?

Geef voor elk van de onderstaande gezondheidsproblemen aan hoe belangrijk u deze vindt.

- Klachten
- Stress
- Hinder en beleving
- Effecten op de slaap
- Mentale gezondheid
- Hart- en vaatziekten
- Gezondheidsproblemen bij kinderen

- *Zeer belangrijk*
- *Belangrijk*
- *Neutraal*
- *Niet zo belangrijk*
- *Helemaal niet belangrijk*

9. Welke andere gezondheidsproblemen, die bij vraag 8 a t/m g **niet** zijn genoemd, zou u nog meer belangrijk vinden?
10. Aan welke *aspecten* van windturbines zou een gezondheidsonderzoek aandacht moeten besteden?
Geef voor elk van de onderstaande aspecten aan hoe belangrijk u deze vindt.
- Afstand tussen woningen en windturbines
 - Geluidniveau
 - Laagfrequent geluid
 - Het kenmerkende zwiepende, zoevende en stampende geluid (ook wel amplitudemodulatie genoemd)
 - Slagschaduw
 - Zichtbaarheid van windturbines in het landschap
 - Veiligheid
 - Elektromagnetische velden
 - De betrokkenheid van burgers bij het planproces
- Zeer belangrijk
 - Belangrijk
 - Neutraal
 - Niet zo belangrijk
 - Helemaal niet belangrijk
11. Welke andere aspecten, die bij vraag 10 a t/m i **niet** zijn genoemd, zou u nog meer belangrijk vinden?
12. Waar zouden de resultaten van gezondheidsonderzoek rond windturbines volgens uw organisatie met name voor moeten worden gebruikt?
Geef voor elk van de vier onderstaande gebruiksdoelen aan hoe belangrijk u deze vindt.
- Voor ondersteuning van besluitvorming over locaties voor nieuwe windturbines
 - Voor het vergroten van kennis over mogelijke gezondheidseffecten in de specifieke Nederlandse situatie (lokaal / landelijk)
 - Voor het afleiden van normen voor afstand tussen woningen en windturbines
 - Voor het evalueren van grenswaarden voor geluidniveaus van windturbines
- Zeer belangrijk
 - Belangrijk
 - Neutraal
 - Niet zo belangrijk
 - Helemaal niet belangrijk
13. Welke andere gebruiksdoelen, die bij vraag 12 a t/m d **niet** zijn genoemd, zou u nog meer belangrijk vinden?

14. Heeft u nog opmerkingen naar aanleiding van deze vragenlijst?

Hartelijk bedankt voor het invullen!

Bijlage 2 Antwoorden op de open vragen

Vraag 5: Welke andere onderzoeksvragen, die bij vraag 4 a t/m e niet zijn genoemd, zou u nog meer belangrijk vinden?

- Welke andere invloeden beïnvloeden eventuele gezondheidsklachten door windmolens en hoe
Zijn er subgroepen (SES, mentale problematiek, etc.) in de bevolking aan te wijzen die meer gezondheidsproblemen ervaren door windturbines?
 - Invloed van communicatie op de beleving van plaatsing WT. Welke kennis is bekend bij de inwoners (bijv. de plaatsing van WT levert positieve bijdrage aan klimaatdossier).
 - Invloed van gebruik van een app door omwonenden op hun ervaren hinder (via de app krijgen ze informatie over de te verwachten hinder door geluid die dag/dagen, via de app kunnen ze zelf aangegeven of de informatie klopt of meer/minder is etc. Ben benieuwd of door gebruik van zo'n app de inwoners minder hinder ervaren. Zie de 'wind app' van Arcadis. Daarnaast kan via deze app data verzameld worden rondom windmolens in NL. Doordat er weinig omwonenden nabij WT zijn zou dit een mooie manier kunnen zijn om meer data te verzamelen.
- Het is zeer belangrijk te achterhalen hoe kan het dat gezondheid voor iedereen in het ziekenhuis van belang is en gezondheid voor vermijdbare plaatsing(slocaties) van windturbines best een aantal ernstig gehinderden zouden mogen mogen hebben?
- In ieder geval zal laagfrequent geluid onderdeel moeten zijn van het onderzoek.
- Omdat er zo'n duidelijke relatie bestaat tussen gezondheid en milieu (Nederlandse vrouwen hebben de hoogste kans op mammacarcinoom van Europa (EU rapport) Nederlanders hebben de op één na hoogste stijging van neurodegeneratieve ziekten (ALS, dementie, Parkinson, MS wereldwijd, niet te verklaren door veroudering (WHO rapport) horen er ook milieuvragen in de onderzoekagenda thuis. Concreet: de verspreiding van Bisfenol A uit de epoxyharsen van de wieken in het water en op de landbouwgronden. Onderzoek: meten van BFA in de urine van omwonenden en in de oppervlaktewateren van windturbines die langer dan 1 jaar operationeel zijn.
Zie <https://www.windwiki.nl/milieuartsen-toxicologen/>
 - Voorstel is om mechanistisch onderzoek te doen naar de relatie windturbinegeluid en slaapverstoring. De resultaten van epidemiologisch onderzoek naar slaapverstoring zijn niet eenduidig. Er zou wel sprake zijn van een indirect verband. (Factsheet gezondheidseffecten van windturbinegeluid RIVM, 2021). De vragenlijsten van het epi-onderzoek maken te weinig inzichtelijk wat de werkelijke blootstelling aan geluid in de slaapkamer is. Die werkelijke blootstelling hangt (mede) af van de grote van de raamopening, de bouwwijze van de gevel e.d. Mijn voorstel is dat deskundigen op het gebied van bouwakoestiek nagaan welke geluidbelasting in de slaapkamer doordringt bij 41 dB L_{night} op de gevel. Dit zou dan gerelateerd kunnen worden aan de grenswaarde van 32 dB L_{Amax} piekgeluid waarbij de eerste fysiologische reactie van slaapverstoring optreden (Gezondheidsraad, 2004).

- Slaapverstoring is gezondheidskundig zeer relevant. De onduidelijke uitkomsten van de epi-onderzoeken maken een goed communicatie met betrokken omwonenden moeilijk. Het is lastig duiden wat hun nu werkelijk te wachtenstaat als er windturbines geplaatst worden.
- Er zouden meer gegevens over ernstige hinder bij de hogere geluidbelastingen beschikbaar moeten komen om de nu gebruikte dosis-effect relatie beter te onderbouwen.
 - Ook is van belang om geluid te meten bij verschillende standen van de wieken (draaien de wieken naar de waarnemer toe of kijkt de waarnemer frontaal op de wieken.)"
 - Welk effect heeft de hoogte van een windmolen op de feitelijke en/of beleefde gezondheidsproblemen
 - Welk effect heeft de omgeving waarin de molen geplaatst is op gezondheidsproblemen, denk aan cumulatie-effecten, hoog/laag groen, water, e.a.
 - Onderzoek het effect van diverse normen van geluidsbelasting aan de gevel en het effect op gezondheidsproblemen en leidt dit tot adviezen over de normstelling?
 - Verbijzonder het effect van laag frequent geluid bij de verschillende onderzoeksvragen.
 - Onderzoek of laag frequent geluid altijd voorkomt of en specifieke aanleiding kent, bv trilling of resonantie in de molen door verkeerde afstelling.
- Nemen de gezondheidseffecten toe naarmate men negatiever is over de plaatsing van windturbines
 - Hoe en wanneer is de omgeving betrokken geraakt?
 - Welke tegemoetkoming (in allerlei vorm) is er bedacht / afgesproken met o.m. de omgeving?
 - Welke maatregelen zijn er op voorhand bedacht om eventuele overlast voor de omgeving te beperken / voorkomen?
 - De relatie tussen LFG van windturbines en gezondheid
 - Wat betekent intermitterend/tonaal geluid voor de gezondheid, wat betekent laagfrequent geluid voor de gezondheid, wat betekent interferentie vanuit meerdere windmolens in 1 park
 - Waarin verschillen mensen die zeggen gezondheidsproblemen te hebben tgv een windpark van mensen die geen gezondheidsproblemen hebben?
 - Idem: waarin verschillen lokaties (/omstandigheden) waar bovengemiddeld gezondheidsproblemen voorkomen van lokaties met weinig of geen gezondheidsproblemen?
 - In andere bewoording dan 4a: wat is de dosis-effectrelatie tussen windturbinegeluid en hinder? Laatste studie stamt uit 2008 en is wellicht aan een update toe.
 - Wat zijn de (toegevoegde) gezondheidseffecten van windturbines op plekken waar al veel geluid is, en door windturbines er op de stille momenten ('s nachts) meer geluid is?
 - Waarom zijn de effecten van windturbine geluid op slaapverstoring niet eenduidig, maar is er wel een indirect verband tussen het geluid en slaapverstoring (via hinder)?
 - Heeft de dominante windrichting en de locatie van de windturbines t.o.v. woningen invloed op de hinder?
 - Is er verschil in hinder tussen mensen waar de windturbines nabij zijn geplaatst, en mensen die kwamen wonen waar al windturbines stonden?

- Welke gezondheidsproblemen zijn al aanwezig en kunnen worden versterkt door windenergie? Welke gezondheidsproblemen zijn daar gevoelig voor?
- Wat kan gedaan worden om de gezondheidsklachten te verminderen?
- Wat kan helpen om hinder/ gezondheidsproblemen te verminderen bij omwonenden van windturbines?
- Er is veel onduidelijkheid over gezondheid en windmolens, terwijl de relatie met de regelmaat van de klok wordt gelegd. Dit zonder toets of er, iig in de betreffende gevallen, daadwerkelijk sprake van is. Onderzoek en vooral actieve communicatie en een statement, ook vanuit de landelijke overheid, is op dit vlak hard nodig. Als de relatie er is moet dat zeker worden benoemd, maar het tegengaan van misinformatie met stevig onafhankelijk onderzoek is wat mij betreft hoogst noodzakelijk. In de toegestane onhelderheid, zie ook het coronadossier, ligt de winst voortdurend bij de hardste schreeuwers zonder inhoudelijke basis.
- In welke mate is er sprake van TONAAL laagfrequent geluid bij windturbines en in welke mate leidt dat tot extra hinder. Is een norm voor tonaal laagfrequent geluid noodzakelijk.
(Achtergrond van de vraag is dat er hier in het noorden bij de N33 een windpark staat dat onverwacht veel tonaal laagfrequent geluid produceert. Dat zorgt voor honderden gehinderden. Met de huidige normen is daar in de formele juridische zin niets aan te doen. We kunnen de exploitanten alleen maar smeken om zich als goede burens te gedragen en een eind te maken aan de doordringende laagfrequente bromtonen...)
- De punten uit vraag 4 zijn via kwantitatief epidemiologisch onderzoek al bekend op groepsniveau. Daar valt niet veel extra kennis te behalen. Aanvullend is meer kwalitatief onderzoek nodig bij mensen die aangeven overlast te ondervinden: waar hebben zij last van, en is dat te onderbouwen met geluidsmetingen. En als deze effecten werkelijk samenhangen met geluid, is er dan iets aan hun situatie te doen via isolatie, aanpassing van de turbine of anderszins. Kijk daarbij ook naar het mogelijk optreden van staande golven en tonaal geluid in woningen.
- Eigenlijk zijn dit de vragen die je wilt weten. Tot nog toe is alleen (ernstige) hinder bewezen en zijn er aanwijzingen voor slaapverstoring. De effecten worden in principe beperkt door de normering. Vraag is ook welke invloed er is van sentiment, houding, visuele hinder e.d. op de ervaren gezondheid. Dat lijkt m.i. bij WT van minimaal net zo'n belang als de feitelijke geluidbelasting.
 - Hoe hangt de hinder samen met het geluidniveau van de windturbines. Verandert dit over de tijd? (als de windturbines er langer staan)
 - Voor- en nameting (verwachtingen en hoe mensen het uiteindelijk ervaren)
 - Welke ruimtelijke ordenings-, technische, of maatschappelijke maatregelen of acties kunnen worden ingezet in relatie tot de gezondheid en welzijnseffecten van windturbines.
 - Wanneer en hoe kunnen de betreffende maatregelen en acties, met welk kwantitatief of kwalitatief rendement worden ingezet.

Vraag 9: Welke andere gezondheidsproblemen, die bij vraag 8 a t/m g niet zijn genoemd, zou u nog meer belangrijk vinden?

- Weet niet
- Het is belangrijk hierbij te onderkennen dat geluid van windturbines niet getalsmatig in dB vergeleken moet worden met stille achtergrond, of verkeer of vliegtuigen, omdat geluid van windturbines tonaal is, amplitudaal is, laagfrequent kent, varieert in blokken van enkele uren tot anderhalve dag (bijvoorbeeld weersfronten), met windstilte tot zeer sterke wind met naventende geluidsvariatie.
- Invloed van Laagfrequent geluid
- Fertiliteitsproblemen
- De interactie tussen de verschillende gezondheidseffecten behoeft aandacht. Bv het effect van stress op hinder en beleving en vice versa. En het effect van hinder en stress op slaap, mentale gezondheid en hart- en vaatziekten.
- Afgenomen welzijnsgevoel door gebrek aan stilte, en door gebrek aan industrievrije hemelkoepel
- Specifiek concentratie
- Effecten met betrekking tot laagfrequent geluid
- Ik voel me niet in de positie om hierover uitspraken te doen. De klachten over visuele beleving en meetbaar geluid op de gevels zijn te relateren aan de turbines. Het grijze gebied van gezondheidsklachten die niet direct aanwijsbaar bij de turbines liggen moeten wat mij betreft vooral de aandacht krijgen. Dan gaat het om genoemde termen als bromtonen, laagfrequent geluid etc. Leuk voorbeeld zijn de klachten rond een windpark van Eneco waar de turbines op de betreffende avond/nacht stil bleken te hebben gestaan. De energietransitie moet met respect en aandacht voor omwonenden plaatsvinden maar mag niet vertraagd worden door non-informatie. Op dit moment is de discussie rond wind en gezondheid er een die altijd en overal wordt aangegrepen om de groei van wind op land tegen te gaan. Laten we dus terechte en onterechte klachten helder scheiden.
- Perceptie speelt bij windparkplannen een enorme rol. 'Een mens lijdt het meest door het lijden dat hij vreest'. Aan die component zou in alle gezondheidsonderzoeken veel aandacht besteedt moeten worden.
- Mensen kunnen om veel redenen overlast ervaren van windturbines. Een deel van die redenen heeft weinig van doen met daadwerkelijke blootstelling aan geluid en/of slagschaduw. Uiteenrafelen van factoren die tot overlast leiden en relatie vaststellen met een daadwerkelijke blootstelling is van groot belang.

Vraag 11: Welke andere aspecten, die bij vraag 10 a t/m i niet zijn genoemd, zou u nog meer belangrijk vinden?

- (mede) eigendom van de windmolens van omwonenden; Attitude tov klimaatcrisis, duurzaamheid etc.
- Onderbouwende uitleg waarom wij in NL Geluidsniveau aanhouden ipv afstanden. Inwoners lijken berekeningen van geluid te wantrouwen, dat is wellicht de reden dat ze liever afstandsnormen zien.
- Wegmoffelen van data in alle (planfasen van geluidsdata, dan wel wegmoffelen van windturbinegeluid in een jaarlijks gemiddelde (Lden), dat maakt overigens mentaal ziek (wantrouwen in onze overheid)
- Wat betreft i): betrokkenheid burgers is op zichzelf heel belangrijk, echter niet in het kader van dit onderzoek. De suggestie, dat gezondheid heeft te maken met betrokkenheid, kan tot verkeerde inzichten leiden. Door dit mee te nemen kan een verkeerde bias ontstaan.
 - Met niet zo belangrijk bedoel ik, dat het me geen meerwaarde lijkt te geven om dit opnieuw te onderzoeken, niet dat het niet een belangrijk aspect van hinder kan zijn. Maar is al voldoende onderzocht.
 - Toelichting: geluidsniveau gemeten en niet berekend, en dit over een lange periode.
- LFG binnen de woning, op de punten waar bewoners de hinder ervaren.
 - Aspecten die verder belangrijk zijn:
 1. Erosie van de wieken en mate van verspreiding BFA in omgeving
 2. Effecten van de wake en de turbulentie op de verspreiding van fijnstof van snelwegen op de omgeving
 3. Ook toename geluidshinder voor omwonenden langs snelwegen door turbulentie achter turbines (obv nu nog casuïstiek) Gemeten in plaats van berekend. Effect van cumulatie van geluid
 4. Effect van cumulatie/ verspreiding van vervuilende aspecten; bv langs snelwegen, bv op zware industrieterreinen
 - De effecten van te meten omgevingsfactoren versus perceptie daarover
 - Het effect van piekgeluid
 - Effect van achtergrondgeluid , verschil dag en nacht.
- Opmerkelijk. In de discussies met windwiki tijdens de bijeenkomst "NPRES op stoom" op 3-11-21 in de rijtuigenloods in Amersfoort bleek dat men vooral hecht aan de afstandsnorm (10 maal tiphoogte) omdat men dat als bewoner kan controleren. Een geluidsnorm vertrouwt men niet omdat het oordeel over het voldoen aan die norm is gebaseerd op modelberekeningen en die acht men te fraudegevoelig (men vertrouwt het niet).
- Effect hoogte van de molen (of zit dit al in aspect zichtbaarheid?)
 - Genomen maatregelen in de omgeving / aan de woning om de hinder te beperken
 - Zeggenschap bewoners
 - Tegemoetkoming meenemen?
- Draagvlak bij omwonenden
- Doordrammen van de overheid tegen enkele van de omwonenden in zonder deze vooraf volledig te compenseren, zodanig doordrammen van de overheid dat het recht geschonden wordt, kongsivormen van de overheid met ontwikkelaars en hun adviesbureaus, gebruikmaking van ambtenaren en politici van halve leugens die ze zichzelf goedpraten door te vinden dat ze met windturbines op land iets goed voor de mensheid

doen. Al deze aspecten maken mensen weerloos, gefrustreerd en zonder vaderland

- Waarschuwingslichten voor luchtvaart op windturbines
- Een database van goed omschreven klachten, locaties (ook t.o.v. het betreffende windpark), tijdstippen, ontstaan van de klachten/eerdere klachten, doen deze zich voor op andere locaties, check op windrichting en activiteit windturbines, hoe staan de betreffende personen tegenover het windpark, hoe zit het met klachten van huisgenoten en omwonenden, bezoek door expert etc..
- Geluidniveau uitgedrukt als Lden en Lnight is niet voldoende. Ook indicatoren zoals piekniveau, tonaal geluid, wisselingen in tonaal geluid door amplitude modulatie en verschil tussen achtergrondniveau en geluidniveau van de windturbine moeten betrokken worden. Uitzoeken van de 'juiste' indicatoren voor windturbinegeluid is geen sinecure en vereist misschien wel een net zo grote onderzoeksinspanning als het gezondheidsonderzoek!
- Afstand tot WT is m.i. minder relevant irt geluidnormen. Maar omwonenden en belangengroepen vinden afstand wel belangrijk - daarom toch meenemen en goed bekijken.
- Omvat LFG ook trillingen?

Vraag 13: Welke andere gebruiksdoelen, die bij vraag 12 a t/m d niet zijn genoemd, zou u nog meer belangrijk vinden?

- Voor afleiden en evalueren van normen voor andere milieunormen (licht, slagschaduw, veiligheid) van windmolens
- We hebben nu 10 jaar zeer oneerlijke en ongefundeerde normen gehad, en de beleidseenheid is intussen "aantallen ernstig gehinderden" minimaliseren, ipv uit voorzorg/voorzichtigheidsbeginsel een reserve extra afstand tussen een windturbine en ELKE woning in de buurt aanhouden
- Voor de beleidsbeslissing of Nederland qua bevolkingsdichtheid -en de tolerantie ten opzichte van industriële activiteiten - wel geschikt is om turbines op land te plaatsen. Zie RIVM rapport 2009; 'Evaluatie van windturbinegeluid'
- Handelingsperspectieven richting lokale overheden en bewoners. Samenwerking tussen provincie en gemeenten
- Communicatie met omwonenden
- Opmerking: in NL gaan we uit van geluidsnorm aan de gevel, hiervan wordt de afstand tot de gevel afgeleid. Onduidelijk welke benadering bovenstaande onderzoeksvragen volgen. Burgers vragen helderheid over afstand, terwijl gezondheid met name gekoppeld is aan geluidnorm.
- Te nemen maatregelen omgeving / woning
- Evalueren of de meetbare (of nu vaak berekende) immissie geteld moet worden in hinderbeleving, die voor windturbines groter is dan decibellen doen vermoeden
- Als middel tot communicatie en actie, door opzet en resultaten met omwonenden te bespreken en op grond daarvan actie te nemen.
- Onderzoeksresultaten die goed te communiceren zijn met burgers
- Objectieve kennis en feiten voor bezorgde omwonenden
- Voor het tegengaan van misinformatie en onjuiste argumenten
- Voor het tot stand komen van een norm voor TONAAL laagfrequent geluid
- Ben zelf geen voorstander van afstandsnormen. Maar geluidnormen zijn voor veel mensen te ondoorzichtig en gebruik van geluidmodellen leidt tot argwaan en wantrouwen. Daarom is het overwegen van afstandsnormen een goede zaak die transparantie in het plaatsingsproces ten goede zal komen.
- Eenduidigheid over de uitkomsten zodat vóór- en tegenstanders de uitkomsten in ieder geval geloofwaardig vinden. Het is nu best een probleem dat er altijd wel weer onderzoeken lijken te zijn die weer net wat anders beweren. Zolang er daar twijfel over bestaat zullen ook de discussies blijven.

Vraag 14: Heeft u nog opmerkingen naar aanleiding van deze vragenlijst?

- Bij onderzoek naar laagfrequent geluid graag specifieke aandacht voor tonaal laagfrequent geluid
- Het is lastig om in de beantwoording onderscheid te maken tussen belang van een bepaalde vraag, en haalbaarheid/wenselijkheid om dat in dit verband te onderzoeken.
- Ik vond het een lastige vragenlijst. Om een volledig beeld te krijgen van de hinder/overlast die mensen hebben is het 1 niet belangrijker dan het ander, maar moet je in principe over de breedte uitvragen.
- Een wetenschapper kan eigenlijk best zelf nagaan wat belangrijk is, indien deze openstaat voor gegevens in plaats van voor zijn opdrachtgever of voor de impact van zijn werk op heilige huisjes.
 - Bij de fase van het onderzoek heb ik aangegeven dat het met name gaat in de eerste voorbereidingsfase en de laatste fase: exploitatie.
 - De onderliggende gedachte is, dat je in de allereerste fase een nulmeting kunt doen. Die kun je dan vergelijken met een situatie als de windturbines er staan. Het gaat dan om het vergelijken van gegevens over hetzelfde project.
 - Als de tijdspanne van het onderzoek relatief kort is, kan worden overwogen om een nulmeting te doen vóór exploitatie (bij die windparken, die in die fase zitten) en pakweg een jaar NA ingebruikname.
- Ik zou behoefte hebben aan het geven van toelichting op de antwoorden.
- Onderzoek doen voor een goede kennisbasis is belangrijk. Daarnaast is het belangrijk dat het resulteert in een praktische handelingsperspectieven, passend bij de verschillende fasen van planvorming.
- Geen
- Nee
- Bij twijfel gezondheid en andere effecten van hinder geen windturbines plaatsen op land, bij mogelijke alternatieve windlocaties zoals op zee (zonder enkele gezondheidsschade) geen windturbines plaatsen op land, vanuit voorzorg/voorzichtigheidsbeginsel/zorgplicht geen windturbines plaatsen op land.
- Jammer dat het zo lang heeft geduurd om tot dit punt te komen. En dan moeten de gezondheidsonderzoeken nog beginnen.
- Belangrijk onderzoek voor een verdere feitelijke onderbouwing van meningen en besluiten. Ook in het kader van het Nevele arrest.
- Ik blijf graag nauw betrokken en hoor graag hoe de onderzoeksvragen worden opgebouwd en hoe de verdere planning eruit gaat zien.
- Goed actie!
- Formdesk werkte niet goed. Kreeg alleen de antwoordcategorieën in beeld en niet de bijbehorende vragen. Veel rondklikken om de vragen toch te zien. Hoop niet dat meer invullers dat probleem hebben, want dat komt de respons niet ten goede.
 - Ik zou graag onderzoek laten doen naar mogelijke verandering in reactietijden van kinderen en volwassenen. Als indicator voor stress en slaapproblematiek.
 - Dit naar aanleiding van een case report van Mariana Pereira. Dat kan op twee manieren:
 1. Een grote groep kinderen met expositie vergelijken (bv uit windpark N33) met kinderen zonder expositie in een landelijk vergelijkbare omgeving. De test die je gebruikt is een computerspelletje.

- Wanneer je vier maal in een jaar tijd dat computerspel laat spelen, heb je een mooie onderzoeksopzet, met objectieve uitkomsten.
 - Benodigde groepsgrootte kan ik niet inschatten vanwege ontbrekende epidemiologische basis.
2. Single case studies waarbij kinderen die in een omgeving met expositie verkeren worden getest, twee/drie maanden naar een rustige omgeving gaan om te slapen en dan weer terug.
- In dit geval heb je veel minder kinderen nodig (volgens een onderzoeker waarmee ik hierover sprak zou elf kinderen al voldoende zijn, maar dat weet ik niet zeker)
 - Tweede suggestie is een onderzoek naar hartritmevariabiliteit (HRV), naar aanleiding van het Thaise onderzoek waarin een significante vermindering van de variabiliteit werd gevonden. Dit is een indicator voor vitaliteit.
 - <https://www.windwiki.nl/effects-of-low-frequency-noise-from-wind-turbines-on-heart-rate-variability-in-healthy-individuals/>

Bijlage 3 Werksessie januari 2022

a) *Reflectie op doelen en andere aspecten uit de online vragenlijst*

- Overweging of vraag d ("Hoeveel mensen zullen gezondheidseffecten ondervinden door de plaatsing van windturbines?"; zie 2.2.1) kan worden geherformuleerd naar "Hoeveel windturbines kunnen worden geplaatst zodat maximaal 5% van de omwonende ernstige hinder zal ondervinden." Dus niet uitgaan van plaatsing en dan hinder inschatten, maar omgekeerd plaatsing laten afhangen van hinder. Opmerking wordt gemaakt dat het uitgaan van 5% of 10% een beleidsmatige keuze is, en daarmee nog niet als zodanig de norm is. Je kunt wel verschillende uitgangspunten nemen. Misschien leidt een bijstelling van deze vraag niet tot een andere onderzoekagenda en -resultaten.
- Duidelijke definitie van hinder en van ernstig gehinderd persoon is belangrijk. Dit gaat in principe op basis van een gestandaardiseerde ISO-vragenlijst waarbij hinder kan worden aangegeven op een schaal van 0 tot 10. De afkap voor ernstige hinder ligt bij een score van 8 en hoger (of bij 72%).
- Ernstig gehinderden op basis van TNO-onderzoek uit 2008 over wegverkeer. Op basis daarvan besloten om te sturen op een bepaald % van gehinderden, ook als uitgangspunt genoemd in RIVM-rapport uit 2009. Dat is al een politieke keuze. Het welzijn-aspect van de WHO-definitie van gezondheid is belangrijk. Heldere (Europese) voorschriften voor ernstig gehinderden zijn belangrijk.
- Naast laagfrequent en tonaal geluid is ook specifieke aandacht nodig voor zowel het impuls karakter van windmolengeluid, als achtergrondgeluid. Wellicht ook trillingen via de grond.
- Voorzorgsbeginsel/voorzichtigheid: kun je vaststellen met onderzoek dat er geen gezondheidseffecten zijn? Reactie is dat dit is in principe onderzoekstechnisch niet mogelijk is, maar wel aantonen dat effecten kleiner zijn dan een bepaalde gevoeligheidsmaat uit het onderzoek.
- Milieueffecten van windturbines op zee lijken hier niet relevant.

b) *Reflectie op onderzoeksmogelijkheden*

Verhelderende vragen

- In experimenteel onderzoek zijn niet alle typen gezondheidseffecten te meten, zeker niet die pas op langere termijn optreden.
- Invloed van hoe mensen aankijken tegen windturbines en het proces daaromheen, moet worden meegenomen in onderzoek. Deze perceptie kan medebepalend zijn voor (ervaren) gezondheidsproblemen. Dit is zeker mogelijk, behalve bij historisch cohortonderzoek.
- Voorbeeld: Reproducieren van case-reports uit Portugal over reactietijden bij kinderen met slaapproblemen die dichtbij windturbines wonen, zou op relatief korte termijn resultaten opleveren. Dit zijn zogenaamde 'single-case studies', waarbij de oorzaak-gevolgrelaties bij een relatief klein aantal kinderen in de tijd worden gemeten.
- Welke gezondheidseffecten zijn er, naast slaapverstoring, nog meer mogelijk om experimenteel te onderzoeken? Aanvullende opmerking: In het algemeen is er weinig experimenteel en ander onderzoek gedaan bij kinderen.

Beoordeling typen onderzoek in relatie tot de doelen

- 3e vraagstelling (hoe komt het dat windturbines gezondheidsproblemen bij omwonenden kunnen veroorzaken), hier ligt de fundamentele vraag, deze vraag is het meest oplossingsgericht maar lastig te beantwoorden met epidemiologisch onderzoek;
- Epidemiologisch onderzoek kan wel indicatie geven welke effecten nader onderzocht moeten worden;
- Dingen die al bekend zijn hoeven niet opnieuw onderzocht te worden, meer kijken naar de oorzaken: zit er verschil tussen geluidsniveaus, slagschaduw, visuele aspecten van windturbines;
- Balans vinden tussen zorgvuldigheid en snelheid van het onderzoek;
- De operationele fase van de windturbines is het belangrijkste voor onderzoek. Dit is zuiverder voor een effectenstudie, niet beïnvloed door 'bang maken' van tevoren;
- Maar de fasen daarvoor zijn toch ook relevant; hoe kan je 'vooringenomenheid' meenemen in het onderzoek;
- Mate van hinder hangt af van perceptie, hoe kan je een rechtstreeks verband onderzoeken (dus niet via hinder-perceptie)?
- Meerdere (deel)onderzoeken zouden nodig kunnen zijn om alle doelen te kunnen beantwoorden;
- Is cohortonderzoek niet een "herhaling" van zetten? Alleen: ze zijn voornamelijk/alleen in NL uitgevoerd. Zou een NL onderzoek dan hetzelfde laten zien als een onderzoek uit het buitenland? Sommige verwachten van niet; anderen wel (NL is bv best wel drukbevolkt en waar de afstanden groter zijn en waar andere samenstelling omgevingsgeluid). Maar nemen mensen daar genoeg mee?
- Er wonen relatief weinig mensen in de buurt van een windturbine. Is dat nog steeds zo? Zouden we dat dan niet in kaart moeten brengen ook in verband met powerberekening. Voor de meer ernstige effecten heb je idd meer mensen nodig; maar voor effecten als hinder / beleving heb je wellicht minder mensen nodig. Dit dus ook meenemen in de opzet.

Andere criteria of aspecten bij het beoordelen van de geschiktheid

- Heldere definitie van geluid opnemen in de rapportage, welke geluidsniveaus worden meegenomen in de mogelijke onderzoeken, waarbij aandacht moet zijn voor infra- en laag frequent geluid;
- Aandacht in onderzoek naar impuls en tonaal geluid;
- Lden is niet goed geschikt als geluidindicator aangezien windturbine geluid complex is. Dit staat ook in het WHO rapport uit 2018;
- Blootstellingsberekening door onafhankelijk instituut laten uitvoeren;
- WHO-definitie van gezondheid: zowel welbevinden (3 aspecten) als afwezigheid van ziekte;
- Overtuiging van omwonenden of het een goed onderzoek is;
- Prioritering van doelen en daarmee onderzoektypen is niet gedaan, maar keuze voor een type onderzoek impliceert wel een soort keuze;
- Beleid heeft behoefte aan richting van alle belanghebbenden over wat prioriteit zou moeten hebben;
- Balans vinden tussen omvang onderzoek (zeggingskracht) en snelheid/praktische aspecten;
- Specifiekere informatie over aantallen deelnemers per onderzoeksmogelijk zou handig zijn om idee te krijgen van haalbaarheid;
- Keuze voor het type onderzoek moet gebaseerd zijn op een duidelijk overzicht van voor- en nadelen;
- Welke gezondheidseffecten ga je precies meten;

- Power/aantal mensen rond windmolens/wat is de significantie van je antwoorden/hoe zeker ben je van je antwoord;
- Hoe snel heb je een antwoord? En hoe past dat in bijvoorbeeld het proces planMER;
- Wat kun je verwachten? Belangrijk dat ook steeds aan te geven;
- Komen er ook handelingsperspectieven uit? En hoe ga je om met verschillen tussen windturbines;
- Kun je uit deze onderzoeken handvaten halen die een goede voorspeller zijn voor gezondheid? Welke combinatie van onderzoeken is dan het beste.

Welke typen onderzoek het best te overwegen

- Combinatie tussen enerzijds experimenteel onderzoek en anderzijds onderzoek waarin de context meegenomen kan worden;
- Wellicht kan ook naar combinaties van onderzoeken worden gekeken;
- Internationaal samenwerking zoeken met omliggende landen zoals België en Frankrijk;
- Arts-onderzoekers kunnen beide kanten belichten (blootstelling en ziekte), er is nu het gevoel dat deze expertise nog onvoldoende is meegenomen in de rapportage;
- Onderzoek m.b.v. een panel kan leiden tot bepaalde houding bij panelleden; misschien beter breed onderzoek;
- Een effect hiervan wordt waarschijnlijk beperkt omdat bij panelonderzoek de deelnemers hun 'eigen controles' zijn;
- Misschien is er, naast een nationaal onderzoekprogramma, bij provincies of gemeenten nog behoefte aan andere of aanvullende aspecten of perspectieven. Er zijn wel vragen over mogelijk onderzoek rond individuele windparken. Dan is het punt hoe met de resultaten moet worden omgegaan. Vergelijkbaarheid van lokale onderzoeken kan een issue zijn. De wens vanuit de provincies is om op een gelijksoortige manier onderzoek te doen en breder aan te pakken dan per windpark. Wel kan het, naast nationaal onderzoek, nog meerwaarde hebben om op lokaal bijvoorbeeld geluidmetingen of andere vormen van monitoring uit te voeren.

Suggesties voor andere typen onderzoek

- Registratie van ervaren hinder; niet kwantitatief maar draagt bij aan het beeld (inzicht in gezondheidsproblemen en gevolgen). Drie belanghebbende organisaties onderhouden al een klachtenregistratie (zie <https://nlvow.nl/form/klachtenregistratie>) en periodieke resultaten zijn [hier](#) te vinden.
- Single case studie om effecten bij kinderen te onderzoeken. Je hebt dan "slechts" 12 kinderen nodig om effecten te kunnen aantonen. Reactietijden worden genoemd. Maar kun je dan wel het effect van andere geluiden eruit halen? Reactietijden kunnen een indicatie zijn van stress en effecten op slaap.
- Een klachtenregistratie zou ook een optie kunnen zijn. Ga dan na in welke omstandigheden deze klachten optreden. En het geeft mogelijkheden om snel op te treden. De voorgestelde onderzoeken duren namelijk toch lang.
- Metingen met devices: smartwatches (is in het verleden gebruikt voor bepaalde effecten van vliegverkeer - maar redelijk specifiek). Hierbij kun je denken aan hartritmevariabiliteit.

Andere punten

- Blijf dicht bij wat mensen ervaren en formuleer vandaar uit de onderzoeken;
- Beschrijving in de rapportage kan nog specifiek, het blijft nu af en toe nog te algemeen. Hoe ga je om met de blootstelling die specifiek is voor windturbines (dB, laag frequent geluid, trillingen, amplitude modulatie). Maar ook: welke gezondheidseffecten ga je nu eigenlijk onderzoeken behalve hinder en slaap? Ook om discussie achteraf te voorkomen (ook voor vraag 2);
- Provincie Friesland is bezig met opzetten van monitoringsonderzoek bij een windturbinepark;
- Politiek moet aangeven welk % hinder nog acceptabel is;
- Er wordt een toelichting gegeven welke mogelijkheden er nog meer zijn om via huisartsen onderzoek te doen: bijvoorbeeld patiënten leveren hun bloeddrukgegevens al digitaal aan;
- Bisphenol-A: Deelnemer meldt dat iemand dit aan het uitzoeken is. Er zijn al berekeningen over hoeveel er in het milieu terecht komt. In andere landen wordt Bisphenol-A verboden. Hoe relevant is het? Moet dit ook worden meegenomen in de inventarisatie?

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag