



Geluidsbewust bouwen in de Schipholregio

Rekening houden met
vliegtuiggeluid bij gebiedsontwikkeling

Foto: Theo Baart



Voorwoord

In stedelijke gebieden is geluid een gegeven, net zo goed als de overlast die dit veroorzaakt. Al lange tijd weten we dat een slimme ruimtelijke inrichting het geluid van wegen en treinen kan beperken. Nieuwe benaderingen als *soundscaping* en *sensescaping* doen hun intrede. Hierbij gaat de aandacht uit naar aspecten die de leefomgeving juist prettig maken. De meeste grote steden liggen in de buurt van luchthavens. Het vliegverkeer heeft tot ver in de omgeving impact. En hoewel vliegtuiggeluid vaak als zeer hinderlijk wordt ervaren, houden we hiermee bij de ruimtelijke inrichting van onze stedelijke gebieden geen rekening. We weten er nog te weinig van.

Dat geldt zeker voor de regio Schiphol, een hoogstedelijk gebied met een aanzienlijke woningbouwopgave. De impact van het vliegverkeer op de regio is groot, net zoals de vraag naar woningen. Kun je in de bebouwde omgeving maatregelen nemen tegen vliegtuiggeluid? Kunnen we hierbij leren van maatregelen bij andere geluidbronnen, zoals rond wegen, spoor en industrie? Zijn er ook met het oog op vliegtuiggeluid slimme oplossingen te bedenken qua stedenbouw en inrichting van gebieden? Hoe sluit dit vervolgens aan op de beleving van geluid, en de relatie tussen hinder en geluidsniveaus? Laten we misschien kansen liggen? En zo ja, waar dan?

In de zomer van 2019 is Martijn Lugten in Cambridge gepromoveerd op een onderzoek naar de invloed van de gebouwde omgeving op vliegtuiggeluid¹. Het onderzoek kwam tot stand met financiering vanuit de gemeenten Amsterdam en Haarlemmermeer en de provincie Noord-Holland. De Cambridge Commonwealth, European and International Trust en het Nederlandse Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) droegen via cofinanciering van de promotieplek bij.

Het onderzoek van Martijn Lugten wijst uit dat de gebouwde omgeving wel degelijk van invloed is op het vliegtuiggeluid. Dat is hoopgevend voor de omgeving van Schiphol. Maar wat betekent dat dan in de praktijk? Hoe moet je dan bouwen? Waar moet je op letten? Als vervolg op het promotieonderzoek hebben de provincie Noord-Holland en de gemeenten Haarlemmermeer en Amsterdam laten onderzoeken hoe de bevindingen vertaald kunnen worden in praktisch toepasbare handvatten.

Het resultaat is dit stappenplan 'Geluidsbewust bouwen in de Schipholregio'. Een hulpmiddel voor iedereen die zich met gebiedsontwikkeling rond Schiphol bezighoudt en rekening wil houden met de geluidsbelasting van het vliegverkeer.

¹) *Tranquility by design, architectural and landscape interventions to improve the soundscape quality in urban areas exposed to aircraft noise*. Het proefschrift is te downloaden via de digitale databank van de universiteit van Cambridge (<https://www.repository.cam.ac.uk>).

Inhoud





1 Waarom geluidsbewust bouwen?



1 Waarom geluidsbewust bouwen?

Veel mensen die in de omgeving van een luchthaven wonen ondervinden hinder van vliegtuigen. Met een goed stedelijk ontwerp is het mogelijk het geluidsniveau naar beneden te brengen en hinder te verminderen. Terwijl het heel gewoon is om langs wegen en spoorwegen geluidsbeperkende maatregelen te nemen in de bebouwde omgeving, werd lang gedacht dat er tegen vliegtuiglawaai weinig te doen was. Recent onderzoek laat zien dat dit anders ligt: het is wel degelijk mogelijk om maatregelen te nemen in het voortplantingsgebied en in de omgeving van de ontvanger – remedies die ook bij hinder door andere geluidsbronnen werken. Daarbij is het zaak onderscheid te maken tussen de twee bronnen van vliegtuiggeluid: het geluid dat dicht bij de grond ontstaat (door taxiën, proefdraaien en opstijgen) en het geluid van overvliegende vliegtuigen.

Voor beide soorten vliegtuiggeluid geldt dat de fysieke omgeving invloed heeft op de hoorbaarheid ervan. En dat de inrichting van een gebied kan zorgen voor zowel visuele als auditieve afleiding en zo de hinder kan beperken. Met als kanttekening dat maatregelen in het voortplantingsgebied vooral helpen om het 'grondgeluid' tegen te gaan, maar vanzelfsprekend niet om het geluidsniveau van overvliegende vliegtuigen naar beneden te brengen.

Het ontwerp en de inrichting van de fysieke omgeving vormen de ruggengraat van geluidsadaptief ofwel geluidsbewust bouwen. Geluidsadaptief bouwen kunnen we dan ook definiëren als: *in het ruimtelijk plan voor woon- en werkmilieus de locatiespecifieke situatie afstemmen op de geluidsbehoeften van bewoners en gebruikers.* Geluidsbewust bouwen stelt geen nieuwe norm aan de uitstoot van of blootstelling aan geluid, maar vraagt om een andere werkwijze bij het ontwerpen: de focus ligt niet meer alleen op de vraag of wordt voldaan aan de wettelijke normen.

Om de akoestische leefkwaliteit van het stedelijk ontwerp optimaal te krijgen, is het noodzakelijk zo vroeg mogelijk in het planproces informatie te vergaren die nodig is om de opgaven en oplossingsrichtingen vanuit akoestisch perspectief te definiëren. Dat is in elke situatie van belang om te waarborgen dat het ruimtelijk ontwerp ook daadwerkelijk bijdraagt aan een prettige leefomgeving, ook vanuit akoestisch perspectief.

Dit stappenplan is bedoeld voor locaties waar vliegtuiggeluid een dominante factor in de omgeving is. In de praktijk is dat elke locatie in de nabijheid van een vliegroute van en naar Schiphol. Hanteer daarbij de

Geluidsbehoeften

In een publicatie over het tegengaan van geluidshinder en -overlast zou je er bijna aan voorbijgaan dat mensen ook behoefte aan geluid hebben: volledige stilte is in stedelijke gebieden niet alleen onhaalbaar, maar ook onwenselijk. Mensen 'verwachten' dat het geluid en het geluidsniveau overeenkomt met de (buiten)ruimte waarin zij zich bevinden. Wie in een winkelcentrum loopt, verwacht reuring. En in een groene omgeving is het logisch dat je bijvoorbeeld het ruisen van bomen hoort of het zingen van vogels. Volledige stilte zou ons daarentegen in dit soort situaties een unheimisch gevoel bezorgen – evolutionair gezien kan het duiden op gevaar en gebrek aan controle. Bij het ontwerpen van leefgebieden hebben we dus niet alleen rekening te houden met het reduceren van geluidshinder en overlast, maar ook met geluidsprakkers die juist wél aanwezig moeten zijn.

volgende stelregel: vliegtuiggeluid is relevant om mee te nemen in een analyse van de geluidsomgeving wanneer er vliegpaden tot 2.000 meter hoogte binnen een radius van vier kilometer rond een locatie zijn.

Dit stappenplan beschrijft hoe je voor deze locaties tot een beoordeling komt van de akoestische opgave met het oog op vliegtuiggeluid. En behandelt de basisontwerpprincipes om daarmee om te gaan. Het stappenplan presenteert daartoe een stappenplan voor de aanpak tijdens de analyse-, voorbereidings- en ontwerpfasen voor en tijdens het stedenbouwkundig proces. Elke locatie is weer anders. Daarom hebben we drie praktijkvoorbeelden opgenomen. Ze laten zien hoe een zorgvuldige beoordeling van de akoestische situatie aan de hand van het stappenplan leidt tot specifieke auditieve uitgangspunten voor het ruimtelijk ontwerp. De praktijkvoorbeelden zijn los van elkaar te lezen.

Uiteraard past de aandacht voor vliegtuiggeluid tijdens het ontwerpproces in een breder kader. Er is ook geluid van andere bronnen.


En geluid is niet de enige factor die de omgevingskwaliteit bepaalt. In technisch opzicht wordt het comfort van een gebied ook bepaald door luchtkwaliteit, temperatuur, geur en wind. Een omgeving die een goed comfort ontbeert, veroorzaakt alertheid en stress. En dat leidt tot gezondheidsrisico's. Het gaat er uiteindelijk om vanuit het samenspel van deze factoren (geluid, luchtkwaliteit, temperatuur, geur en wind) te komen tot een optimaal resultaat. Waarbij ook nog andere niet-technische factoren een rol spelen, denk aan sociale veiligheid en cohesie. Bovendien moet rekening gehouden worden met urgente opgaven, zoals duurzaamheid en klimaat. Kortom: vliegtuiggeluid is slechts één aspect, maar in deze regio wel heel belangrijk om van begin af aan mee te nemen bij het ontwerpen en ontwikkelen van nieuwe woongebieden.

Je hoort wa(n)t je ziet: hoe zintuigen elkaar beïnvloeden

De prikkels die we via onze zintuigen ontvangen, beïnvloeden elkaar. Steeds meer onderzoek laat zien dat de zichtbare omgeving een direct effect heeft op de beleving van geluid. Zo vonden Zweedse onderzoekers een significant effect van groengebieden rondom woningen op de mate van geluidshinder die mensen ervaren wanneer ze aan drukke wegen wonen. Onderzoeken in België en Hongkong hebben aangetoond dat uitzicht op bomen tot aanzienlijk minder geluidshinder en stress leidt, dan wanneer dit uitzicht niet aanwezig is. Eenzelfde soort effect werd gevonden voor vliegtuiggeluid in een laboratoriumstudie aan de Vrije Universiteit, met een equivalenteffect van 10 dB(A)!

Daarnaast wijzen verschillende onderzoeken erop dat het zien van de geluidsbron niet per se slecht is en dat hinder ook samenhangt met 'voorspelbaarheid'. Dit betekent dat geluid hinderlijker lijkt te zijn als mensen een bepaald soort geluid niet kunnen plaatsen (geluid is niet 'familiair'), of binnen een bepaalde context niet verwachten. Onderzoek laat ook zien dat mensen een andere tolerantiegrens hebben ten opzichte van 'exogene' factoren, zoals geluid op 'private' plekken (bijvoorbeeld binnenshuis) dan in gebieden met een 'openbaar' karakter. Het is daarom belangrijk dat de visuele omgeving past bij de geluidsomgeving en bij de verwachtingen van gebruikers. Het gaat dus zowel om het beperken van minder prettig geluid als om het toevoegen van prettige geluiden om hinderlijk geluid te maskeren of om geluidsluwe zones te accentueren als tegenhanger van geluidselaste plekken. Goede voorbeelden zijn fonteinen of waterpartijen, en de keuze voor specifieke boomsoorten die vogels aantrekken in geluidsluwe zones. In het proefschrift vind je de bronverwijzingen naar bovenstaande onderzoeken.

2 Geluidsbewust bouwen: de stappen

- 
- 2.1 Stap 1: analyse van de geluidsomgeving
 - 2.2 Stap 2: analyse van de geluidsbehoeften
 - 2.3 Stap 3: ontwerp van (steden)bouwkundige varianten
 - 2.3.1 Stedenbouwkundig niveau
 - 2.3.2 Gebouwniveau
 - 2.4 Stap 4: doorrekenen stedenbouwkundig plan
 - 2.5 Stap 5: betrekken van andere fysische omgevingsfactoren
 - 2.6 Stap 6: evaluatie van het ontwerp en eventueel terug naar stap 3

2 Geluidsbewust bouwen: de stappen

Geluidsbewust ontwerpen impliceert dat je aan het begin van het proces een akoestische beoordeling van de opgave maakt. Op basis daarvan kom je tot principes waarmee je rekening houdt tijdens het ontwerpproces. In dit stappenplan gaat het om vliegtuiggeluid. Maar als je te maken hebt met prominent geluid van andere bronnen doorloop je dezelfde stappen in het ontwerpproces.

Een geluidsbewust ontwerpproces kent zes stappen. Het is bij uitstek een iteratief proces: de laatste drie stappen doorloop je net zolang totdat het ontwerp vanuit een integrale benadering optimaal is. Integraal, dat wil zeggen dat ook andere factoren dan geluid zijn meegewogen.

De eerste twee stappen zijn gericht op het verkrijgen van een zo volledig mogelijk beeld van de geluidsomgeving en de geluidsbehoeften van de

(toekomstige) bewoners en gebruikers. Dit stappenplan kun je zowel gebruiken bij nieuwbouwprojecten als bij bestaande stedelijke omgevingen (denk aan herstructureringsopgaven). De stappen helpen planologen, stedenbouwkundigen en architecten om de juiste afwegingen te maken. Daarnaast kun je ze gebruiken om participatie door bewoners en andere belanghebbenden vorm te geven.

Hierna lees je in het kort waar het in elke stap in het ontwerpproces om draait. Aan de hand van drie concrete voorbeelden laten we zien welke inzichten het toepassen van het stappenplan in de praktijk oplevert en hoe dit stappenplan helpt om tot betere ontwerpen te komen.

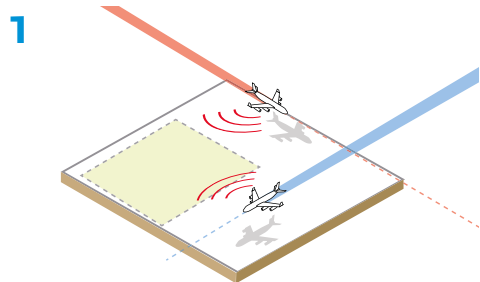


Foto: Theo Baart

2.1 Stap 1: analyse van de geluidsomgeving

In de eerste stap draait alles om de locatie. Aan het einde van deze stap heb je een volledig beeld van de aard en niveaus van het vliegtuiggeluid op de planlocatie: naast het gemiddelde geluidsniveau is het belangrijk te weten wat de maximale geluidsniveaus zijn, welke verschuivingen er optreden in de geluidsniveaus gedurende de dag en wat het

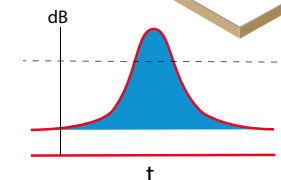
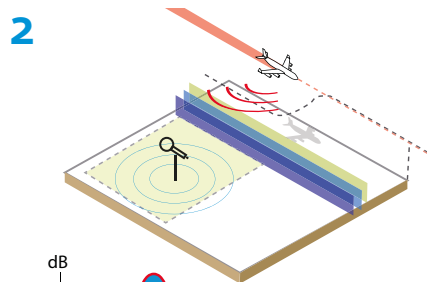
geluidsspectrum is van de verschillende geluidsbronnen. Bijvoorbeeld: is er bij vliegtuiggeluid met name sprake van opstijgende of landende vliegtuigen? En gaat het om grondgeluid vanaf de baan of om geluid door vliegroutes die rondom een locatie liggen? Voor vliegtuiglawaai verkrijgt je zo een gedegen beeld van:



1 Welke vliegpaden en -banen zijn er binnen een straal van drie kilometer rond de locatie?

Vliegroutes en posities:

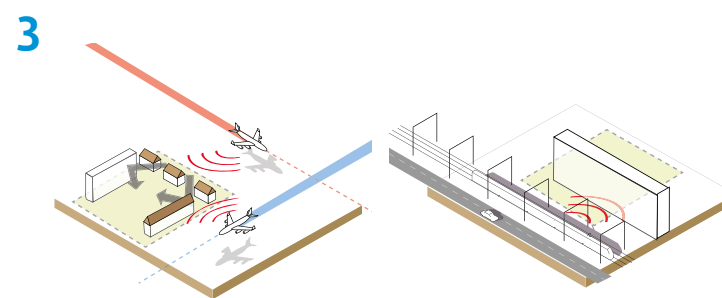
- Het soort vliegtuiggeluid dat binnen een plangebied van toepassing is (landend verkeer, opstijgend verkeer, grondgeluid). De routes, start- en proefdraaiplekken binnen een radius van pakweg drie kilometer rondom de locatie.
- De frequentie van het aantal vliegbewegingen rond de locatie, de trend daarin in de afgelopen periode en de doorkijk naar de toekomst op de (middel) lange termijn. Wat komt er volgens de meest actuele prognoses en inzichten vermoedelijk op deze locatie af?
- De spreiding in (hoogte)positie van de vliegtuigen rondom een locatie.
- Eventuele ontwikkelingen in het vliegverkeer (bijvoorbeeld routewijzigingen, typen vliegtuigen en vliegprocedures) die mogelijk tot minder vliegtuiggeluid leiden en waarop je op de middellange termijn kunt anticiperen.



2 Kijk bij geluidsanalyses naar maximale geluidsniveaus, aantal bewegingen en de spreiding van geluidsevenementen tijdens de dag.

Vliegtuiggeluid:

- De te verwachten maximale geluidsniveaus tijdens blootstelling, voor zowel gemiddelde (zomerse) dagen, als tijdens meer extreem weer (harde wind in de richting van de locatie).
- De richting waar het geluid vandaan komt en de hoogte ervan; wat dit zegt over het soort vliegtuiggeluid waarmee je te maken hebt, en de momenten van de dag waarop zich dit voordoet (grondgeluid, landingen, opstijgende vliegtuigen).
- Het aantal keren dat het geluid naar schatting boven de maximale geluidsniveaus uitkomt: 65 dB(A) voor overvliegende vliegtuigen overdag, boven de 55 dB(A) aan de randen van de dag (vroeg ochtend, late avond), en tussen de 65 dB (31.5 Hz) en 37 dB (100 Hz) voor grondgeluid, zie ook het kader op pagina 11.



3 Staan er gebouwen rond de locatie die voor reflecties zorgen?

Naast vliegverkeer kunnen weg en spoor dominante bronnen van geluid zijn waarmee rekening gehouden moet worden.

Context rond locatie:

- De mate waarin reflecties weerkaatsen tegen gevels van omringende gebouwen richting het plangebied. Vuistregel: hoe hoger de omringende bebouwing, hoe meer dit een probleem is.
- De intensiteit van andere relevante geluidsbronnen in de omgeving. Denk aan wegverkeer, spoor en industrie. Je mag niet vergeten deze óók in kaart te brengen. Want je moet toetsen of de maatregelen die je neemt vanuit de ene bron niet een averechts effect hebben voor de beperking van het geluid van de andere bron.

Het beperken van geluid van (spoor)wegen

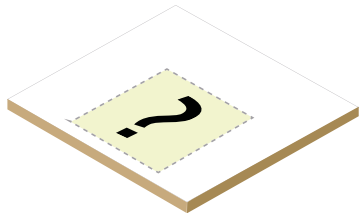
De blootstelling aan weg- en spoorgeluid vermindert door:

- > De plaatsing van geluidsbarrières rondom de geluidsbron.
- > Een slimme oriëntatie van de bebouwing (de bebouwing dient dan als afscherming; ideaal gesproken zijn tuinen en binnenplaatsen volledig omsloten).
- > Snelheidsverlaging op wegen of omlegging van wegen.

2.2 Stap 2: analyse van de geluidsbehoeften

Als je eenmaal een beeld hebt van de geluidsomgeving breng je in kaart wat de geluidsbehoeften zijn van de beoogde gebruikers en bewoners. Immers, als je de geluidsomgeving en geluidsbehoeften kent, weet je ook wat – vanuit akoestisch perspectief – de ontwerpogave is. In deze stap beantwoord je de volgende twee vragen:

1



Programma:

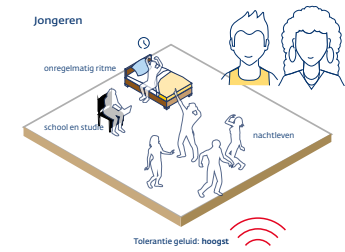
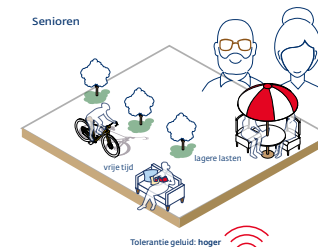
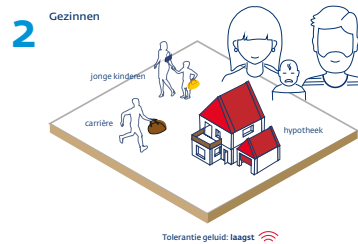
Welk programma wil je ontwikkelen in het plangebied? In een geluidsbewust ontwerpproces komt nu de vraag aan de orde of de uitkomsten van de geluidsanalyse bepalen welk stedelijk programma zich leent voor het gebied. Misschien is de conclusie nu al dat bepaalde functies of doelgroepen hier niet passen, gezien de geluidssituatie.

Afstemmen doelgroepen en geluidsomgeving

Er zijn tal van factoren die bepalen of iemand geluidshinder ervaart, zo blijkt uit onderzoek. Ook leeftijd en woningbezit zijn van invloed. Jongeren en ouderen hebben doorgaans een hogere geluidstolerantie dan mensen tussen de 30 en 55. Dit komt door de 'stressprikkelers' in het leven van 30'ers en 40'ers (denk aan jonge kinderen, hypotheek en carrière). Het 'prikkel-emmertje' kan daardoor bij deze groep sneller overlopen.

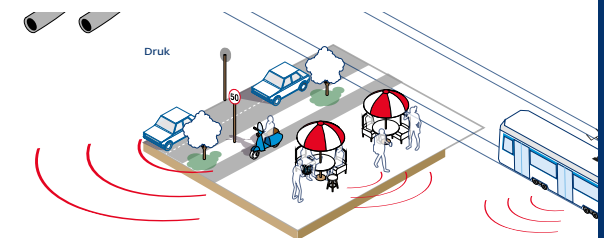
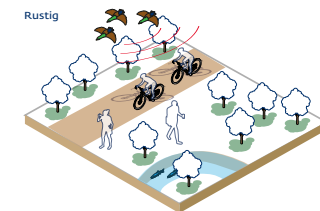
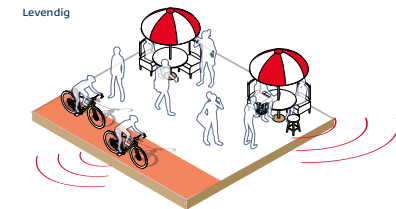
In 2013 heeft de GGD Amsterdam een woontevredenheidsonderzoek uitgevoerd in Uilenstede, de studentencampus vlakbij de Vrije Universiteit in Amsterdam-Zuid. Deze campus ligt pal onder de vliegroutes van en naar de Buitenveldertbaan. Ondanks de geluidsniveaus van het luchtverkeer concludeerde de GGD Amsterdam een hoge woontevredenheid. Hoger dan die van vergelijkbare leeftijdsgroepen elders in de regio; de hinder van vliegtuiggeluid was relatief laag. De GGD Amsterdam gaf als verklaring dat de locatie op zichzelf goed aansluit bij de wensen van studenten voor wat betreft hun woonomgeving (denk aan voorzieningen, ligging en de nabijheid van vrienden). Daarnaast speelt de doorgaans korte duur van het wonen in studentenwoningen een rol in de houding van bewoners ten aanzien van vliegtuiggeluid. Als je weet dat je ergens niet heel lang blijft, is de ergernis aan dingen die je storend vindt ook minder.

In een vervolgmemo in 2018 concludeerde de GGD Amsterdam dat er nagenoeg geen gezondheidsrisico's zijn voor het wonen van studenten op deze locatie, vanwege de jonge leeftijd van de bewoners in combinatie met de beperkte duur van het woonverblijf. Deze bevindingen van de GGD laten goed zien hoe we de geluidsbehoeften van doelgroepen kunnen gebruiken bij het bepalen van een passend stedelijk programma in geluidsbelast gebied.



Geluidsbehoeften:

Welke geluidssituatie – zowel in niveaus als ervaring – komt overeen met de voorgestelde kwaliteiten van verblijfsgebieden en van de binnen- en buitenruimten? Wat betekent dat voor de verdeling van het programma over het gebied? Denk hierbij aan de geluidssituatie die past bij de functies in het gebied en de ingebeelde kwaliteiten. Bijvoorbeeld door het gebruik van termen als 'levendig' (denk aan een winkelstraat of een druk café), 'stil' (bosgebied op de Veluwe), 'rustig' (omsloten binnenterrein zonder verkeer en mensen), 'park' (menselijke stemmen, fietsbellen, zingende vogels, klaterend water), 'druk' (winkelstraat naast een straat met auto's die 50 kilometer per uur rijden), 'verkeersader' (drukke hoofdader in een grote stad).



Grondgeluid: wanneer is het hinderlijk?

Grondgeluid is laagfrequent geluid dat vliegtuigen maken tijdens activiteiten aan de grond, zoals starts, taxiën en proefdraaien. De lage tonen dragen ver, en worden door de A-weging van het geluid in rekenmodellen doorgaans onderschat. Grondgeluid is een probleem, maar er zijn (nog) geen richtlijnen, en verschillende onderzoeken leiden tot verschillende inzichten. Desondanks kun je de bestaande inzichten gebruiken om een afweging te maken. ISO-richtlijnen gaan ervan uit dat de gehoorrens voor 32 Hz gemiddeld bij 60 dB ligt. De Nederlandse Vercammencurve kijkt naar de niveaus waarbij tussen de 3 en 10 procent van de bevolking hinder van laagfrequent geluid kan ondervinden. De richtlijn van de Nederlandse Stichting Geluidhinder (NSG-curve) gaat uit van de gehoorrenswaarden voor 90 procent van de populatie. In alle gevallen gaat het er dus om dat wordt voorkomen dat het grootste deel van de mensen het geluid kan waarnemen, of er hinder door ervaart. Zie in de tabel hiernaast de verschillen tussen de verschillende curves. Omdat er geen wettelijke richtlijnen zijn, worden deze curves naast elkaar gebruikt.

Frequentie	10Hz	12,5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz
Binnen (NSG)	86 dB	82 dB	77 dB	70 dB	65 dB	59 dB	55 dB	50 dB	46 dB	42 dB	39 dB	36 dB
Buiten (NSG)				82 dB	71 dB	71 dB	57 dB	51 dB	46 dB	41 dB	37 dB	
Buiten (Vercammen)	91 dB	88 dB	84 dB	78 dB	74 dB	69 dB	66 dB	62 dB	59 dB	56 dB	54 dB	53 dB



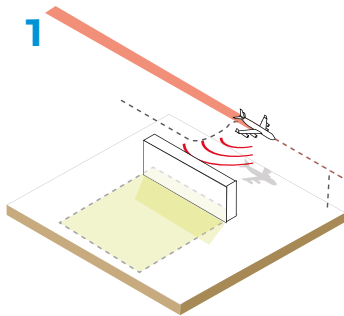
Foto: Sanne van der Leest

2.3 Stap 3: ontwerp van (steden-) bouwkundige varianten

Als je eenmaal een analyse van de geluidssituatie en de geluidsbehoeften hebt, kun je een eerste, globale aanpak voor een plangebied opstellen. Hierbij ga je na hoe het beoogde programma het beste verdeeld kan worden over het gebied. En hoe je optimaal van de gebouwde omgeving gebruik maakt om de geluidssituatie te verbeteren. Hierbij werk je op verschillende schaalniveaus: van stedenbouwkundig plan tot straat- en gebouwniveau. Daarbij besteed je tevens aandacht aan de inrichting van de openbare ruimte tussen de

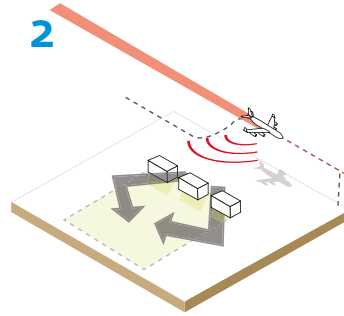
gebouwen en de indeling van ruimten aan de binnenzijde van gebouwen. Dit doe je aan de hand van onderstaande ontwerpprincipes. Het verdient de voorkeur om een aantal alternatieve varianten uit te werken, zodat je later in het proces kunt optimaliseren. Hierbij gelden de volgende vuistregels op stedenbouwkundig en gebouwniveau:

2.3.1 Stedenbouwkundig niveau



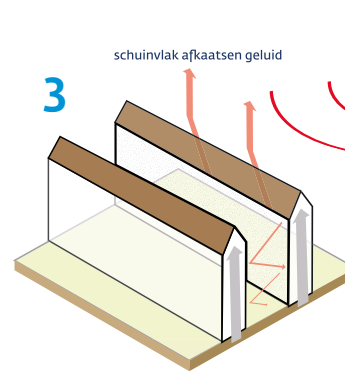
Bouw parallel aan de vliegrichting

Blokkeer geluid door een juiste objectoriëntatie en maak onderscheid tussen geluidsbelaste en geluidsluwe zijden. Zet daarbij bebouwing haaks op de voortplantingsrichting van het geluid.



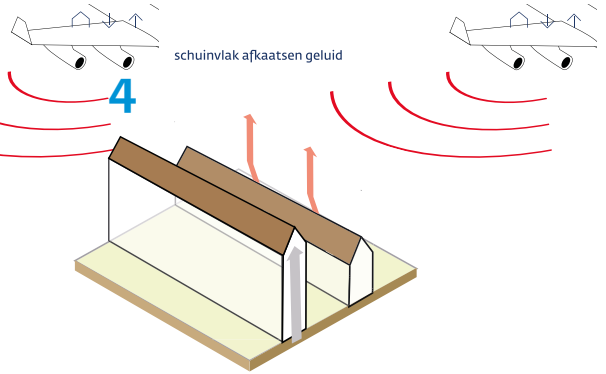
Ga uit van geschakelde gebouwreeksen en vermijd losse gebouwen

Zorg ervoor dat gebouwen aaneengeschakeld zijn en dat er dus geen 'gaten' tussen bebouwing ontstaan. Zo voorkom je dat geluidsgolven via de zijkanten van de bebouwing makkelijk naar de geluidsluwe zijden 'buigen'. Dat betekent dat vrijstaande woningen minder geschikt zijn, tenzij de combinatie wordt gemaakt met afschermdende hoogbouw. De hoogbouw moet dan wel tussen de bron en de laagbouw komen.



Hoogbouw mits gevelreflecties worden beperkt

Pas op met seriële hoogbouw. Het 'insluiten' van geluid tussen gebouwen met reflecterende gevels kan de geluidsniveaus tussen de gebouwen verhogen. De reflecterende gevels zorgen er dan voor dat het geluid blijft galmen tussen de gevels, zonder dat het makkelijk kan ontsnappen aan de bovenkant van de straat. Dit insluitingseffect kun je voorkomen door te kiezen voor de juiste bouwmaterialisatie: kies waar dit mogelijk is voor poreuze gevels. Dit geldt voor de geluidsbelaste gebouwsijden (poreuze gevels hebben vooral effect op het dempen van geluid voor frequenties >200Hz. Kortom, voor het dempen van lage tonen zal het weinig effect hebben).



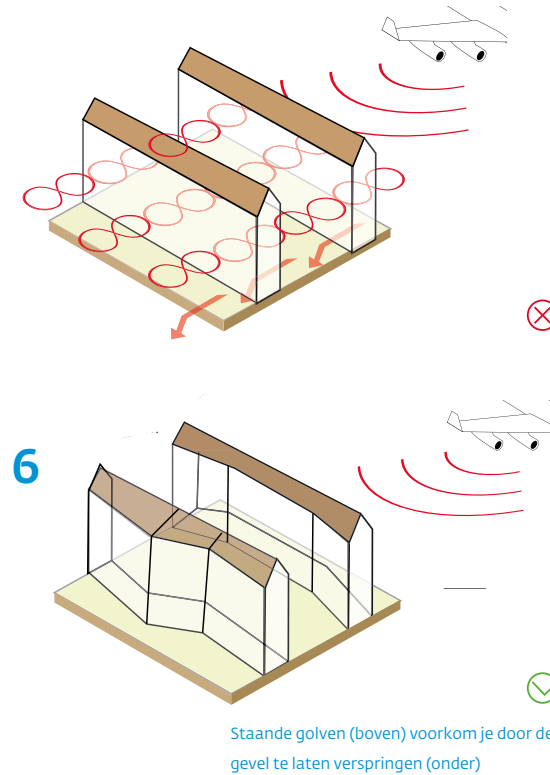
Hoogbouw afwisselen met laagbouw

Zorg voor afwisseling van hoogbouw en laagbouw, waarbij de hoogbouw deels afscherming voor de laagbouw creëert, met name bij grondgeluid.

- a. Let op: als er al bestaande hoogbouw (meer dan vijf bouwlagen) rondom het plangebied staat vervalt deze optie.
- b. Als het geluid vooral afkomstig is van (recht) overvliegende vliegtuigen heeft het afwisselen van hoog- en laagbouw slechts een beperkt effect. Je voorkomt er wel mee dat het geluid wordt ingesloten tussen de hoogbouw. Maar de geluidsschaduw achter de hoogbouw is veelal te kort om een gunstig effect te hebben voor bijvoorbeeld vrijstaande woningen achter de hoogbouw (zie casus IBM-terrein).



Besteed aandacht aan de landschapsinrichting. Maak daarbij bijvoorbeeld gebruik van bomen, dempende grondoppervlakken en bewegend water. Het groen dient als afleiding en het geluid van bewegend water maskeert deels het (vliegtuig)geluid. Het werkt daarbij het beste om 'rustige' verblijfsgebieden te creëren, zoals parken of groengebieden. Probeer groengebieden aan de geluidsluwe zijden van de bebouwing te positioneren, bijvoorbeeld door gebruik te maken van de afscherpende werking van hogere bouwblokken. Dempende grondoppervlakken, zoals een dik bladerdek, grint of hoog gras, zorgen ervoor dat de ondergrond minder geluid weerkaatst en reflecteert.

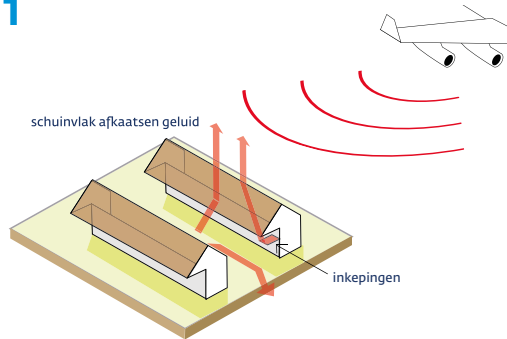


Extra maatregelen voor gebieden met grondgeluid:

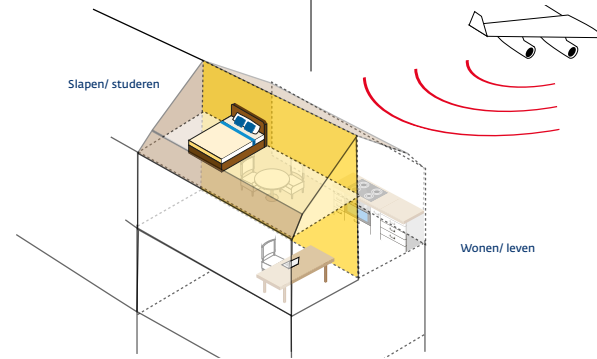
- a. Vermijd staannde golven: probeer te voorkomen dat geluid gaat resoneren tussen wanden in gebouwen en tussen buitenmuren. Staannde golven zijn geluidsgolven die elkaar op heel specifieke locaties kunnen versterken of uitdoven. Dit gebeurt bijvoorbeeld als een golf wordt weerkaatst door een muur en er vervolgens verschillende golven blijven hangen tussen muren of gevels. Je kunt staannde golven voorkomen door te kiezen voor verspringende of niet-parallellopende rooilijnen en/of door gevels en wanden niet haaks op elkaar te zetten.
- b. Geveldimensionering: vermijd geluid binnenshuis door goede isolatie, waarbij voor grondgeluid extra maatregelen nodig zijn om de lage tonen te dempen.

2.3.2 Gebouwniveau

1



2



Maak uitkragingen, inkepingen en schuine vlakken

Gebouwworm: maak uitkragingen, inkepingen en schuine vlakken voor afkaatsing om geluidsniveaus op maaiveldniveau rond de gevel zo ver mogelijk naar beneden te brengen. Dit geldt alleen aan de geluidsluwe gebouwzijde. Gebruik daarnaast schuine zijden als afkaatsingsvlakken aan de geluidsbelaste gebouwzijden, haaks op de richting van het geluid, om te voorkomen dat geluid tussen gebouwen kan reflecteren.

Plaats geluidsgevoelige functies aan geluidsluwe zijde

Ruimtelijke programmering: plaats geluidssensitieve (buiten)ruimten aan de geluidsluwe gebouwzijden. Probeer waar mogelijk om de geluidswaarden op de buitengevel van slaapvertrekken <math>< 55 \text{ dB(A)}</math> te laten zijn.

2.4 Stap 4: doorrekenen stedenbouw- kundig plan

Nadat de stedenbouwkundige strategie is uitgewerkt, is het tijd om te onderzoeken welke impact het ontwerp heeft op de akoestische situatie. Het ontwerp, of de ontwerpvarianten, worden doorgerekend voor het effect op vliegtuiggeluid. Als er in een gebied ook hoge geluidsniveaus zijn van wegen en spoor, neem je deze mee in de rekenmodellen. Aan het eind van deze stap weet je van elke planvariant wat de invloed is op de geluidsomgeving. Zo kom je tot een of meerdere voorkeursvarianten.

Voor- en nadelen van rekenmodellen

Rekenmodellen worden steeds geavanceerder en kunnen daarmee meer informatie geven tijdens ontwerpprocessen. Voor het simuleren van geluid zijn er grofweg twee typen simulatiemodellen: golfmodellen en stralenmodellen. Golfmodellen zijn doorgaans nauwkeuriger en worden voor wetenschappelijk onderzoek gebruikt, voornamelijk voor het simuleren van geluid in straten en de stedelijke microschaal. Golfmodellen simuleren geluid als een drukgolf via een wiskundige beschrijving van golfverschijnselen. Hoewel de modellen nauwkeuriger zijn, duurt het vaak lang voordat een berekening resultaten oplevert. Stralenmodellen benaderen geluid als golfverschijnselen, wat snellere, maar minder precieze rekenmethoden oplevert. Doorgaans worden stralenmodellen gebruikt voor geluidskarten en voor het onderzoek van geluidsvoortplanting over grotere afstanden (stedelijke macroschaal). Stralenmodellen lenen zich ook beter voor snelle feedback op scenario's tijdens ontwerpprocessen, waar tijd vaak beperkt is. Tegenwoordig zijn er ook hybride vormen van golf- en stralenmodellen, maar elke methode kent haar beperkingen. Bedenk je bij alle berekeningen en simulaties dat computermodellen een nabootsing zijn van de werkelijkheid, en niet de werkelijkheid zelf. Dat betekent dat er altijd afwijkingen zullen zijn tussen de modellen en de realiteit. Zie het proefschrift voor meer informatie over de modellen die voor de casestudies zijn gebruikt.

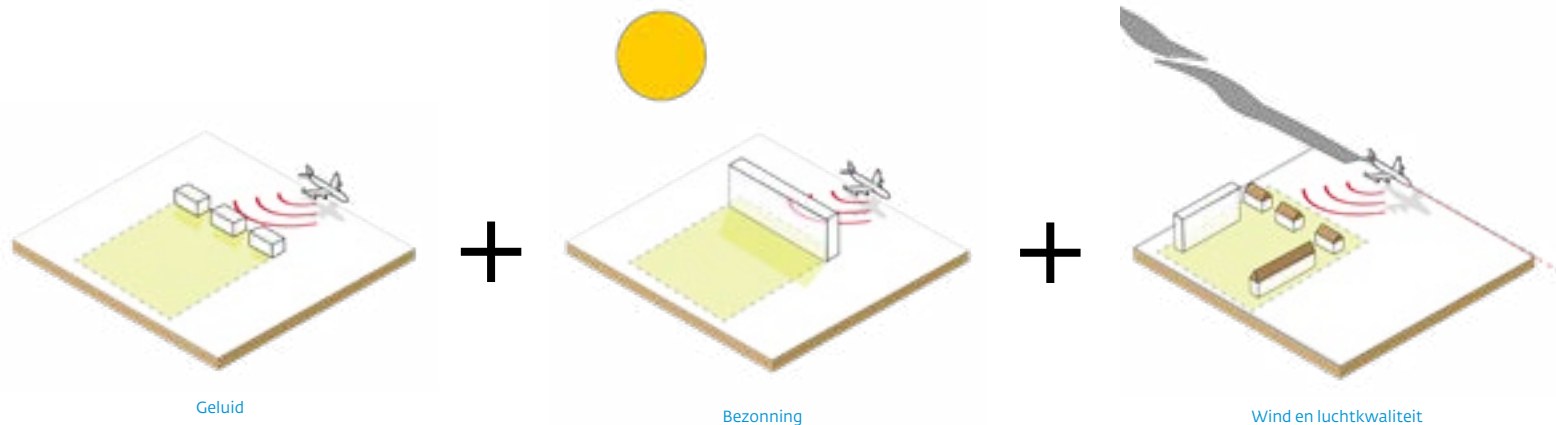


Foto: Gemeente Aalsmeer

2.5 Stap 5: betrekken van andere fysische omgevings- factoren

Bij veel ruimtelijke opgaven rond Schiphol heeft geluid een hoge prioriteit. Uit de analysefase blijkt welk geluid prominent is en een factor om al in de ontwerpfase rekening mee te houden. Daarnaast zijn tal van andere factoren minstens zo belangrijk voor een gezonde en prettige leefomgeving. In deze stap betrekken we deze factoren in de beoordeling van de planvarianten. In de eerste plaats kijken we hoe de planvarianten scoren vanuit de bredere fysische invalshoek: luchtkwaliteit, temperatuur, wind en geur. Een gezonde, prettige en duurzame wijk vraagt erom dat deze factoren goed op elkaar worden

afgestemd. Door bijvoorbeeld een bezonningsstudie en een wind- en temperatuursimulatie uit te voeren kun je bepalen hoe de varianten scoren op meerdere omgevingsklimaatfactoren. Daarnaast laat een bezonningsstudie zien hoeveel daglicht er rond en tussen gebouwen komt – en waar dus het best tuinen en balkons, of al dan niet publiek toegankelijke buitenruimtes, kunnen komen.



Dubbel effect van afscherming, water en bomen op geluid en stedelijk klimaat

Vaak snijdt het mes aan meer kanten: maatregelen tegen vliegtuiggeluid hebben doorgaans ook andere positieve effecten op het stedelijk klimaat en de luchtkwaliteit. Bomen en begroeiing op gevels zijn voorbeelden van maatregelen die de geluidsniveaus iets verlagen. Tegelijk gaan ze hittestress tegen en hebben ze een positief effect op de thermische isolatie van gebouwen en de afvang van luchtverontreiniging. Ook bewegend water heeft verschillende positieve effecten. Het kan zorgen voor geluidsmaskering, maar ook voor koeling en afvang van kleine stofdeeltjes door de verneveling van water. De oriëntatie en vorm van straten en gebouwen, evenals de aanwezigheid van bomen, hebben invloed op luchtstromen (wind), en daarmee de verspreiding van fijnstof.

2.6 Stap 6: evaluatie van het ontwerp en eventueel terug naar stap 3

Als je alle scenario's hebt doorgerekend en je weet wat de ontwerpen betekenen voor luchtkwaliteit, temperatuur, wind en zon, kun je de balans opmaken. Werken de voorkeursvarianten zoals verwacht, ook vanuit een breder perspectief? Moet je nog een verbeterslag doorvoeren? Of is het beter om een andere variant uit te werken? Het beste resultaat bereik je door de ontwerpcyclus meermalen te doorlopen. Elke keer dat je dat doet, levert nieuwe inzichten op om het ontwerp te verbeteren.



Foto: Theo Baart

3 Van stappenplan naar ontwerp: drie praktijkvoorbeelden

3.1 Casus I – IBM-terrein

- 3.1.1 De situatie: hoogstedelijkheid als uitgangspunt
- 3.1.2 Stap 1: analyse van de geluidsomgeving
- 3.1.3 Stap 3: ontwerp van (steden)bouwkundige varianten
- 3.1.4 Stap 4: doorrekenen van varianten
- 3.1.5 Stap 5 en 6: van berekeningen naar ontwerp – verfijnen en aanpassen
- 3.1.6 Conclusies

3.2 Casus II - Proefstation Stommeer Aalsmeer

- 3.2.1 De situatie: laagstedelijkheid als uitgangspunt
- 3.2.2 Stap 1: analyse van de geluidsomgeving
- 3.2.3 Stap 3: ontwerp van (steden)bouwkundige varianten
- 3.2.4 Stap 4: doorrekenen van varianten
- 3.2.5 Stap 5 en 6: van berekeningen naar ontwerp – verfijnen en aanpassen
- 3.2.6 Conclusies

3.3 Casus III – De Hoek Hoofddorp

- 3.3.1 De situatie: grondgeluid als specifieke opgave
- 3.3.2 Stap 1: analyse van de geluidsomgeving
- 3.3.3 Stap 3: ontwerp van (steden)bouwkundige varianten
- 3.3.4 Stap 4: doorrekenen van varianten
- 3.3.5 Stap 5 en 6: van berekeningen naar ontwerp – verfijnen en aanpassen
- 3.3.6 Conclusies

3 Van stappenplan naar ontwerp: drie praktijkvoorbeelden



In hoofdstuk 2 zijn de verschillende fasen aan bod gekomen van een geluidsbewust ontwerpproces. Specifiek voor vliegtuiggeluid bevat dit stappenplan daartoe een aantal basale ontwerpprincipes. Maar iedere locatie is anders. Wat op de ene locatie wel werkt, is voor een andere locatie minder geschikt. Geluidsbewust bouwen is geen kwestie van het simpelweg opvolgen van een nieuwe set regels en voorschriften. Het is de aanduiding van een werkproces om voor een specifieke locatie tot de beste keuzes te komen, vanuit akoestisch perspectief.

In dit hoofdstuk werken we drie voorbeelden uit die laten zien hoe je vanuit de globale ontwerpprincipes komt tot een locatiespecifieke set aan uitgangspunten waarmee ontwerpers aan de slag kunnen.

In de voorbeelden hebben we alleen gekeken naar de invloed van het ontwerp van de gebouwde omgeving op het geluid van vliegtuigen. Dat betekent dat we alleen de stappen 1, 3 en 4 hebben toegepast. Voor stap 5 hebben we alleen naar bezonning en lichtinval gekeken. De bezonningsstudies dienen als voorbeeld hoe de stedenbouwkundige plannen naast geluid ook invloed hebben op andere fysische omgevingsfactoren. Op de stappen 2 en 5 komen we in de nabeschouwing van de resultaten van de casestudies kort terug.

Voor het selecteren van de cases hebben we in de omgeving van Schiphol gezocht naar drie gebieden die zoveel mogelijk van elkaar verschillen in identiteit en problematiek.

- Is er sprake van hoog- of juist laagstedelijk gebied?
- Wordt het geluid vooral veroorzaakt door overvliegende vliegtuigen of gaat het om grondgeluid?
- Is er samenloop met geluid van andere prominente geluidsbronnen of niet?

Zo zijn we gekomen op:

- Het voormalige IBM-terrein in Amsterdam-Zuid als voorbeeld van een hoogstedelijk milieu, waar naast geluid van overvliegende vliegtuigen ook geluid van weg en spoor prominente factoren zijn.
- Het terrein van de voormalige tuinbouwschool in de woonwijk Stommeer van Aalsmeer als voorbeeld van een meer 'dorps' milieu. Dit terrein, genaamd het proefstation, ligt nagenoeg op de kop van de Aalsmeerbaan, waardoor geluid van landende en startende vliegtuigen een zeer prominente factor is voor het leefklimaat.
- Het terrein van het huidige zonnepark bij bedrijventerrein 'De Hoek' in Hoofddorp als voorbeeld van een locatie waar grondgeluid een prominente factor is.

In elk van de casestudies onderzoeken we wat een geluidsbewust ontwerp oplevert aan inzichten voor een stedelijk ontwerp op deze locatie. Het gaat om fictieve projecten. Ze zijn gekozen puur vanuit de theoretische meerwaarde vanwege de locatie ten opzichte van Schiphol.

Bij elke casestudie ontwikkelen we op basis van een globale analyse van de geluidssituatie – met toepassing van de ontwerpprincipes – een aantal stedenbouwkundige varianten die passen bij het stedelijk milieu van de locaties. Deze rekenen we door en vervolgens kijken we voor de voorkeursvariant wat de uitkomsten betekenen voor de indeling van gebouwen en bijbehorende buitenruimten, en voor de inrichting van de openbare ruimte. Voor de doorrekening van de varianten maken we gebruik van de gegevens van het vliegverkeer in de periode april tot en met oktober 2018. Zie het kader op blz. 22 voor nadere uitleg over deze data. De casestudies zijn zelfstandig te lezen. In een nabespreking leggen we de uitkomsten naast elkaar en evalueren we wat de casestudies ons opleveren en wat dit betekent voor het vervolgproces.

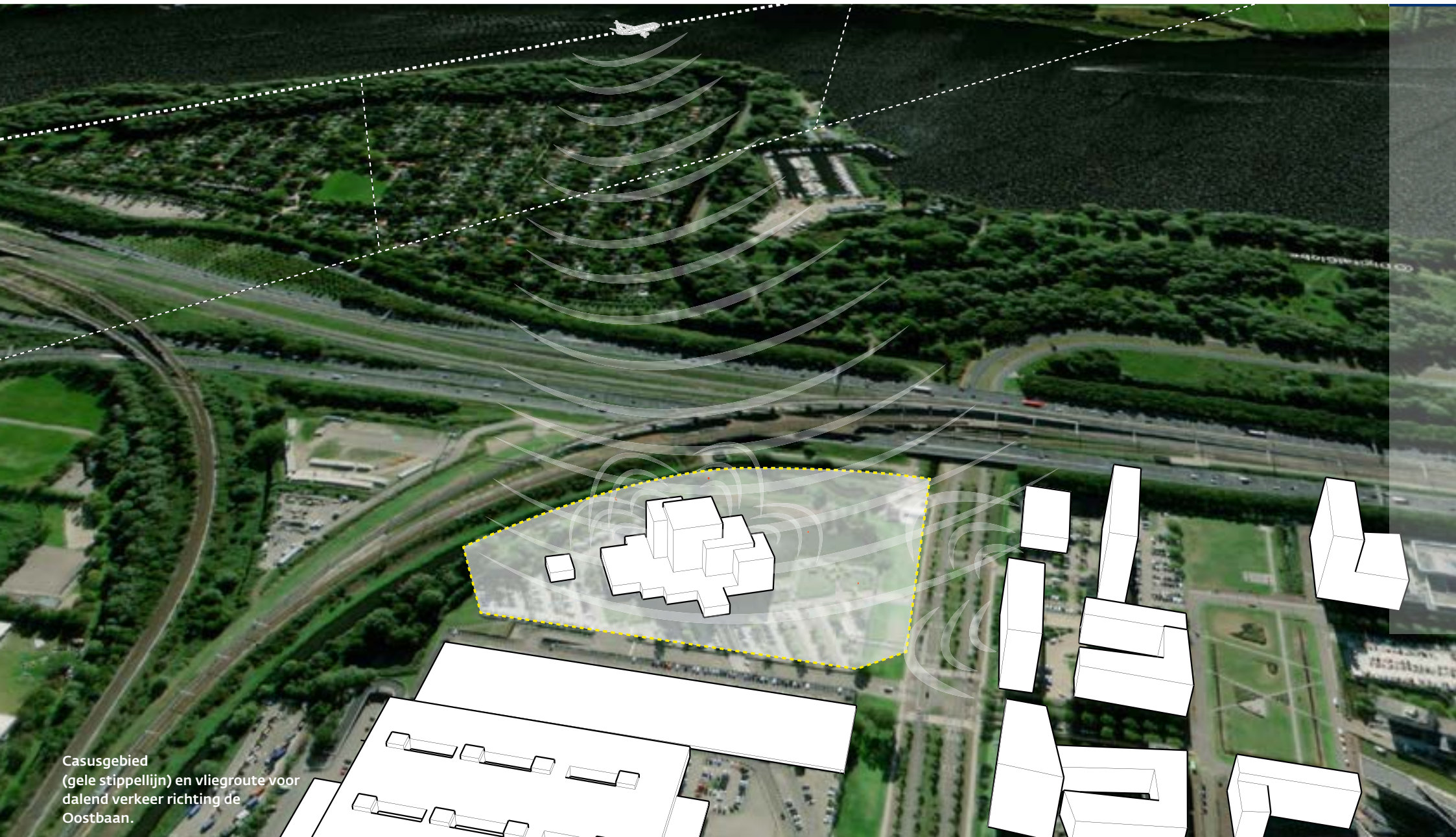
3.1 Casus I – IBM-terrein

3.1.1 De situatie: hoogstedelijkheid als uitgangspunt

Amsterdam-Zuid is met de Zuidas, de A10, het spoortracé en de metro een van de meest hoogstedelijke gebieden van Nederland. De wegen en het spoor zorgen voor een hoge geluidsdruk in het gebied, waar landende en opstijgende vliegtuigen nog een schepje bovenop doen. In de casus zoomen we in op het voormalige IBM-terrein, dat deel uitmaakt van het zogeheten Schinkelkwartier. Het terrein heeft een omvang van circa negen hectare en is gelegen in de oksel van de A10 en de spoorverbinding tussen Amsterdam en Schiphol. Aan de zuid- en westzijde is het terrein omgeven door hoogbouw, variërend van 20 tot 50 meter.

Voor de casus zijn hoogbouw en 'hoogstedelijkheid' als uitgangspunt genomen voor de stedenbouwkundige varianten. Het doel is te onderzoeken hoe en onder welke voorwaarden stedelijke verdichting (hoogbouw) de geluidsdruk rond de bebouwing kan verminderen. Vervolgens kijken we wat de uitkomsten betekenen voor de inrichting van de publieke gebieden en private buitenruimten. Voor de casus gaan we ervan uit dat het oude IBM-gebouw blijft staan en de rest van het terrein wordt verdicht.





Casusgebied (gele stippellijn) en vliegroute voor dalend verkeer richting de Oostbaan.

3.1.2 Stap 1: analyse van de geluidsomgeving

3.1.2.1 Vliegtuiggeluid

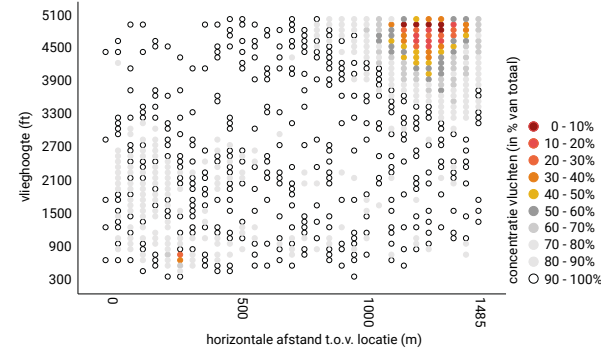
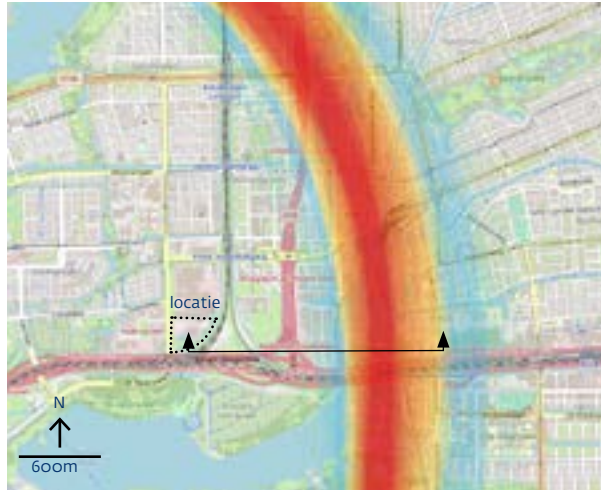
Het IBM-terrein heeft vooral te maken met landend vliegverkeer naar de Oostbaan en opstijgend vliegverkeer vanaf de Zwanenburgbaan. Tussen april en oktober 2018 bedroeg het aantal vluchten via deze twee routes respectievelijk 3.260 en 4.050. Doorgaans wordt de Oostbaan voornamelijk gebruikt voor kleinere vliegtuigtypen, al vliegen er ook regelmatig grotere vliegtuigen op deze route (zoals de A320 en de B737). Het opstijgend verkeer vanaf de Zwanenburgbaan bevat een heel scala aan vliegtuigtypen, waarbij het gemiddelde opstijgende vliegtuig luider is dan een landend toestel vanwege een hoger motorvermogen. Grotere vliegtuigen produceren doorgaans meer geluid door het gewicht, maar ook door een groter oppervlak dat voor luchtwrijvingen zorgt. Daarnaast is het mogelijk dat het geluid van met name opstijgend verkeer van de Buitenveldertbaan hoorbaar is in het gebied. Het gebied wordt dus blootgesteld aan vliegtuiggeluid van drie vliegpaden, die ook nog eens aan verschillende kanten van het gebied liggen. Tel daarbij op dat de locatie is omsloten door hoogbouw met overwegend harde en gladde en dus reflecterende geveloppervlakken. Dat alles betekent dat het geluid van meerdere kanten zijn weg weet te vinden richting het studiegebied, zowel door directe geluidsgolven, als via indirecte geluidsgolven van reflecties tegen de omliggende gebouwen.

De kaartjes in Figuur 1 en Figuur 2 tonen de spreiding van de onderzochte vliegbewegingen van bovenaf. Het verschil tussen opstijgend en dalend verkeer is duidelijk te zien aan de kleuren (hoe roder, hoe meer vliegtuigen de route volgden). De doorsneden of 'ramen' in Figuur 1 en 2 geven een beeld van de vlieghoogte en horizontale afstand van de vliegtuigen ten opzichte van de locatie.

Vliegtuigen die op de Oostbaan landen, volgen een zeer geconcentreerde route. De locatie en hoogte van opstijgende vluchten vanaf de Zwanenburgbaan vertonen daarentegen een grote mate van spreiding (zie Figuur 1). Figuur 1 laat zien dat het gros van de opstijgende vluchten vanaf de Zwanenburgbaan boven de 4.000 voet ligt. Dat is de bovengrens waarbij de bebouwing op de grond nog invloed heeft op de voortplanting (en dus demping) van vliegtuiggeluid. Gemiddeld genomen vliegt het (landende) vliegverkeer naar de Oostbaan het laagst ten opzichte van de casestudielocatie. Daarbij geldt dat ook de horizontale afstand tussen de grondpositie van het vliegpad en de locatie het kortst is (ten opzichte van de andere twee vliegroutes). Daarom is de inschatting dat – voor dezelfde vliegtuigtypen en onder dezelfde weersomstandigheden – het dalend verkeer meer geluid zal produceren dan opstijgende vliegtuigen. Met andere woorden: houd er bij een eerste uitwerking van een stedenbouwkundige strategie voor dit gebied rekening mee dat het geluid van landend verkeer op de Oostbaan een prominente factor is. In het geval van het IBM-terrein zijn er geen geluidsdata voor het vliegtuiggeluid uit nabijgelegen meetposten. We kunnen echter wel een algemene uitspraak doen over het gemiddelde geluidsniveau van vliegverkeer in het gebied, gebaseerd op rekenmodellen. Daaruit weten we dat het gemiddelde geluidsniveau in het gebied tussen de 50 en 55 dB(A) ligt. Het gemiddelde geluidsniveau geeft voor vliegtuiggeluid geen nauwkeurig beeld, omdat er geen continu geluid van vliegtuigen is, zoals bij (snel)wegen wel het geval is. Dit maakt het lastig om een betrouwbare uitspraak te doen over de kwantificeerbare geluidssituatie in het casestudiegebied. Daarom hebben we ervoor gekozen om de geluidsniveaus te berekenen met rekenmodellen. Rekenmodellen hebben voor- en nadelen, zie hiervoor het kader in stap 4.

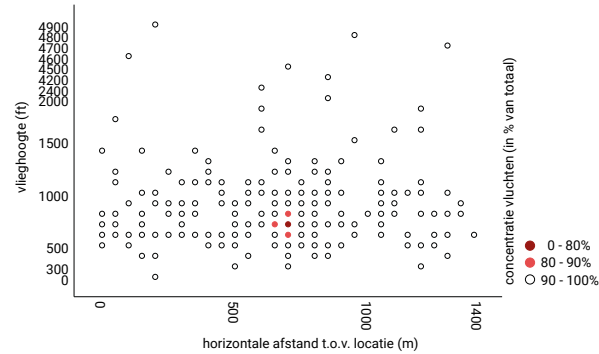
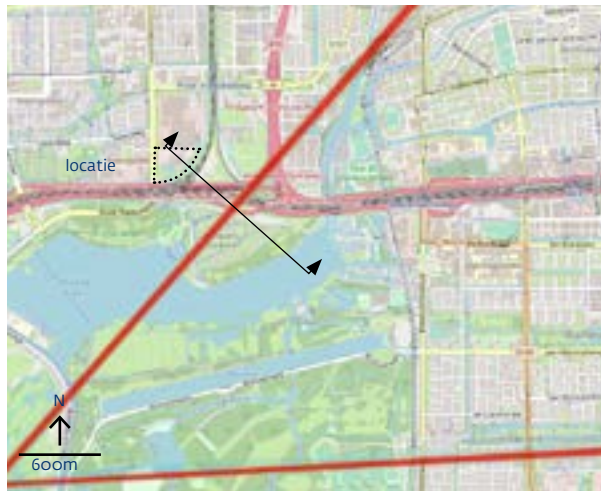
Vliegdata uit 2018: geven die een goed beeld?

Gelet op de gerealiseerde aantallen vliegbewegingen in 2018 en 2019 lijken de data voor alle locaties een redelijk representatief beeld te geven. Uit een analyse van de weergemiddelden (wind, temperatuur, luchtdruk) van het KNMI blijkt dat 2018 overeenkomt met de weergemiddelden tussen 2009 en 2019. In 2018 is er baanonderhoud gepleegd aan alle banen, waarvan de Polderbaan het langst buiten gebruik is gebleven (twee keer twee weken). Voor het onderzoek was dit niet erg. De data zijn namelijk vooral gebruikt voor het analyseren van de spreiding van de vliegtuigposities ten opzichte van de planlocaties (dus: waar en hoe hoog vliegen de vliegen de vliegtuigen?). De volumes per baan zullen iets hoger liggen dan zonder baanonderhoud, maar dat heeft op de gebruikte methode in de casestudies geen effect. In de casestudies kijken we namelijk voor een aantal extremen naar de maximale geluidsniveaus rond de bebouwing. Dat er in werkelijkheid tijdelijk meer of minder vliegtuigen zijn geweest, is minder relevant.



Figuur 1

Op de kaart is de locatie aangegeven. Op de zwarte lijn is voor de studieperiode geïnventariseerd welke vlieghoogte de langsvliegende vliegtuigen hadden. In de tabel hiernaast is aangegeven op welke hoogte en welke afstand de vliegtuigen vlogen.



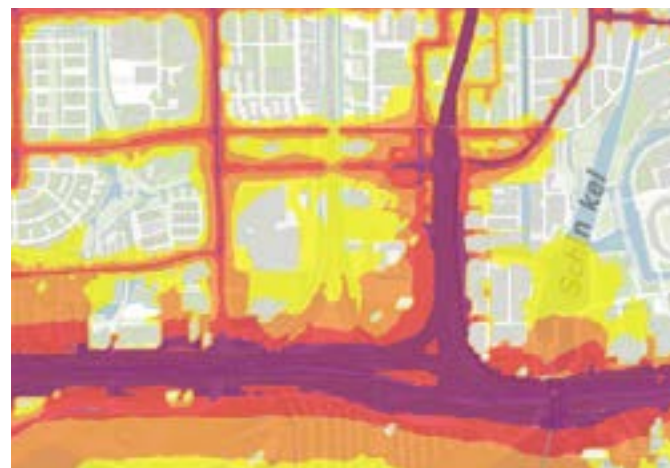
Figuur 2

Op de kaart is de locatie aangegeven. Op de zwarte lijn is voor de studieperiode geïnventariseerd welke vlieghoogte de langsvliegende vliegtuigen hadden. In de tabel hiernaast is aangegeven op welke hoogte en welke afstand de vliegtuigen vlogen.

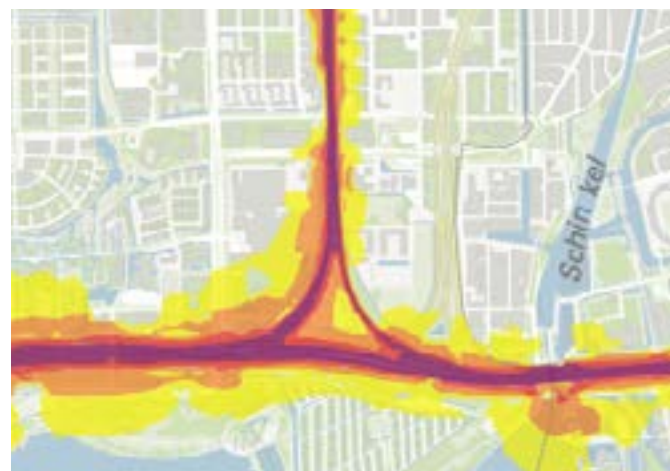
3.1.2.2 Andere geluidsbronnen

Behalve in de nabijheid van vliegpaden ligt het IBM-terrein in de oksel van de A10 en aan het drukke spoortracé tussen Amsterdam en Schiphol. Het grondgebonden verkeer veroorzaakt een relatief hoge geluidsbelasting voor het gebied, met een gemiddeld geluidsniveau (L_{den}) dat ligt tussen de 60 en 65 dB(A). Dit blijkt uit de geluidskaarten van de gemeente. Voor het IBM-terrein betekent dit dat weg- en spoorgeluid ook prominente factoren zijn; we hebben er dus rekening mee te houden in de uitwerking van een stedenbouwkundige strategie. Als je alleen kijkt naar het gemiddelde geluidsniveau, zijn de geluidsniveaus van spoor en wegen zelfs hoger dan die van vliegtuiggeluid. In de praktijk valt een deel van het vliegtuiggeluid dan ook weg tegen het constante achtergrondgeluid van de weg en het spoor. De onregelmatigheid van het vliegtuiggeluid leidt echter tot hogere maximale geluidsniveaus. En omdat juist maximale geluidsniveaus een belangrijke voorspellende factor zijn voor het ontstaan van hinder, pleit dit ervoor om de aandacht in eerste instantie te richten op het geluid van landende vliegtuigen op de Oostbaan. De maximale geluidsniveaus van deze geluidsbron overstemmen immers het achtergrondgeluid van het weg- en treinverkeer. Door het onregelmatige geluidsverloop van de landingen, kan dit op zichzelf voor extra hinder zorgen tegen de achtergrond van het continue geluid van de snelwegen en het spoor.

Geluid van wegverkeer (L_{den})



Geluid van trein, tram en metro (L_{den})



>70dB 65-70dB 60-65dB 55-60dB

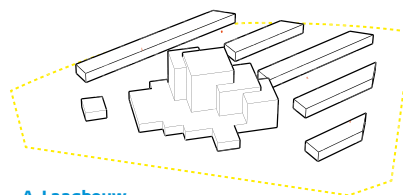
Figuur 3 Verkeersgeluid van de A10 en het spoor op en rond het IBM-terrein.

3.1.3 Stap 3: ontwerp van (steden)bouwkundige varianten

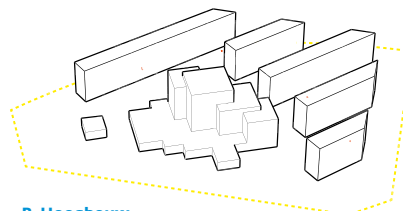
We beschikken nu over een analyse van de geluidsniveaus. De volgende stap is het in kaart brengen van de geluidsbehoeften. Deze stap slaan we hier echter over. Het doel van de casestudies is enkel om te onderzoeken of, en zo ja, hoe, een geluidsbewust stedelijk ontwerp invloed uitoefent op de geluidsomgeving in gebieden rond Schiphol. Voor de uitwerking van de stedenbouwkundige varianten die we toetsen, grijpen we terug op de algemene ontwerpprincipes van dit stappenplan:

- Bouw volumes zo goed als parallel aan de vliegrichting (zie 2.3.1 punt 1).
- Kies zoveel mogelijk voor aaneengesloten en doorlopende bouwvolumes (rijen of stroken) (zie 2.3.1 punt 2).
- Verminder reflecties door absorberende gevelmaterialen (zie 2.3.1 punt 3).
- Buig reflecties af door schuine vlakken (zie 2.3.2 punt 1).

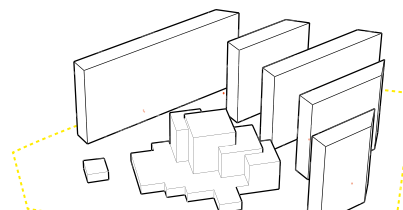
Omdat voor deze locatie een hoogstedelijk milieu het uitgangspunt is, ontwikkelen we zowel laagbouw- als hoogbouwvarianten, en zelfs een variant met wolkenkrabbers. Daarnaast variëren we in vorm. Zo zijn er varianten met een schuine dakafloop, varianten waarbij bouwblokken zijn gedraaid ten opzichte van de vliegrichting, hoven en een combinatie daarvan. Bij elkaar betrekken we zeven bouwvolumevarianten (A tot en met G) in ons onderzoek (zie Figuur 4).



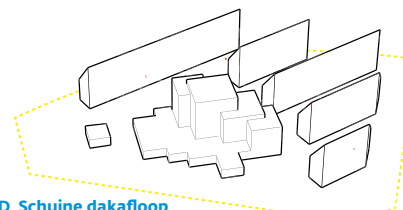
A Laagbouw
Strokenbouw parallel aan de vliegrichting van 9 meter hoog.



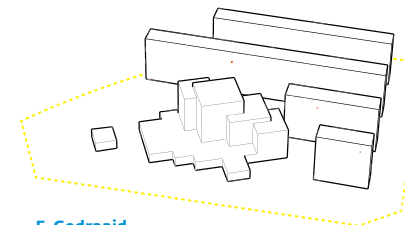
B Hoogbouw
Strokenbouw parallel aan de vliegrichting van 30 meter hoog.



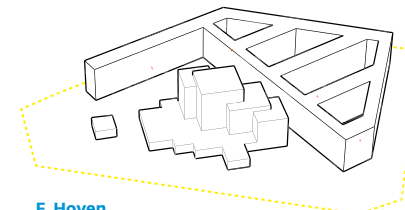
C Wolkenkrabber
Strokenbouw parallel aan de vliegrichting van 80 meter hoog.



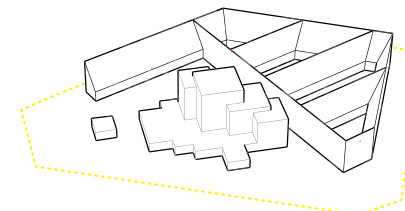
D Schuine dakafloop
Strokenbouw parallel aan de vliegrichting van 40 meter hoog met schuine afloop vanaf 20 meter.



E Gedraaid
Strokenbouw (30 meter hoog) een kwartslag gedraaid ten opzichte van de vliegrichting.

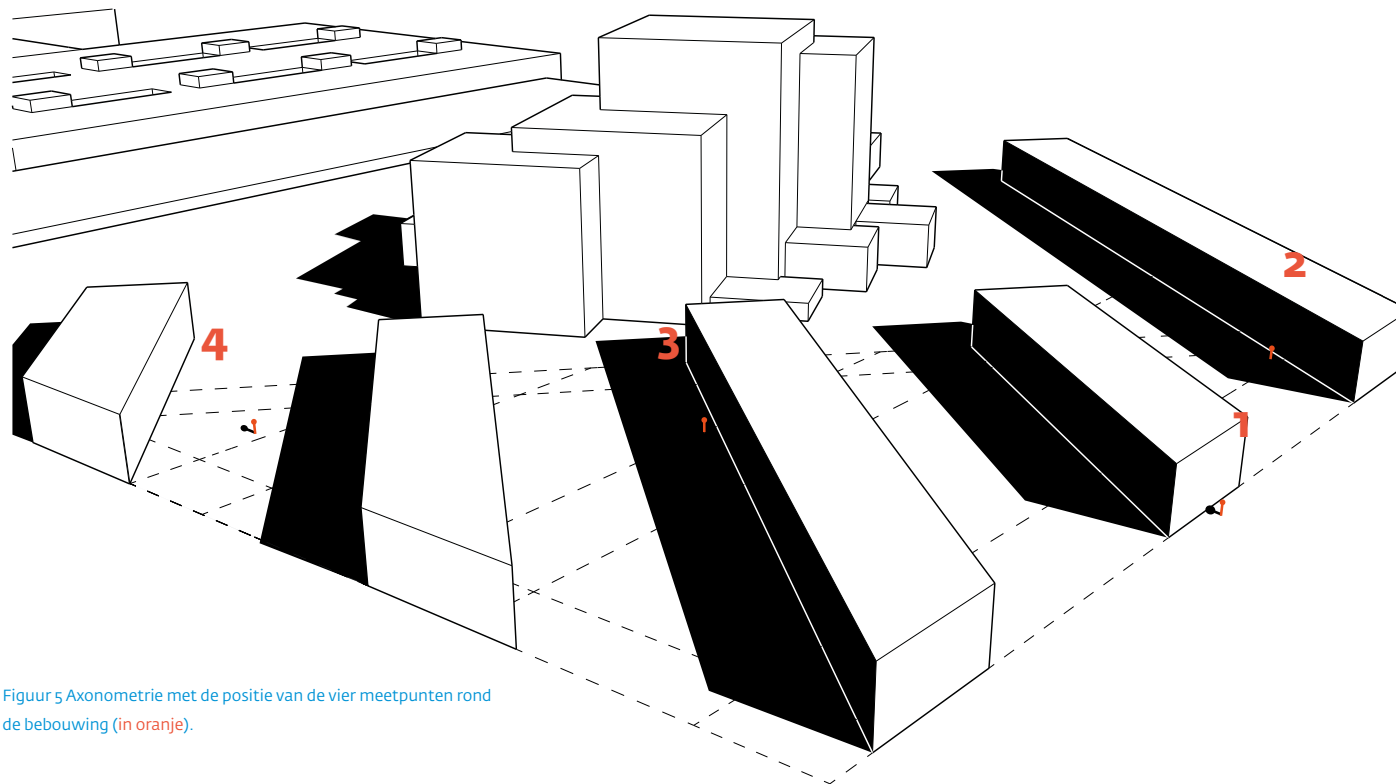


F Hoven
Hoven en hoogbouw (30 meter hoog) gecombineerd. Beperkt flankerend geluid.



G Hoven & schuine dakafloop
Hoven en hoogbouw (30 meter hoog) gecombineerd met schuine dakafloop. Beperkt flankerend geluid en buigt geluid af.

Figuur 4 Axonometrieën van de verschillende stedenbouwkundige varianten die zijn vergeleken voor de casus (A-G).



Figuur 5 Axonometrie met de positie van de vier meetpunten rond de bebouwing (in oranje).

Om snel inzicht te krijgen in de effecten van de verschillende bouwvolumes vergelijken we steeds vier meetpunten met elkaar die op een vast grid staan (de bouwvolumes veranderen, de meetpunten niet). Met uitzondering van meetpunt 4 houden we de afstand tot de dichtstbijzijnde gevel voor alle varianten constant. Figuur 5 toont de posities van de meetpunten voor scenario A ten opzichte van de bebouwing. Behalve de zeven basisvarianten vergelijken we ook verschillende materialen: harde materialen versus absorberende, groene gevelmaterialen. De varianten B, D en E rekenen we door voor beide typen.

3.1.4 Stap 4: doorrekenen van varianten

3.1.4.1 Basisscenario: Boeing 737 bij gemiddeld weertype

Om de zeven planvarianten door te rekenen, moeten we eerst een aantal beslissingen nemen. Het eerste wat ons te doen staat is het ontwikkelen van een simulatiemodel om de effecten van de verschillende bouwvolumes op het vliegtuiggeluid door te rekenen. Rekenmodellen kunnen niet alle opties tegelijkertijd meenemen. Daarom moeten we keuzes maken: welke aannames doen we in het model en waar gaan we de varianten in eerste instantie op beoordelen?

Een eerste aanname volgt uit de spreiding van de onderzochte vliegbewegingen en het verschil tussen het geconcentreerde vliegpad van landende vliegtuigen en het uitwaaierende pad van stijgende vliegtuigen. Voor de simulaties betekent dit dat er voor landingen maar één vliegpad is gesimuleerd. Voor opstijgende vliegtuigen zijn naast het gemiddelde pad ook twee extremen gesimuleerd (1: laag & dichtbij vliegen, 2: hoog & dichtbij vliegen).

De verwachting is dat het geluid van landend verkeer op de Oostbaan de meeste impact heeft op het plangebied. Daarom kijken we als eerste naar het reducerend effect van de stedenbouwkundige varianten op het geluid van een gemiddeld vliegtuigtype dat gaat landen op de Oostbaan.

We gaan daarbij uit van het geluid van een Boeing 737 (onder gemiddelde zomerse weerscondities). De maatschappijen die van en naar Schiphol vliegen doen dit meestal met de A320 en B737. Deze toestellen hebben een vergelijkbaar geluidsprofiel, al is de B737 doorgaans iets lawaaieriger. In totaal berekenen we dus van tien varianten de effecten van de mogelijke stedenbouwkundige ontwerpen om geluid van landend verkeer op de Oostbaan rond de gebouwen te beperken (op basis van een gemiddeld vliegtuigtype en gemiddeld zomers weer).



Foto: Kees van der Veer

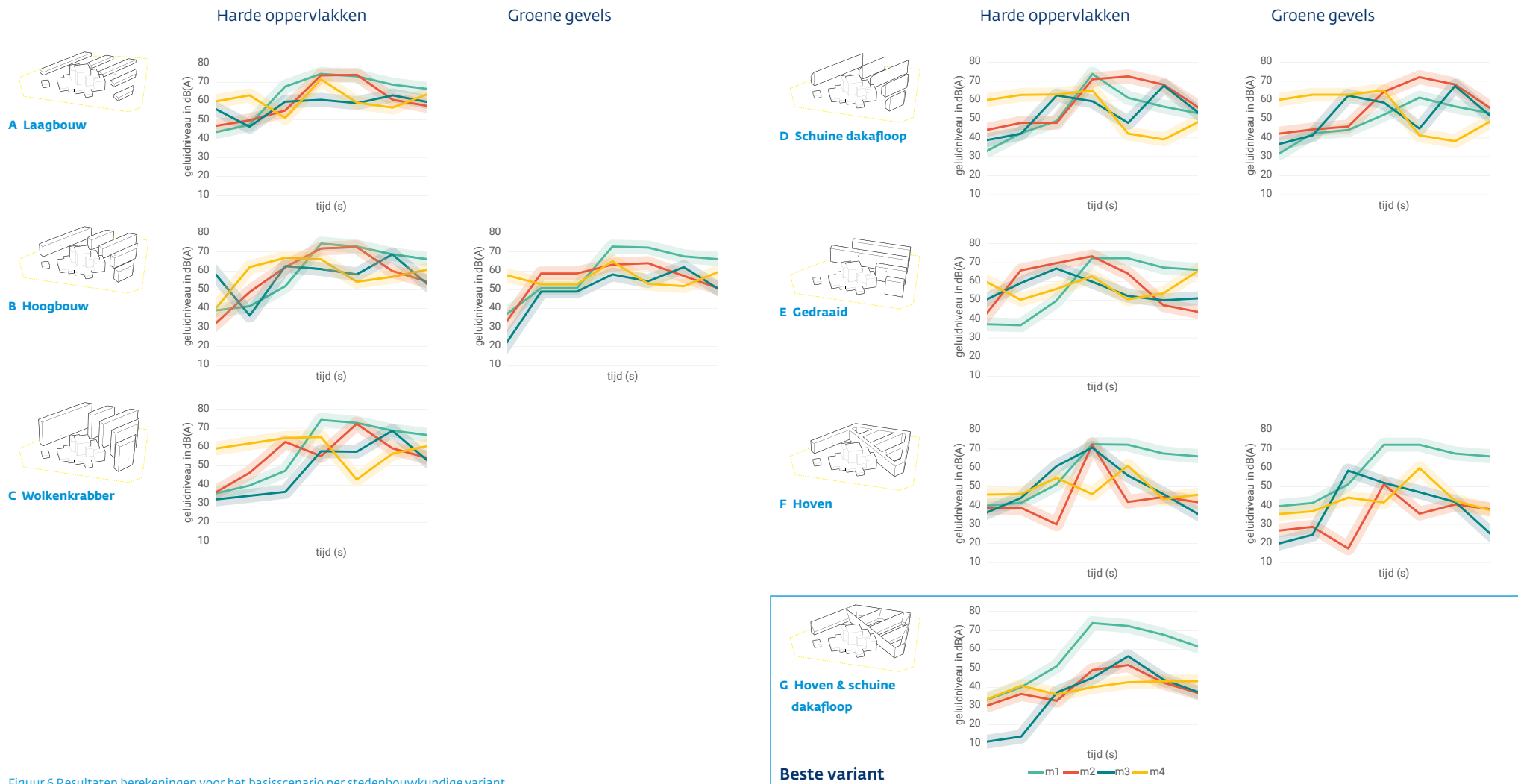
3.1.4.2 Resultaten basisscenario

Figuur 6 toont de resultaten van de berekeningen voor het basisscenario. Het belangrijkste effect dat in de grafieken zichtbaar is, is de sterke mate van gereflecteerd geluid dat zich via de omliggende hoogbouw van alle kanten naar de locatie begeeft. Dit verklaart voor een groot deel waarom hoger bouwen niet per se tot lagere geluidsniveaus leidt. Vergelijken we bijvoorbeeld de geluidsniveaus voor meetpunt 2 voor scenario A, B en C, dan wordt duidelijk dat hoogbouw slechts een beperkt positief effect heeft. Er is zelfs weinig verschil tussen bebouwing van 40 of 80 meter hoog.

Wat daarentegen wél helpt, zijn schuine vlakken (om reflecties af te buigen) en het 'gecontroleerd' afschermen van de meetposities door een horentypologie. Scenario E laat bijvoorbeeld zien dat voor meetpunt 3 en 4 de flankerende bebouwing reflecties lijkt te verminderen. Hierbij past wel een kanttekening: er kan ook een 'insluitingseffect' tussen gevels ontstaan. Dat betekent dat de weerkaatsing van geluid tussen harde gevels en resonantie tot een versterking van het geluid op maaiveldniveau leidt (zie scenario F meetpunt 2). Het insluitingseffect vermindert door absorberende gevelmaterialen aan de binnenkant van de hoven aan te brengen (zie rechtergrafiek scenario F). Scenario G laat echter zien dat het effectiever is om een insluitingseffect te voorkomen door het combineren van hoven en schuine vlakken. De resultaten voor scenario G tonen de beste resultaten voor een dalende B737. Daarom onderzoeken we die nader in de robuustheidsanalyse.



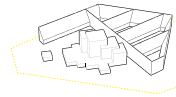
Foto: Gemeente Aalsmeer



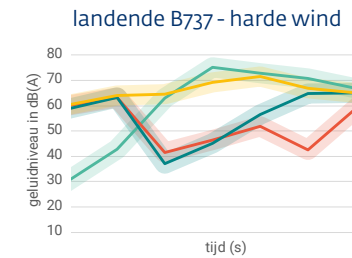
Figuur 6 Resultaten berekeningen voor het basisscenario per stedenbouwkundige variant.

3.1.4.3 Robuustheidsanalyse

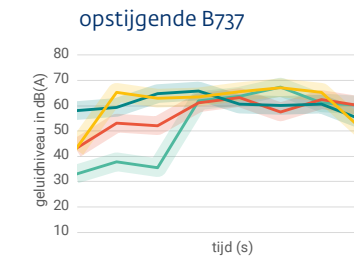
Uit de doorrekening van het basisscenario blijkt dat variant G (hoven en schuine dakopbouw met maximale bouwhoogtes van 30 meter) het meest effectief is. Deze voorkeursvariant onderwerpen we vervolgens aan een robuustheidsanalyse. Daarbij toetsen we of deze variant nog steeds voldoet wanneer er, bijvoorbeeld, een opstijgend vliegtuig vanaf de Zwanenburgbaan of Buitenveldertbaan passeert, de weersomstandigheden ongunstig zijn, of wanneer er een extra zwaar en groot vliegtuig opstijgt vanaf de Buitenveldertbaan. De gecombineerde resultaten van de geluidsanalyses geven vervolgens een indicatie van de bandbreedte waartussen de geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassage kunnen variëren.



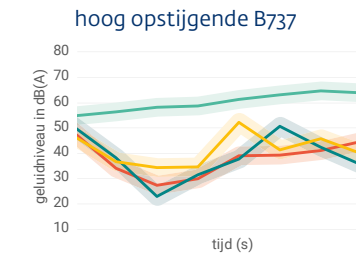
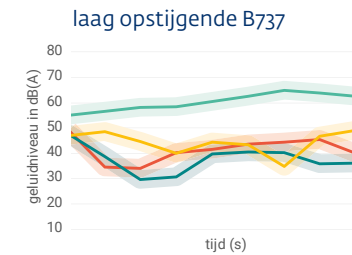
Oostbaan



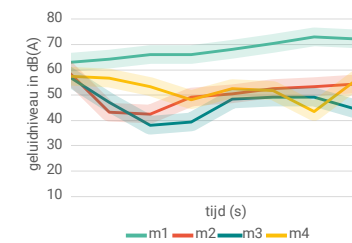
Zwanenburgbaan



Buitenveldertbaan



laag opstijgende B747



Figuur 7 Resultaten berekeningen voor de robuustheidsanalyse voor de stedenbouwkundige variant G.

3.1.4.4 Resultaten robuustheidsanalyse

Voor de robuustheidsanalyse berekenen we het effect van scenario G onder verschillende omstandigheden, zie Figuur 7. Zo kijken we bijvoorbeeld naar het effect van harde zuidoostelijke wind of opstijgende vliegtuigen vanaf de Zwanenburg- en Buitenveldertbaan. De resultaten laten zien dat geluid van de Buitenveldertbaan geen probleem lijkt, maar van de Zwanenburgbaan wel. Bij harde wind is het geluid van landende vliegtuigen op de Oostbaan beter hoorbaar tussen de gebouwen. De

resultaten suggereren echter dat de geluidsniveaus op geluidsluwe posities (ruim) onder de aanbevolen grenswaarden voor maximale geluidsniveaus uit eerdere onderzoeken blijven (zie hoofdstuk 2.1). Dit geldt voor zowel opstijgend verkeer van de Zwanenburgbaan, als landingen op de Oostbaan. Scenario G lijkt dus vrij robuust onder wisselende omstandigheden.

3.1.4.5 Cumulatief geluid: wegen en spoor

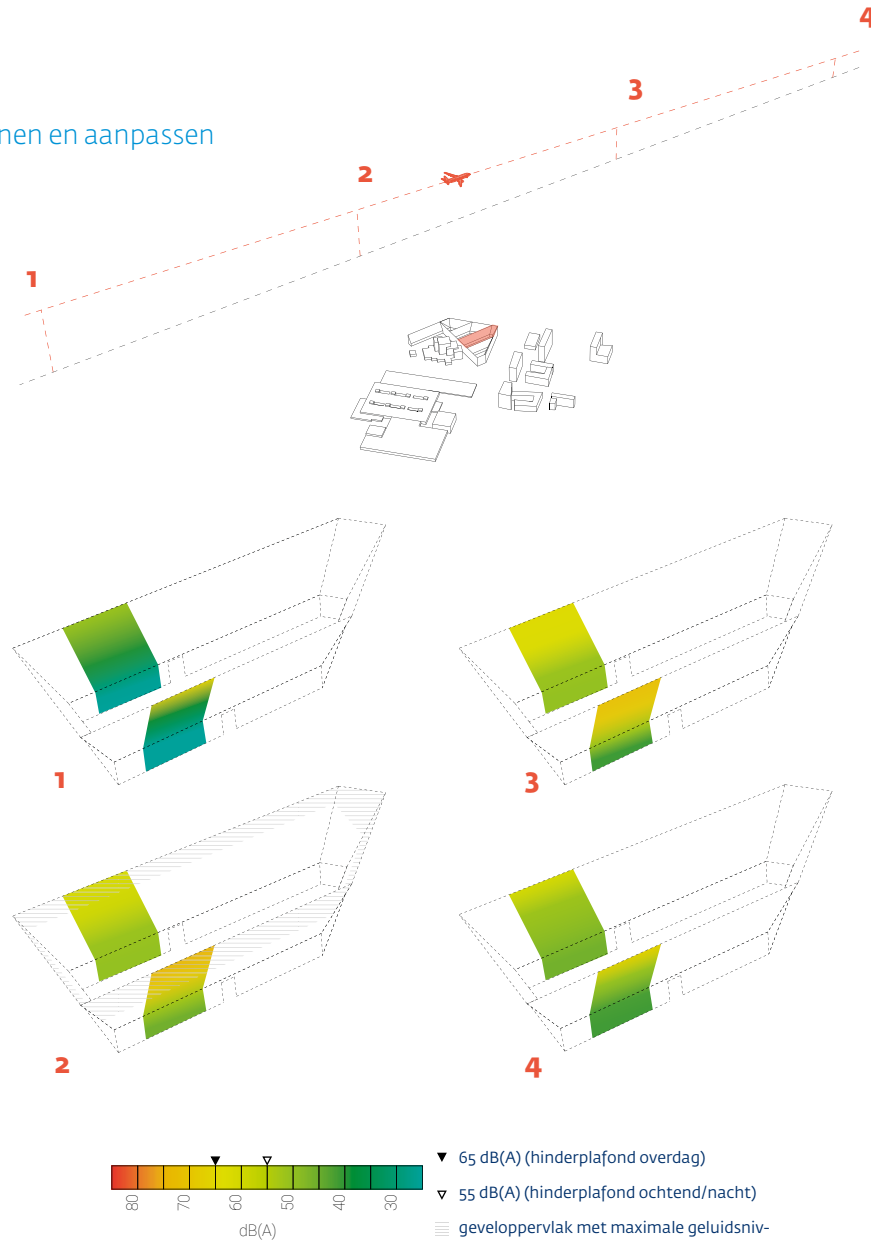
Uit de analyse van de geluidssituatie blijkt dat voor deze locatie het geluid van weg en spoor eveneens prominent is. Dat betekent dat we bij de voorkeursvariant ook kijken of deze geschikt is om het geluid van deze bronnen te verminderen. Het geluidsniveau van deze bronnen is immers zo hoog, dat de winst van het ontwerp met het oog op het vliegtuiggeluid wellicht in de praktijk geen effect heeft. Eenvoudigweg omdat het tot een bepaald niveau niet boven het achtergrondgeluid uitkomt. Anders gezegd: als het vliegtuiggeluid niet boven een minimale grenswaarde uitkomt, heeft het geen zin om er in het ontwerp rekening mee te houden.

In deze casestudie ligt dat niveau naar schatting tussen de 65 dB(A) en 70 dB(A) aan de zijde van het IBM-gebouw die uitkijkt op de A10. Uit onderzoek naar het verminderen van grondgebonden verkeer weten we dat een combinatie van hoogbouw en hoven doorgaans het beste scoort om 'stille' gevels te creëren. Hierbij is het wel belangrijk dat het wegverkeer zo min mogelijk doordringt naar de binnenhoven. Dat betekent dat er geen gemotoriseerd verkeer op de binnenhoven mag komen, tenzij dit strikt noodzakelijk is. En dat er geen openingen mogen zitten in de bebouwing die de hoven en wegen van elkaar scheidt. Anders kan het geluid zich hier alsnog door begeven richting de binnentuinen. Toegangswegen, zoals poorten, moeten dus afsluitbaar zijn, wat het gebied meteen ook een privaat karakter geeft.

3.1.5 Stap 5 en 6: van berekeningen naar ontwerp – verfijnen en aanpassen

Uit de eerste rekenexercities en de robuustheidsanalyse volgt variant G als voorkeursvariant. Het kernprincipe ervan wordt gevormd door de hoventypologie, gecombineerd met schuin aflopende vlakken die een groot deel van het vliegtuiggeluid de hof uit 'kaatsen'. Door de buitenruimten aan alle zijden af te schermen met gebouvvolumes, kan het weerkaatste flankerend geluid van omliggende bebouwing een groot gedeelte van de binnenhoven en aanliggende bebouwing niet bereiken.

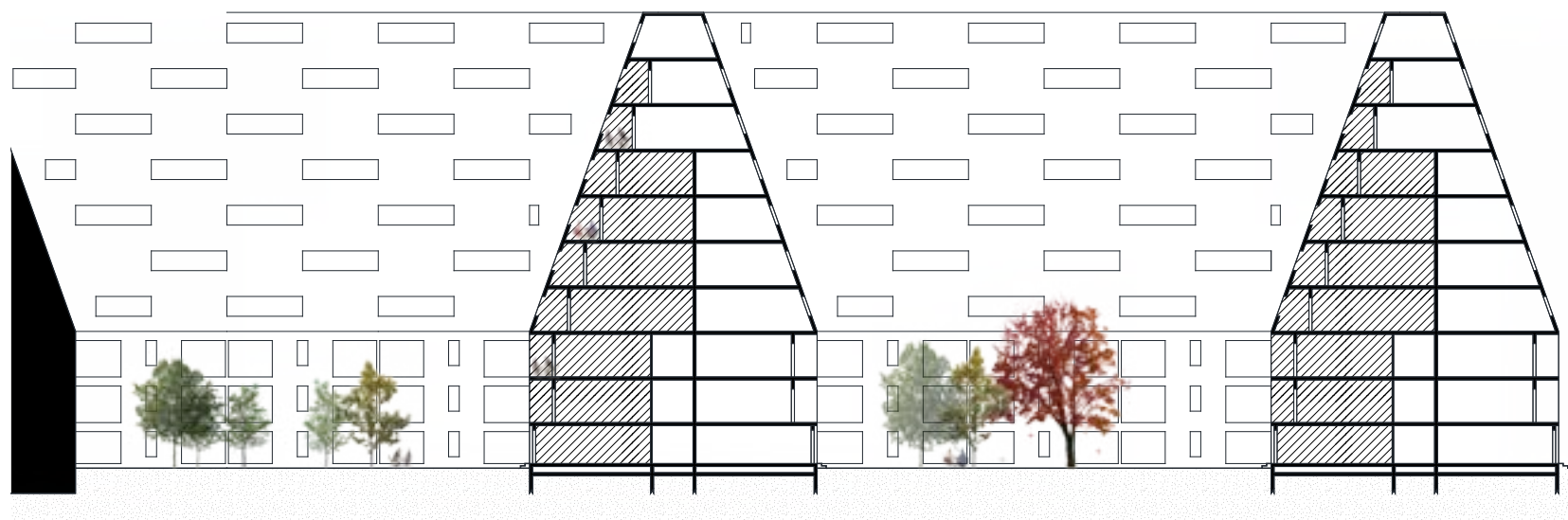
Met het beperkte aantal van vier meetpunten in het gebied is het beeld echter nog te globaal om een ontwerpteam aan het werk te zetten. Er is meer nodig om het stedenbouwkundige plan op basis van deze typologie uit te werken. Zo ontbreekt nog een goed beeld van de geluidsniveaus rond de gevel op verschillende hoogten. Dat is nodig om zorgvuldige keuzes te maken over de situering van buitenruimten en indeling van de bebouwing. We voeren daarom voor variant G aanvullende berekeningen uit, waarbij we de geluidsniveaus op verschillende hoogten rond de gevel berekenen. Figuur 8 laat de resultaten zien voor vier posities op het vliegpad richting de Oostbaan: voor de gevel zonder en met een directe zichtlijn tot de bron. De resultaten laten zien dat de geluidswaarden onder de 65 dB(A) blijven voor de gevel zonder een zichtlijn tot de bron. Op maaiveldniveau komen ze (ruim) onder de 60 dB(A). Dit is anders voor het grijs gearceerde gebied in Figuur 8-2. Hier komen bij voorkeur dus geen private buitenruimten, zoals balkons. Een alternatief kan bestaan uit deels afsluitbare 'Franse' balkons. Bewoners hebben dan de mogelijkheid om buitenruimten extra af te schermen als daaraan behoefte is.



Figuur 8 Geluidsniveau rond een deel van de gevels voor een dalende B737 richting de Oostbaan voor vier vliegtuigposities onder gemiddelde weersomstandigheden tijdens de zomer. De kleuren geven de berekende geluidsniveaus aan op de gevel wanneer het vliegtuig zich op positie 1, 2, 3 en 4 bevindt, zoals aangegeven in de bovenste tekening.

De uitkomsten van deze berekeningen zijn ook relevant voor de indeling van de gebouwen. Zo kunnen slaap- of studeervertrekken het beste aan de geluidsluwe zijde(n) gesitueerd worden. Komen ze aan de geluidsbelaste gebouwzijde, dan moeten gevel en ramen extra zwaar worden uitgevoerd om het vliegtuiggeluid zoveel mogelijk buiten te houden. Als alternatief voor extra geluidsisolatie kan een slimme indeling van de gebouwen ook een oplossing zijn. Ruimten aan de geluidsbelaste zijde van het gebouw dienen dan als buffer voor (bijvoorbeeld) slaapkamers (zie Figuur 9). Dat betekent dat ruimten zoals badkamers, keukens, meterkasten en bergingen aan de geluidsbelaste gebouwzijde komen.

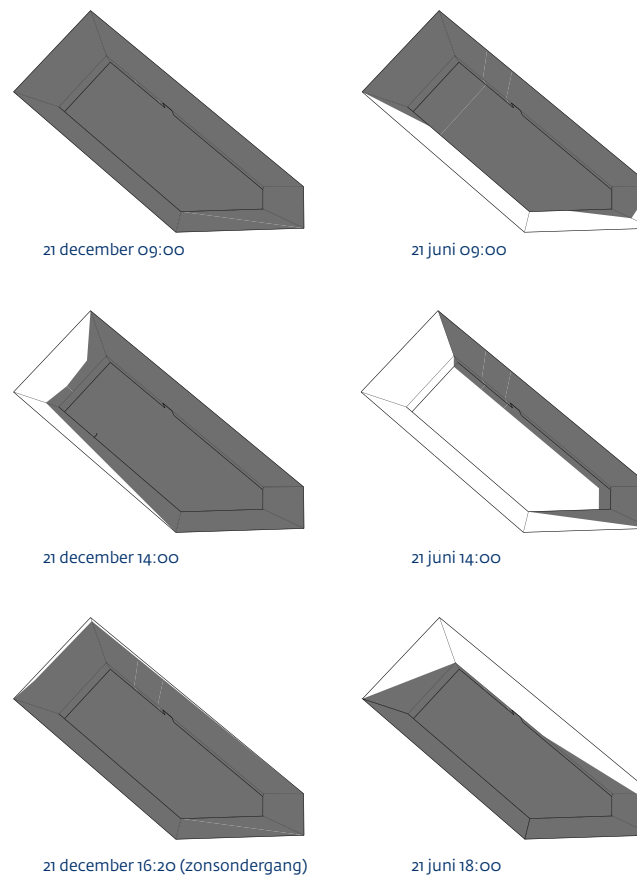
////// aanbevolen positionering geluidssensitieve functies (slaapkamers)



Figuur 9 Doorsnede (zie Figuur 8) van een hof.

Naast de oriëntatie van de bebouwing voor geluid speelt bezonning ook een belangrijke rol bij het creëren van aangename verblijfsruimten. Ideaal gesproken liggen balkons op het zuiden en niet op het noorden. Omdat de bouwvolumes hoog zijn (30 meter), en de geluidsluwe zijde op het noordwesten ligt, voeren we een aanvullende bezonningsstudie uit, zie Figuur 10. Die laat zien dat er tijdens de winter weinig tot geen zonlicht in de hof toetreedt, maar dat dit 's zomers wel het geval is. In de middag is er zon op balkons aan de geluidsluwe gebouwzijden, wat ook geldt op maaiveldniveau. Concreet betekent dit dat de conclusies uit de geluidsstudies niet in conflict zijn met de wensen voor daglichttoetreding.

De berekeningen laten zien dat absorberende gevels niet per se nodig zijn om het vliegtuiggeluid op maaiveldniveau verder te reduceren. Daarom is er in dit geval meer vrijheid voor het toepassen van harde, reflecterende gevelmaterialen. Om ervoor te zorgen dat er meer daglicht in de hoven toetreedt, kan de keuze vallen op licht-reflecterende materialen, zoals aluminium of wit HPL (kunststofplaat).



Figuur 10 Bezonningsstudie voor verschillende tijdstippen op de kortste en langste dag van het jaar.

De combinatie van dergelijke geveloppervlakken en de loggia-achtige balkons lijkt op het project Via 57West van Bjarne Ingels Group in New York (zie Figuur 11).

Het geluidsniveau ligt op het gehele maaiveldniveau in de meeste gevallen onder de waarden van het hinderplafond. Dat betekent dat er geen nadere aanbevelingen nodig zijn voor de indeling van de openbare ruimten in de hoven. Als de geveloppervlakken hard zijn is het wel aan te raden om grote delen van het grondoppervlak met absorberende materialen te bekleden. Denk aan hoog gras en grind. Dit om hinderlijke galm – en daarmee overlast – van activiteiten op het maaiveld te voorkomen. Daarnaast kunnen waterpartijen zorgen voor extra geluidsmaskering.



Figuur 11 Via 57West (BIG) in New York als referentiebeeld.

3.1.6 Conclusies

Samenvattend levert de beoordeling en doorrekening van stedenbouwkundige varianten de volgende uitgangspunten op voor het verdere ontwerpproces:

- Basisstrategie van een hoventypologie, gecombineerd met schuin aflopende daken.
- Bouwvolumes tot 30 meter.
- Private buitenruimtes op het noordwesten, eventueel in combinatie met afsluitbare 'Franse' balkons op het zuidoosten.
- Vrijheid voor harde en gladde gevelmaterialen, maar wel reflecterend voor licht voor een betere daglichttoetreding in de hoven.
- Extra zware gevelisolatie aan de geluidsbelaste zijde, in verband met de laagfrequente tonen van vliegtuiggeluid en/of een slimme indeling van de gebouwen met niet-gevoelige ruimtes als buffer voor gevoelige ruimtes.
- Vrije indeling van openbare ruimte, maar deze bij toepassing van harde gevelmaterialen wel hoofdzakelijk bekleden met absorberende materialen, zoals hoog gras en grind. Dit in combinatie met waterpartijen voor extra geluidsmaskering. Bijkomend voordeel: dit helpt ook voor de afvoer en tijdelijke opvang van regenwater.

Impressie van hof.



3.2 Casus II – Proefstation Stommeer Aalsmeer

3.2.1 De situatie: laagstedelijkheid als uitgangspunt

Het proefstation is de benaming van een terrein in de kern van Aalsmeer waar voorheen een tuinbouwschool met laboratorium stond. Sinds het begin van deze eeuw staat het schoolgebouw leeg en zijn de bijbehorende laboratoria ontmanteld. Het terrein heeft een oppervlakte van pakweg drie hectare en ligt midden in de naoorlogse woonwijk Stommeer. De wijk wordt gekenmerkt door traditionele laagbouw uit de jaren vijftig en zestig. Deze laagstedelijkheid nemen wij als uitgangspunt voor deze casus.

De vraag die centraal staat is of en hoe laagstedelijke gebouwtypologieën het geluid van vliegtuigen kunnen beperken. Daarbij is deze casus interessant vanwege de ligging in de directe nabijheid van de luchthaven. Rond de luchthaven is er geen enkele woonwijk die zo dicht bij een kop van een baan is gelegen. Voor de casus gaan we er vanuit dat het schoolgebouw blijft staan en er nieuwbouw komt op het stuk land waar vroeger de kassen stonden.



Plangebied Proefstation (binnen gele stippellijn) en vliegroute voor dalend verkeer richting de Aalsmeerbaan.

3.2.2 Stap 1: analyse van de geluidsomgeving

3.2.2.1 Vliegverkeer

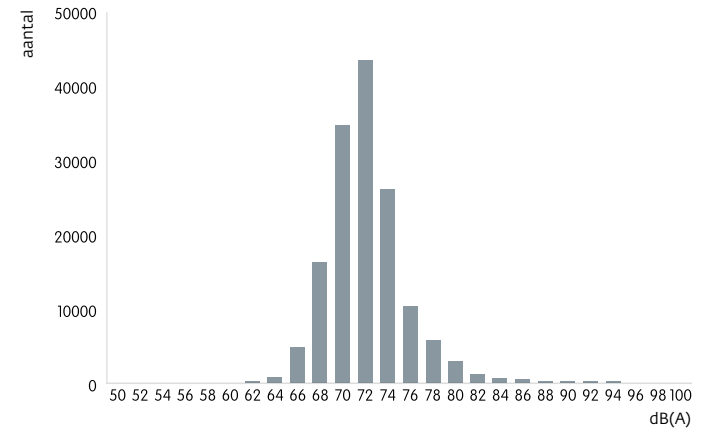
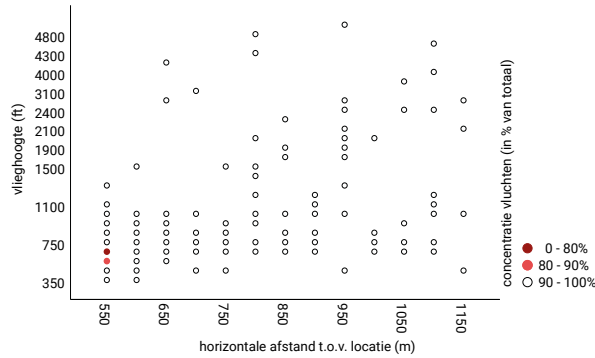
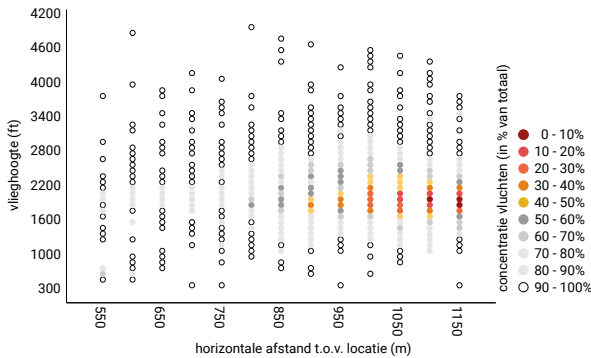
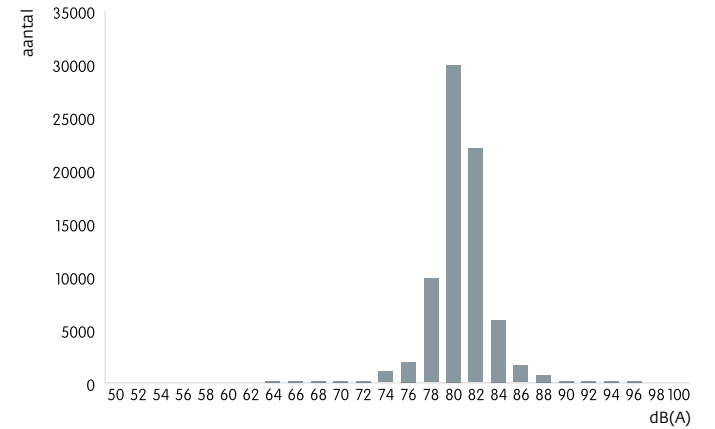
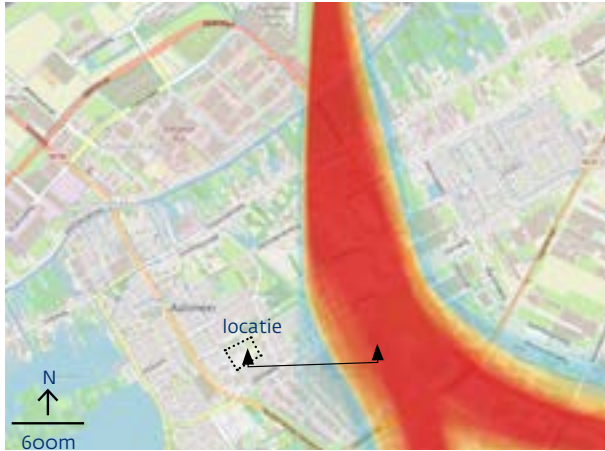
De locatie van het proefstation ligt direct in het verlengde van de Aalsmeerbaan. De Aalsmeerbaan is een zogenaamde niet-preferente baan, maar wordt desondanks veelvuldig ingezet; de baan wordt vrijwel net zo veel gebruikt als de 'preferente' banen (Kaagbaan en Polderbaan). Tussen april en oktober 2018 bedroeg zowel het aantal opstijgende als dalende vliegbewegingen ruim 23.000 (46.000 in totaal). Dat betekent dat er een relatief hoge frequentie is waarmee vliegtuigen hier passeren. Over heel 2018 ging het om 52.700 startende en 33.300 landende vliegtuigen, van en naar de Aalsmeerbaan. Omdat Schiphol met in- en uitgaande 'pieken' werkt, is het vliegverkeer niet evenredig verdeeld over de dag. Tijdens pieken is het vliegverkeer zeer geconcentreerd, wat kan betekenen dat er soms minder dan een à twee minuten tussen de vliegtuigpassages zit.

De baan wordt voor alle soorten verkeer gebruikt (bijvoorbeeld vrachten en personenvervoer), in tegenstelling tot bijvoorbeeld de Oostbaan. Voor de analyse van het geluid van het vliegverkeer maken we gebruik van één van de vaste meetpunten van het NOMOS-meetnet rond Schiphol, het zogenaamde meetpunt 10. Dit meetpunt ligt op ruim 500 meter horizontale afstand van de planlocatie, vrijwel direct onder de vliegroute voor landend vliegverkeer (zie figuur 14). De NOMOS-gegevens laten zien dat de hoogste geluidsniveaus worden gemeten voor landend vliegverkeer. Dit wekt op het eerste gezicht wellicht verwondering, maar het komt doordat landende toestellen hier relatief laag overvliegen (zie Figuur 13). Ook zien we dat het grootste gedeelte van de startende vliegtuigen al ruim voor de locatie naar het oosten afbuigt. De horizontale afstand tussen de locatie en het 'grondpad' van de vliegtuigen is daarmee een stuk groter voor startende vliegtuigen dan voor landingen. De gemiddelde maximale geluidsniveaus van de landende vliegtuigen liggen rond 81 dB(A). Stijgende vliegtuigen laten gemiddelde maximale geluidsniveaus zien van 72 dB(A) (zie Figuur 14).

Het geluid van opstijgende vliegtuigen is, gemiddeld gezien, lager. Het is echter wel langer hoorbaar door de hogere positie van de geluidsbron (gemiddeld 24 seconden voor landingen en 29 seconden voor starts).

De radardata van april tot en met oktober 2018 laten goed zien dat het landend verkeer een zeer constant en geconcentreerd pad volgt richting de Aalsmeerbaan. De grondpositie van de landende vliegbewegingen bevindt zich op ruim 550 meter vanaf de grens van het plangebied op een aanvlieghoogte van rond de 220 meter. Opstijgend vliegverkeer toont een grote spreiding, waarbij het grootste gedeelte van de vliegtuigtuigen richting het oosten afbuigt (zie figuur 12). Meer dan de helft van het opstijgend vliegverkeer vliegt op een horizontale afstand van het plangebied van meer dan 800 meter, met een vlieghoogte variërend tussen de 550 en 850 meter. Een klein deel van deze vluchten volgt dezelfde vliegroute als de landende vliegtuigen. Een nog kleiner gedeelte daarvan vliegt daarbij ook relatief laag: < 1.000 voet (300 meter). Dit zijn uitzonderingen, maar ze leiden wel tot hoge maximale geluidsniveaus rond de casestudie-locatie.

De Aalsmeerbaan is 's nachts gesloten; van 23.00 uur tot 07.00 uur is er geen overvliegend verkeer. Vliegverkeer van andere banen is hier in beginsel geen factor van betekenis, omdat vliegpaden niet boven of in een radius van drie kilometer rond de locatie liggen. Aandachtspunt voor het akoestisch leefmilieu is de hoge frequentie van het vliegverkeer. Dit in combinatie met de relatief hoge maximale geluidsniveaus ten opzichte van de piekwaarden van 55 dB(A) en 65 dB(A) voor respectievelijk de randen van de dag (ochtend en avond) en overdag. Deze waarden zijn volgens recent onderzoek de beste akoestische maatstaf voor hinder, naast de locatie waar mensen zich tijdens de geluidsblootstelling bevinden (binnen versus buiten; zie 2.3.2).



Figuur 12 Vliegpaden van opstijgende vliegtuigen vanaf de Aalsmeerbaan. Op de zwarte lijn is voor de studieperiode geïnventariseerd welke vlieghoogte de langsvliegende vliegtuigen hadden. In de tabel hiernaast is aangegeven op welke hoogte en welke afstand de vliegtuigen vlogen.

Figuur 13 Vliegpaden van dalende vliegtuigen richting de Aalsmeerbaan. Op de zwarte lijn is voor de studieperiode geïnventariseerd welke vlieghoogte de langsvliegende vliegtuigen hadden. In de tabel hiernaast is aangegeven op welke hoogte en welke afstand de vliegtuigen vlogen.

Figuur 14 Maximale geluidsniveaus voor NOMOS-metpost 10 tijdens dalende (boven) en opstijgende (onder) vliegbewegingen (data tussen 2016 en 2019).

3.2.2.2 Andere geluidsbronnen

Voor deze casus hoeven we geen rekening te houden met de impact van andere geluidsbronnen. Er loopt geen spoor- of tramverbinding. Figuur 15 laat zien dat ook het geluid van wegverkeer slechts een kleine rol speelt rondom het proefstation door de relatief beschutte ligging in het midden van een woonwijk. Industriegeluid van werven en andere industriefuncties is er nauwelijks (Figuur 15, rechts). In deze casus is het vliegverkeer de prominente factor voor het woon- en leefklimaat.

Geluid van wegverkeer (L_{den})



Geluid van industrie (L_{den})



Figuur 15 Verkeersgeluid van de wegen (links), Industriegeluid in en rond het proefstation (rechts).

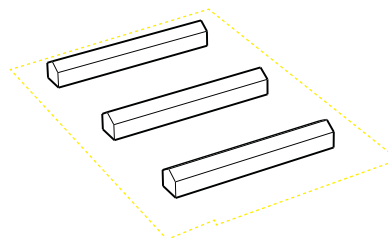
3.2.3 Stap 3: ontwerp van (steden)bouwkundige varianten

3.1.4.1 Basisscenario: Boeing 737 bij gemiddeld weertype

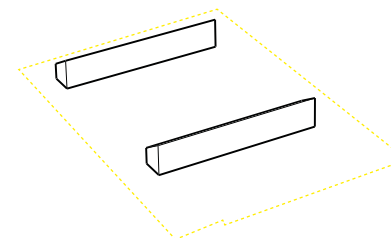
Stap 2 (het in kaart brengen van de geluidsbehoeften) slaan we over, net als in de vorige casestudie. We zijn immers niet op zoek naar een passend programma en bijbehorende kwaliteiten voor deze specifieke locaties. We onderzoeken voor hypothetische situaties hoe de bebouwingstypologie – gegeven de geluidssituatie ter plaatse – blootstelling aan vliegtuiggeluid kan beperken. Voor de uitwerking van de stedenbouwkundige varianten die we toetsen, grijpen we terug op de algemene ontwerpprincipes van dit stappenplan:

- Bouw volumes zo goed als parallel aan de vliegrichting (zie 2.3.1 punt 1).
- Kies zoveel mogelijk voor aaneengesloten en doorlopende bouwvolumes (rijen of stroken) (zie 2.3.1 punt 2).
- Verminder reflecties door absorberende gevelmaterialen (zie 2.3.1 punt 3).
- Buig reflecties af door schuine vlakken (zie 2.3.2 punt 1).

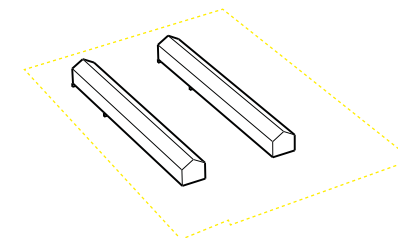
Omdat voor deze locatie een laagstedelijk, dorps woonmilieu het uitgangspunt is, stellen we varianten op die daar goed bij passen.



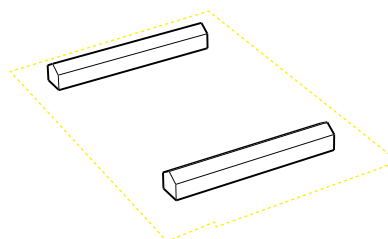
A Doorzonwoning I
Drielaags strokenbouw parallel aan de vliegrichting met 40 meter tussen de gebouwen.



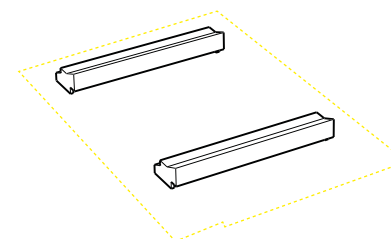
D Kathederbouw II
Strokenbouw parallel aan de vliegrichting met lessenaarsdak met 70 meter tussen de gebouwen.



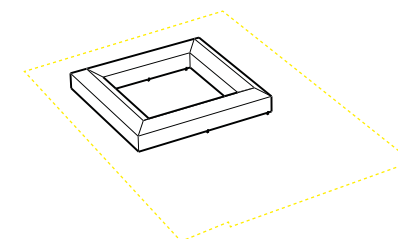
G Doorzonwoning III
Variant A, maar dan loodrecht op het vliegpad.



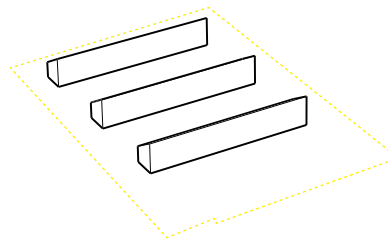
B Doorzonwoning II
Strokenbouw parallel aan de vliegrichting met 70 meter tussen de gebouwen.



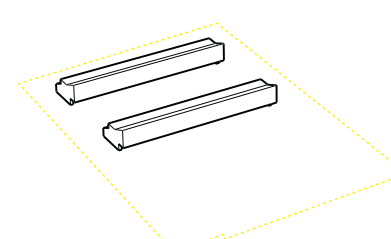
E. Luifelwoning I
Vierlaags strokenbouw met uitkraging van 4,5 meter en schuin dak, parallel aan de vliegrichting, 70 meter tussen gevels.



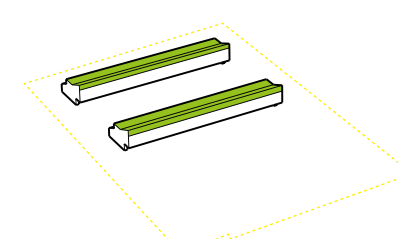
H Hof
Variant A, maar dan aan beide zijden doorlopend in de vorm van een hof.



C Kathederbouw I
Vierlaags strokenbouw parallel aan de vliegrichting met lessenaarsdak met 30 meter tussen de gebouwen.



F Luifelwoning II
Vierlaags strokenbouw met uitkraging van 4,5 meter en schuin dak, parallel aan de vliegrichting, 30 meter tussen gevels.

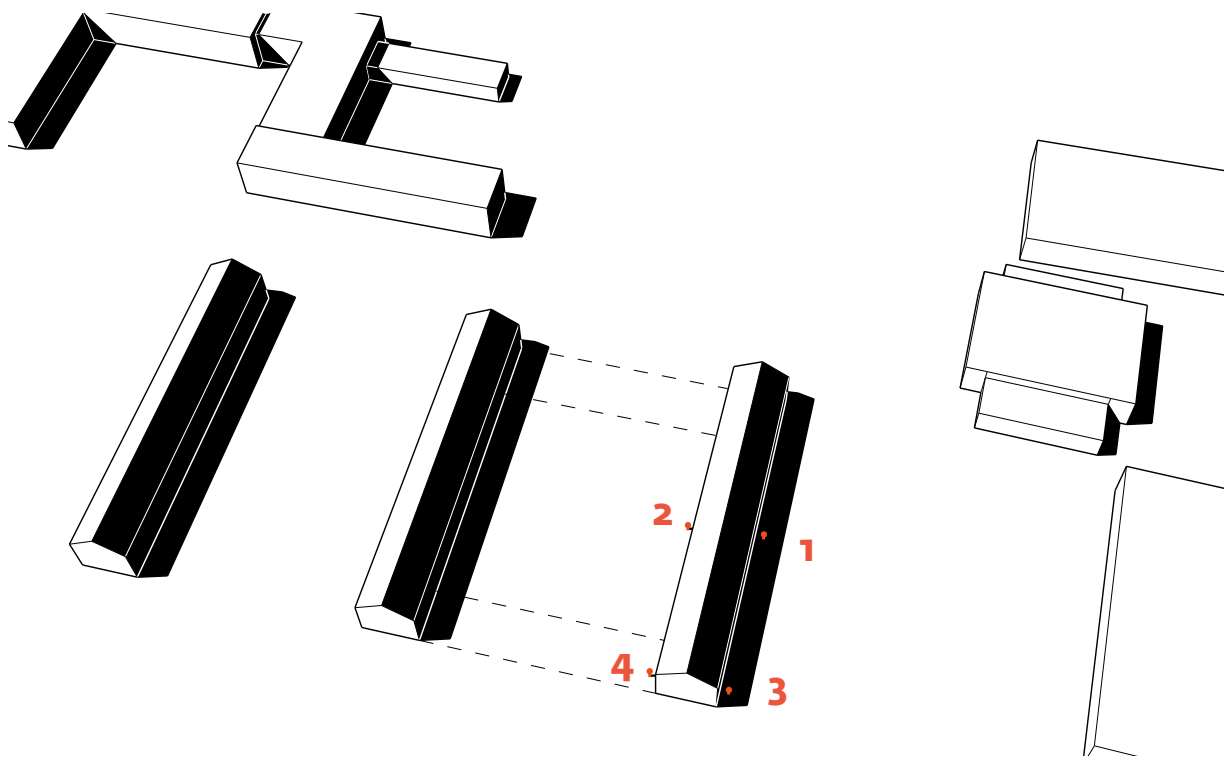


I Luifelwoning III
Variant F, maar dan met groene (poreuze) dakbedekking en gevels aan de geluidsbelaste gebouwzijden.

Figuur 16 Axonometrieën van de verschillende stedenbouwkundige scenario's die zijn vergeleken voor de casus (A-F).

Voor deze locatie komen we zo tot negen stedenbouwkundige varianten, waarbij vooral de vorm, dichtheid en materialisatie van de gebouwen variëren (zie Figuur 16). Zo kijken we naar de effecten van groene daken (sedumdaken) en van inkepingen en uitkragingen. Om snel inzicht te krijgen in de effecten van de scenario's, vergelijken we vier meetpunten met elkaar.

Figuur 17 toont de posities van de meetpunten voor scenario A ten opzichte van de bebouwing. De meetpunten 1-3 staan alle 2 meter van de gevel op ooghoogte boven het maaiveld. Bij de resultaten kijken we of geluidsniveaus (ruim) onder de 65 dB(A) uitkomen. Alleen voor de variant met de beste scores maken we een vervolganalyse waarbij we voor een groter aantal meetpunten berekenen wat er gebeurt rondom de gevels.



Figuur 17 Axonometrie met de positie van de vier meetpunten rond de bebouwing (in oranje).

3.2.4 Stap 4: doorrekenen van varianten

Om de negen planvarianten door te rekenen moeten we eerst een aantal beslissingen nemen. In een simulatiemodel kunnen we uit praktisch oogpunt namelijk niet alle opties meenemen. Daarom moeten we keuzes maken: welke aannames doen we in het model, welke vliegroute(s) nemen we als uitgangspunt en waar gaan we de varianten in eerste instantie op beoordelen? Voor deze casus is het model relatief simpel. Omdat er maar één primaire baan is die voor de blootstelling aan vliegtuiggeluid zorgt, namelijk de Aalsmeerbaan. In de berekeningen

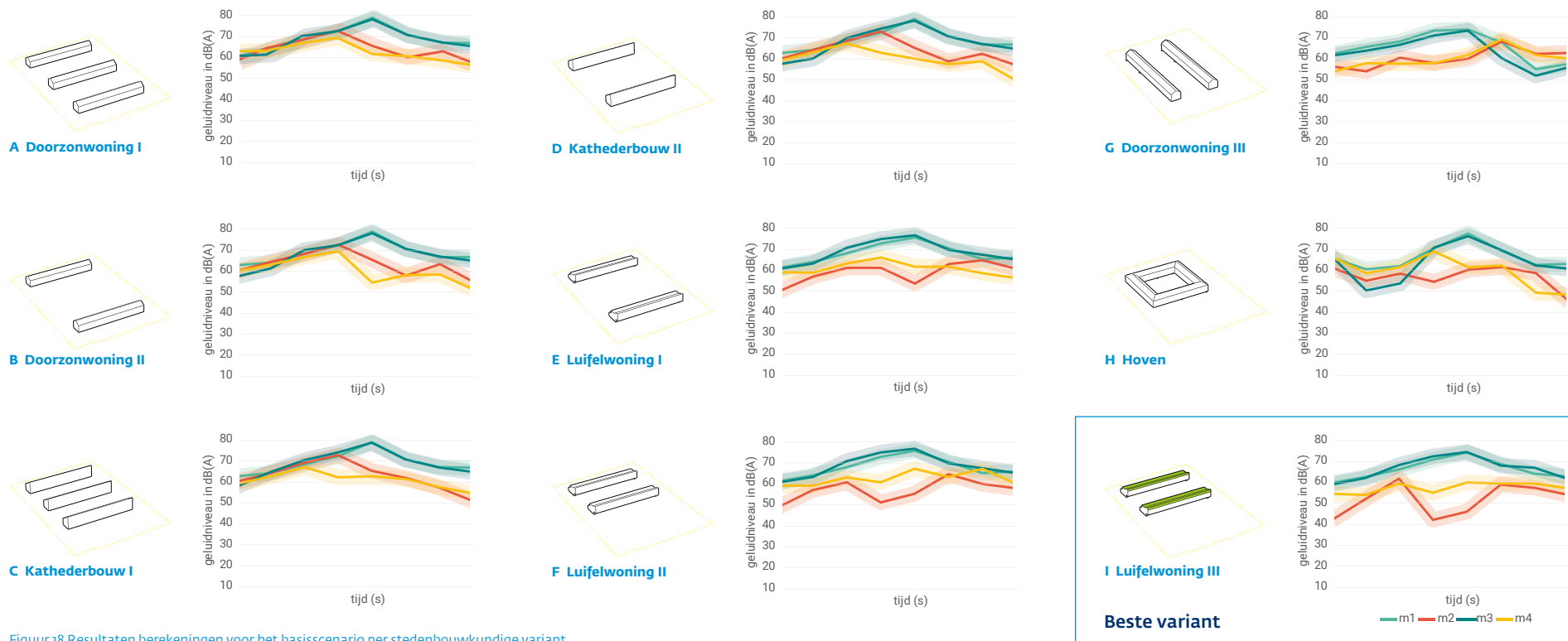
kijken we daarom alleen naar het startend en landend verkeer op deze baan. Daarbij gaan we in eerste instantie alleen uit van landend verkeer, omdat het vliegpad hiervan het dichtst bij het casestudiegebied ligt, en omdat de analyse laat zien dat de maximale geluidsniveaus van het landend verkeer gemiddeld het hoogst zijn. Vervolgens beoordelen we voor de beste variant wat de prestatie is als je ook het geluid van startende vliegtuigen meeneemt en rekening houdt met ongunstige weersinvloeden.



3.2.4.1 Basisscenario: dalende Boeing 737 met gemiddeld weertype

Verder gaan we voor de uitvoering van de berekeningen uit van het geluid van een Boeing 737 onder gemiddelde zomerse weerscondities. Onder de maatschappijen die van en naar Schiphol vliegen wordt het meeste gevlogen met de A320 en B737. Deze vliegtuigen hebben een vergelijkbaar geluidprofiel, al is de B737 doorgaans iets lawaaieriger.

3.2.4.2 Resultaten basisscenario



Figuur 18 Resultaten berekeningen voor het basisscenario per stedenbouwkundige variant.

De grafieken in Figuur 18 tonen de resultaten voor een gemiddelde daling op een zomerse dag. De grafieken laten zien dat er in alle varianten een verschil is tussen de gebouwsijden met en zonder een directe zichtlijn tot de geluidsbron. Gebouwsijden zonder direct zicht op het vliegpakpad zijn daarbij duidelijk stiller dan gebouwsijden waarbij de vliegtuigen zichtbaar zijn. Deze verschillen variëren van pakweg 3 dB(A) voor variant G tot meer dan 10 dB(A) voor variant I. Voor de berekening gebruiken we weergegevens voor een gemiddelde zomerse dag; een dag waarop bewoners in de tuin zitten en hun ramen open hebben.

De resultaten voor de varianten A-D zijn onderling vergelijkbaar en tonen weinig variatie. Dit is anders voor de varianten E tot en met H. Niet geheel verrassend bevestigen de berekeningen dat uitkragingen en inkepingen voor betere resultaten zorgen. Dat komt door de extra 'diffractiepunten'; punten waarop het geluid afbuigt. De inkepingen en uitkragingen zorgen ervoor dat het geluid een grotere afstand rond het gebouw moet afleggen om een 'ontvanger' te bereiken. Onderweg is er meer contactoppervlak, en zijn er meer breekpunten, die als een soort golfbrekers de golven verspreiden. Wanneer het contactoppervlak van de gevels en de ondergrond poreus is, zoals in variant I, wordt een gedeelte van de geluidsenergie ook nog geabsorbeerd. Het geluidsniveau is dan duidelijk lager. Deze combinatie van absorptie en extra diffractiepunten zijn de voornaamste redenen dat variant I als beste scoort. De berekende maximale geluidsniveaus aan de geluidsluwe gebouwsijden blijven onder de grenswaarde van 65 dB(A). Het extra effect van de sedumdaken varieert tussen de 3 dB(A) en 5 dB(A) (zie variant F en I).

Ook bij een draaiing van de gebouwen met een hoek van 90 graden (variant G) blijft er een verschil tussen geluidsluwe en geluidsbelaste gebouwsijden. Het verschil tussen geluidsbelaste en geluidsluwe zijden vervalt pas op het moment dat gebouwen en vliegrichting pakweg loodrecht op elkaar staan.

Tot slot toont variant H de geluidsniveaus voor de vier meetpunten voor een hofstypologie, vergelijkbaar met de variant die in de vorige casestudie (IBM-terrein) goed scoorde. De hofstypologie vermindert de invloed van reflecties die afkomstig zijn van gebouwen rondom het plangebied.

Omdat de geluidsgolven nog steeds weerkaatsen tegen de wanden binnen in de hof, blijft er sprake van relatief hoge geluidsniveaus, met name in de hoeken (meetpunt 4). Op deze plekken lijken de maximale geluidsniveaus rond de 5 dB(A) hoger te zijn dan halverwege het bouwblok (meetpunt 2). De hofvariant is voor een laagstedelijk gebied zonder veel geluid van (spoor)wegen, zoals in deze casestudy, dus minder geschikt.

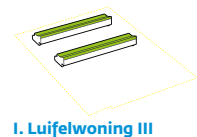
3.2.4.3 Robuustheidsanalyse

Uit een eerste doorrekening blijkt variant I dus het meest succesvol om de geluidsniveaus te beperken. Daarom voeren we voor deze variant een robuustheidsanalyse uit. Hiervoor berekenen we het effect van deze bebouwingstypologie onder verschillende omstandigheden. Eerst kijken we naar het effect van een ongunstige windrichting voor de verspreiding van het geluid voor landend verkeer richting de Aalsmeerbaan.

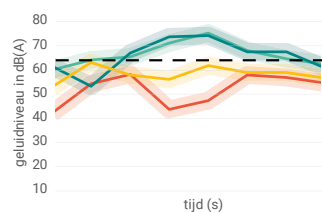
3.2.4.3 Resultaten robuustheidsanalyse

De resultaten laten zien dat bij een ongunstige windrichting de maximale geluidsniveaus net boven de grenswaarde van 65 dB(A) uit lijken te komen. Omdat we aanvankelijk alleen naar landend verkeer hebben gekeken, onderzoeken we nu ook het effect van deze variant op het geluid van opstijgende vliegtuigen. Daarbij gaan we uit van een gemiddeld B737-toestel en een zwaar beladen en laagvliegende B747 (zie Figuur 19). Meestal blijven de geluidswaarden ruim onder de grenswaarden van 65 dB(A). Dit gaat niet op voor grotere en zwaardere vliegtuigen, waarbij de geluidsniveaus duidelijk boven de 65 dB(A)

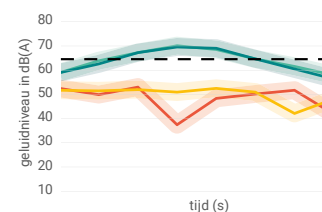
uitkomen. Uit de robuustheidsanalyse concluderen we dat deze bebouwingstypologie inderdaad vliegtuigeluid beperkt. Met als kanttekening dat bij minder gunstige weersomstandigheden de geluidsniveaus van landend verkeer nog steeds relatief hoog zijn en rond een waarde van 65 dB(A) liggen. Voor stijgend verkeer maakt vooral het type vliegtuig en de hoogte waarop het overkomt uit. Bij grotere, zwaardere vliegtuigen die lager vliegen worden ook voor stijgend verkeer niveaus bereikt die rond de 65 dB(A) liggen. De vraag is alleen hoe vaak dit voorkomt; de meeste opstijgende vliegtuigen buigen al voor de locatie af



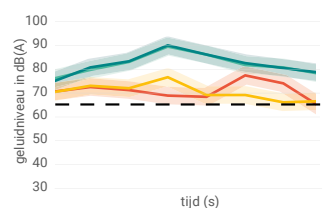
landende B737 - ongunstige wind



opstijgende B737



laag opstijgende B747 dichtbij locatie

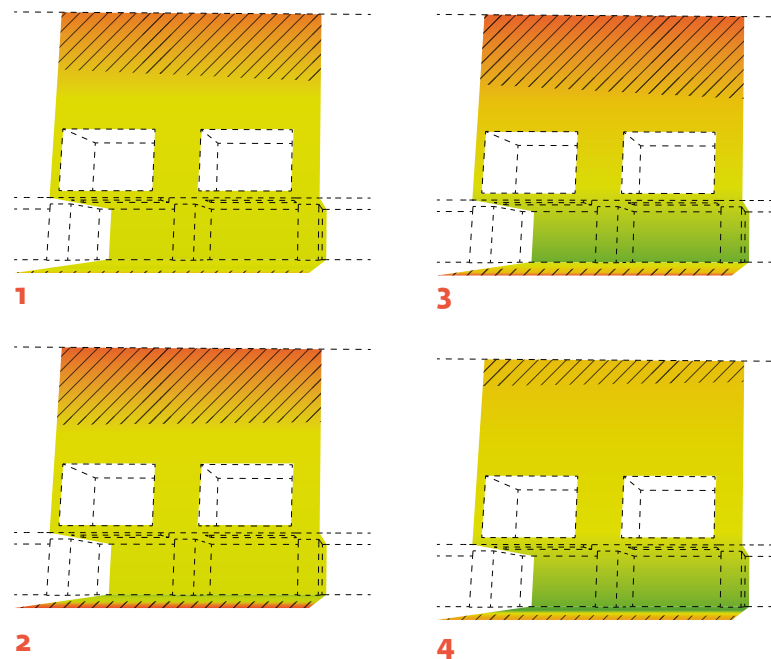
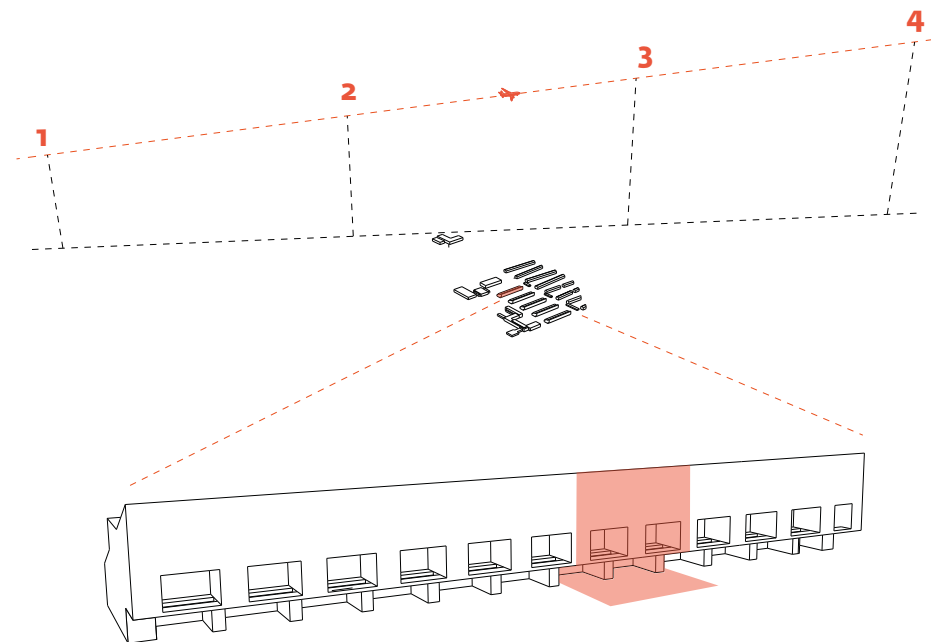
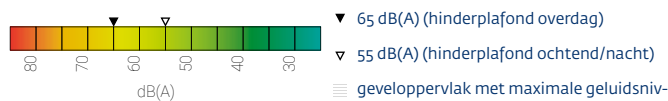


Figuur 19 Resultaten berekeningen voor de robuustheidsanalyse voor de stedenbouwkundige variant I.

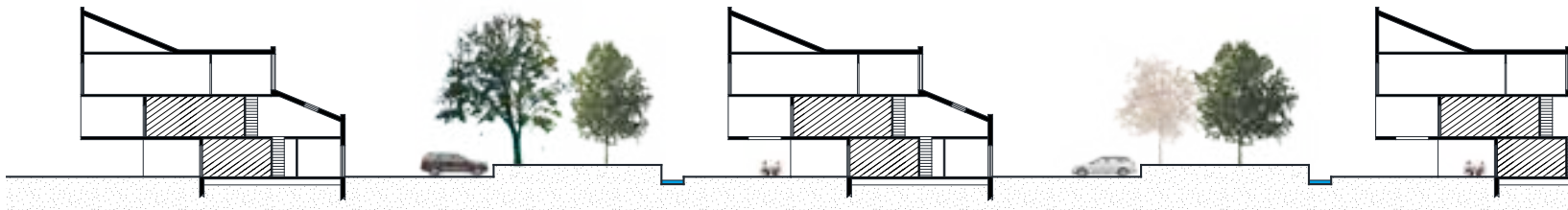
3.2.5 Stap 5 en 6: van berekeningen naar ontwerp – verfijnen en aanpassen

Uit de berekeningen komt variant I als beste naar voren. Variant I wordt gevormd door een reeks rijtjeswoningen met schuine dakoppervlakken in de richting van de geluidsbron. Daarmee wordt een deel van het geluid een andere richting op gekaatsd dan in de richting van de gebouwsijden die geen directe zichtlijn hebben tot de vliegtuigen. De daken en gevels zijn, waar mogelijk, met groen bekleed, bijvoorbeeld met sedumdaken met een dik groeisubstraat. Hierdoor wordt een deel van de geluidsenergie geabsorbeerd.

Maar met slechts vier meetpunten in het gebied hebben we nog een te globaal beeld om het ontwerpteam aan het werk te kunnen zetten en het stedenbouwkundige plan op basis van deze typologie uit te werken. Er ontbreekt immers nog een goed beeld van de geluidsniveaus rond de gevel op verschillende hoogten. Dat inzicht is nodig om zorgvuldige keuzes te maken over de situering van buitenruimten en de indeling van de bebouwing. Als verdieping van de eerdere berekeningen maken we daarom vier aanvullende analyses van de geluidsniveaus tijdens een landing rondom de gevels voor variant I (Figuur 20). Zo kunnen we een inschatting maken van de geluidsniveaus op de gevel. Daarnaast geeft deze informatie inzicht in de diepte van de geluidsschaduw aan de geluidsluwe zijde van de woningen. Dat is belangrijk voor afwegingen over de ligging van terrassen en tuinen.



Figuur 20 Geluidsniveau rond de gevels bij een dalende B737 richting de Aalsmeerbaan voor vier vliegtuigposities.



Figuur 21 Doorsnede van het ontwerp zoals weergegeven in Figuur 23. Gearceerde ruimten zijn bedoeld voor slaap- of studeerkamers.

De berekeningen in Figuur 20 laten zien dat de maximale geluidsniveaus onder de luifel weliswaar ruim onder het niveau van de grenswaarde van 65 dB(A) liggen, maar dat deze vrij snel oplopen vanaf het eind van de rooilijn. Dit betekent dat we ons afvragen of diepe privétuinen voor deze locatie een goede optie zijn. Een traditionele tuin met een vrije indeling van (bijvoorbeeld) terrassen is hier niet ideaal. Dit vergroot immers de kans dat bewoners hun terrassen aanleggen op plekken waar hoge

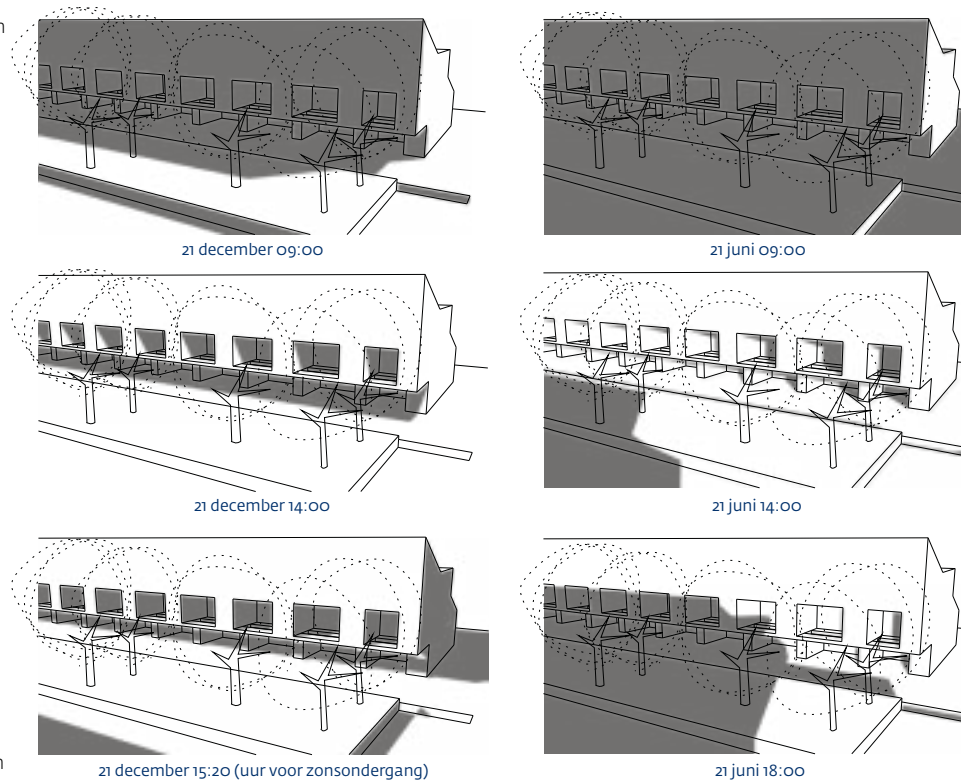
geluidsniveaus zijn. In het ontwerp is er daarom ruimte gemaakt voor een groter semipubliek gebied tussen de gebouwen, in combinatie met kleinere private tuinen of terrassen (zie Figuur 21). Eventueel kunnen op de eerste verdieping verdiepte balkons worden toegevoegd. Met een schuifpui kan het balkon in de herfst en winter als serre of 'wintertuin' gebruikt worden. Een inpandig balkon vergroot de afstand die het geluid aflegt en verlaagt daarmee het geluidsniveau op de gevel.

De diepe ligging van het terras onder de uitkraging roept wel vragen op rond bezonning en lichtvalintreding. Figuur 22 toont de resultaten van een bezonningsstudie voor verschillende dagen en tijdstippen gedurende het jaar. Tijdens de zomermaanden bereikt het daglicht ook de terrassen onder de luifel gedurende de dag. Tijdens de wintermaanden komt er weinig direct zonlicht bij het terras. Door te kiezen voor terrastegels met lichte kleuren komt er toch voldoende natuurlijk daglicht de kamers in.

Gezien de uitkomsten van de daglicht- en geluidsstudies is het logisch om bij de indeling van de woningen slaap- en studievertrekken op de begane grond en de eerste verdieping te positioneren. Dit heeft als voordeel dat de slaapkamers aan de meest stille gebouwzijden grenzen. De maximale geluidsniveaus op de gevel zullen daar onder gemiddelde omstandigheden tussen de 55 dB(A) en 60 dB(A) liggen. Daarnaast zorgt deze keuze ervoor dat de woonkamer het hele jaar optimaal profiteert van daglichttoetreding. Door niet-gevoelige ruimten, zoals keukens, badkamers en garages, aan de geluidsbelaste gebouwzijde te laten grenzen, ontstaat er een geluidsbufterzone binnen in de gebouwen. Hierdoor zijn er waarschijnlijk weinig tot geen extra maatregelen nodig om de gevels extra geluidsisolerend te maken.

Ondanks deze maatregelen zullen de geluidsniveaus volgens de rekenmodellen nog relatief vaak boven de grenswaarden uitkomen. Een grove schatting is dat dit in 10 à 20 procent van de gevallen zal gebeuren. Dat komt neer op gemiddeld 20 'luide' vluchten per dag (van de in totaal 130 per dag). Naarmate vliegtuigen stiller worden zal dit aantal uiteraard naar beneden gaan. Vooral nog komt het erop neer dat er per uur minstens twee vluchten voorbij komen met maximale geluidsniveaus aan de geluidsluwe gebouwzijden van (ruim) boven de 65 dB(A). Dat betekent dat er nog steeds sprake is van een geluidsbelaste situatie met een hoge kans op hinder. Dat geldt zeker als we ons bedenken dat de kritische grens voor de ochtend en avond fors lager ligt: 55 dB(A). Daarom is het zaak om ook zoveel mogelijk andere, niet-akoestische maatregelen te nemen die hinder tegengaan. Hoogwaardige, groene openbare ruimte en maskerende geluiden zijn dan ook beter dan de keuze voor tuinen.

Hoogteverschillen en watergangen kunnen hierbij de scheiding markeren tussen de 'collectieve' tuinen, met een semipubliek karakter, en de meer private tuinen. De erfafscheidingen met watergangen geven ook mogelijkheden voor extra waterberging tijdens hevige regenval. De gedeelde tuinen moeten uitgesproken groen worden ingericht, met veel bomen. Dat maakt de geluidservaring prettiger. De bomen kunnen ook vogels aantrekken die, samen met het bewegende water, een meer natuurlijke geluidsomgeving creëren rondom de woningen.



Figuur 22 Bezonningsstudie voor verschillende tijdstippen op de kortste en langste dag van het jaar.



3.2.6 Conclusies

Deze casus laat zien dat ook een laagstedelijke bebouwingstypologie vliegtuiggeluid kan verminderen, zelfs als de locatie relatief dicht bij een start- of landingsbaan is gelegen. Tegelijkertijd blijft er sprake van een relatief zware blootstelling aan geluid en is er meer nodig om hinder te voorkomen.

De beoordeling en doorrekening van de stedenbouwkundige varianten levert de volgende uitgangspunten op voor het verdere ontwerpproces:

- Een bebouwingstypologie van vierlaagse strokenbouw met uitkragingen van 4,5 meter en schuine daken, parallel aan de vliegrichting met 30 meter tussen de gevels.
- Beperkte private buitenruimten onder de luifels, eventueel aangevuld met inpandige balkons of afsluitbare serres op de eerste verdieping.
- Geluidsgevoelige functies op de begane grond en de eerste verdieping aan de geluidsluwe zijden van de gebouwen.
- Situering van niet-gevoelige functies aan de geluidsbelaste zijden van de gebouwen bij wijze van 'inpandige' geluidsbuffer.
- Hoofdzakelijk (semi)publieke buitenruimten met een hoogwaardige groene aankleding met bomen en waterpartijen.
- Kleine hoogteverschillen, zodat er watergeluiden op de achtergrond ontstaan.

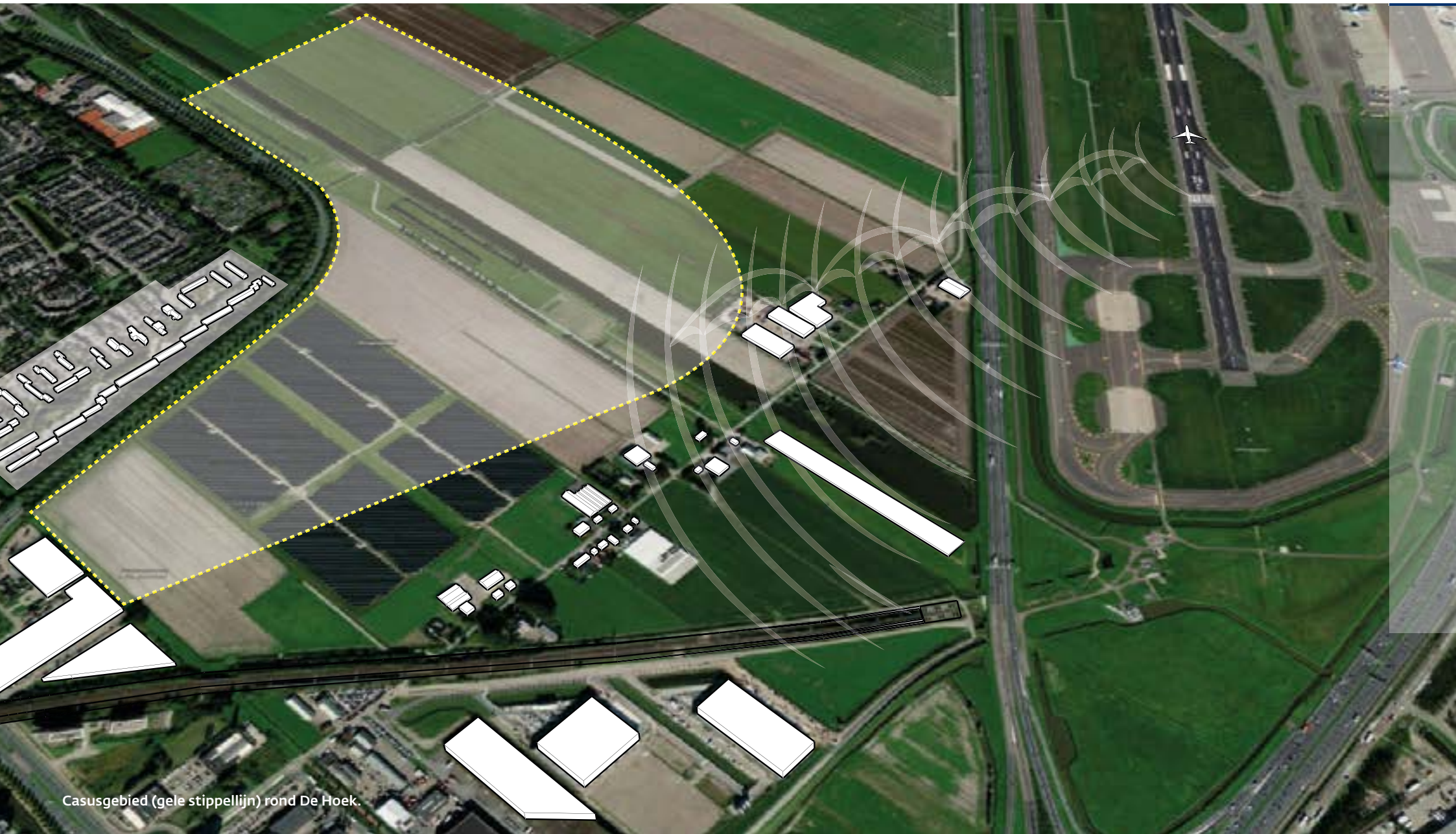
Ondanks deze maatregelen blijft de locatie 'geluidsbelast'. Daarom ligt het voor de hand om heel goed te kijken naar de doelgroepen waarvoor wordt gebouwd, met als uitgangspunt dat het woonverblijf in deze wijk een minder permanent karakter heeft (zie ook het kader Afstemmen doelgroepen en geluidsomgeving op pagina 10).

Impressie van het ontwerp met collectieve tuinen, ruimte voor verkeer en parkeren en private terrassen en tuinen onder de luifels. Tussen de collectieve en private tuinen is een watergang gemaakt.

3.3 Casus III – De Hoek Hoofddorp

3.3.1 De situatie: grondgeluid als specifieke opgave

De Hoek was ooit een buurtschap in de Haarlemmermeer, gelegen in het zuidoosten van Hoofddorp en ten noordwesten van Rozenburg aan de Kruisweg. Tegenwoordig is het vooral een aantrekkelijke vestigingslocatie voor luchtvaartgerelateerde bedrijvigheid. Van de agrarische gronden in de ellendoos van de Weg om de Noord is sinds maart 2018 een groot areaal in gebruik als zonneweide. Voor deze casus richten we ons op dit gebied. Het ligt namelijk binnen een radius van 2.000 meter rond de kop van start- en landingsbanen. Daarmee is het een goed voorbeeld van een locatie die aan grondgeluid wordt blootgesteld. Met grondgeluid doelen we op het laagfrequente geluid (lager dan 125 Hz) dat vliegtuigen produceren wanneer ze nog aan de grond zijn. Dit gebeurt doorgaans bij het proefdraaien of het versnellen, voordat het vliegtuig van de grond komt. Dit grondgeluid plant zich net zo voort als het geluid van wegen of spoorwegen. Door het laagfrequente karakter ervan draagt het verder en is het moeilijker te dempen. In deze casus onderzoeken we hoe we de impact van grondgeluid kunnen beperken door maatregelen in de bebouwde omgeving. Dit is relevant, te meer daar de huidige wet- en regelgeving geen norm voor grondgeluid kent. Dat er vanuit de wet- en regelgeving wel andere beperkingen gelden voor deze locatie, laten we daarom hier verder buiten beschouwing.



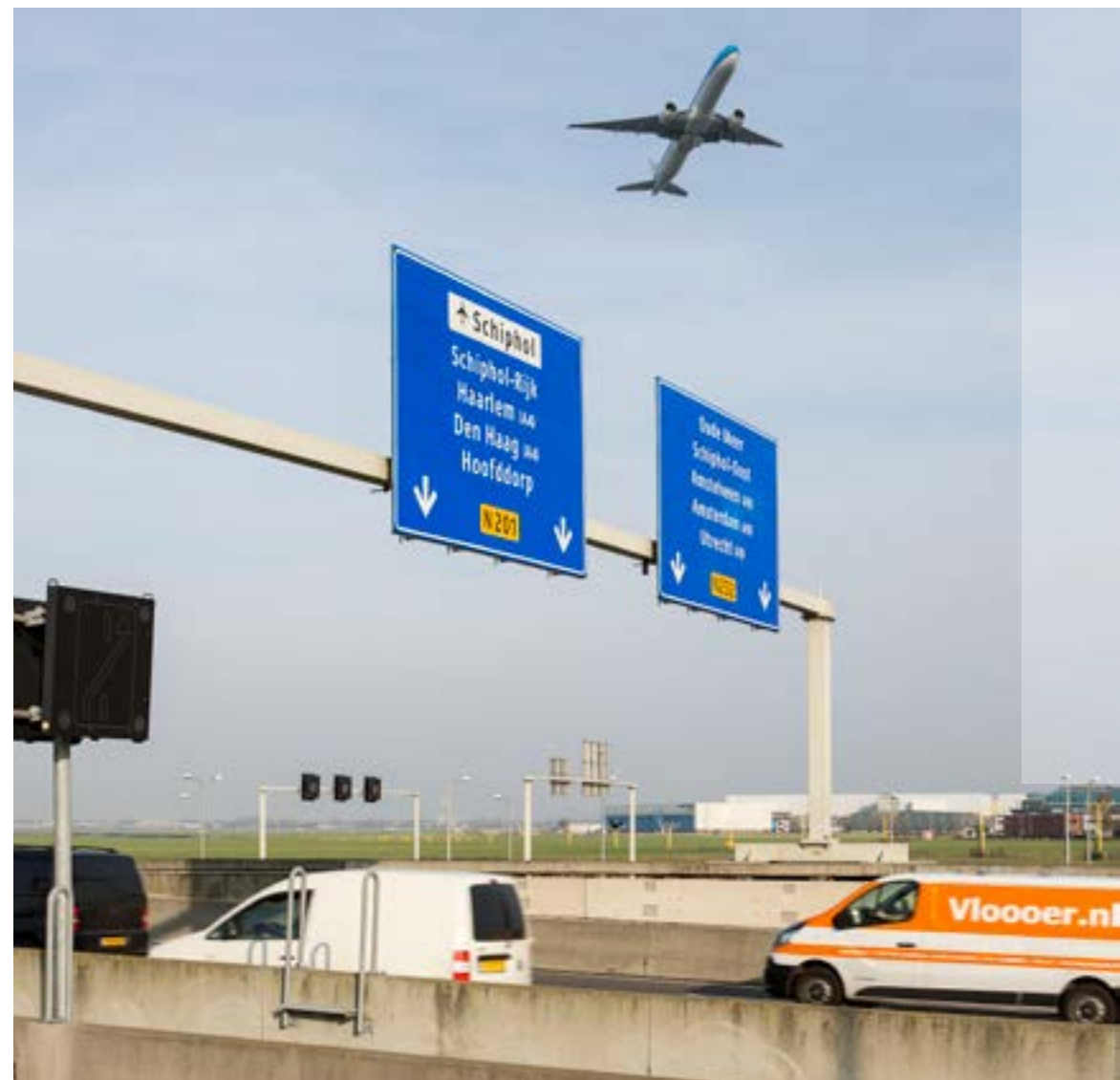
Casusgebied (gele stippellijn) rond De Hoek.

3.3.2 Stap 1: analyse van de geluidsomgeving

3.3.2.1 Vliegtuiggeluid

De locatie van het zonnepark ligt op circa 1.100 meter ten zuidwesten van de kop van de Zwanenburgbaan. Het gebied ligt ook relatief dicht bij de Kaagbaan. De Kaagbaan is een belangrijke preferente baan die zowel voor starts in zuidelijke richting als voor landingen vanuit het zuiden wordt gebruikt.

Ondanks het intensieve gebruik van de Kaagbaan, is geluid vanaf deze baan hier niet het belangrijkste probleem. Dit komt doordat de locatie op ongeveer 1.500 meter afstand van de hartlijn van de Kaagbaan ligt (zie Figuur 23). Opstijgende vliegtuigen op deze plek die net van deze baan afkomen, hebben een beperkte vlieghoogte (gemiddeld 200 meter en doorgaans nog minder; zie Figuur 23).

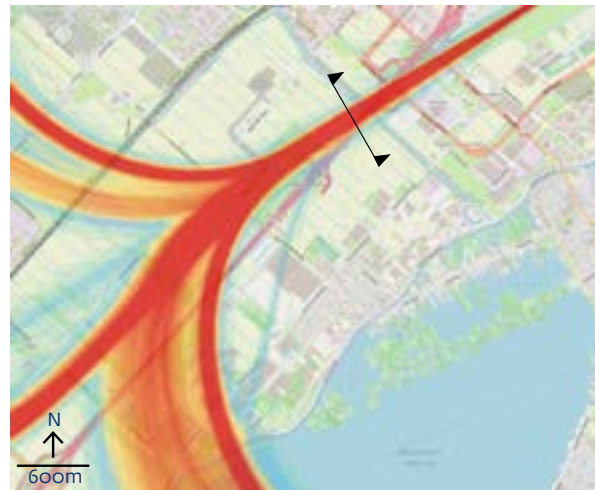
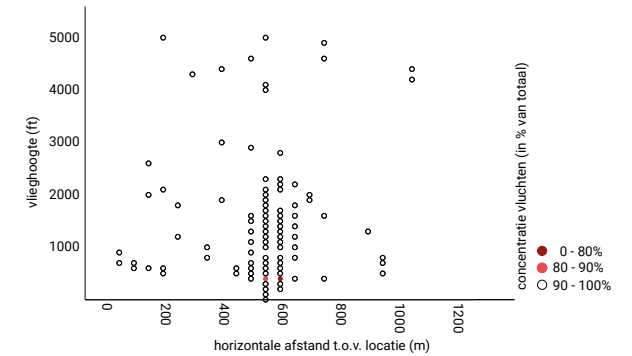




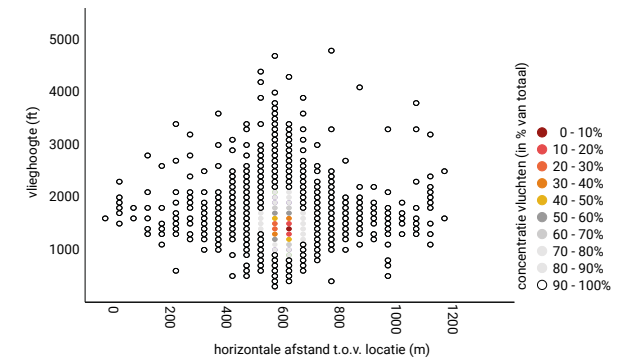
Figuur 23 Startpositie Zwanenburgbaan en de richting waarbij het geluid tijdens een startprocedure wordt uitgestraald. In de figuur zijn de Zwanenburgbaan en de Kaagbaan weergegeven. Dit dient als context bij de twee figuren aan de rechterkant, waarbij de Kaag- en Zwanenburgbaan net buiten de kaders vallen.



Vliegpaden van landend vliegverkeer richting de Kaagbaan. Op de zwarte lijn is voor de studieperiode geïnventariseerd welke vlieghoogte de langsvliegende vliegtuigen hadden. In de tabel hiernaast is aangegeven op welke hoogte en welke afstand de vliegtuigen vlogen.



Vliegpaden van opstijgend vliegverkeer vanaf de Kaagbaan. Op de zwarte lijn is voor de studieperiode geïnventariseerd welke vlieghoogte de langsvliegende vliegtuigen hadden. In de tabel hiernaast is aangegeven op welke hoogte en welke afstand de vliegtuigen vlogen.



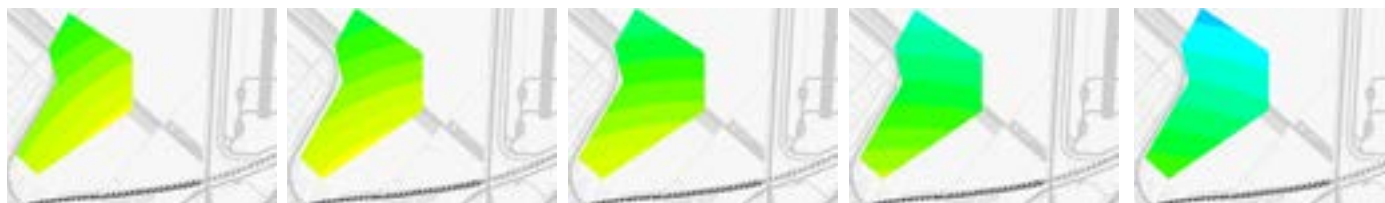
Vergeleken met de Kaagbaan is de Zwanenburgbaan belangrijker voor het geluidsniveau in De Hoek. De Zwanenburgbaan wordt gebruikt voor vertrek richting het noorden en voor landingen vanuit het zuiden (zie Figuur 23). Het geluid van landende vliegtuigen is relatief laag. Dit komt omdat landende vliegtuigen al zo dicht bij de grond zijn, dat de locatie nauwelijks nog geluid van boven ondervindt. Figuur 24 toont de verwachte geluidsniveaus voor starts vanaf de Kaagbaan en dalend verkeer richting de Zwanenburgbaan. Hieruit komt naar voren dat maximale geluidsniveaus voor een gemiddelde situatie (tijdens zomerse dagen) onder de 65 dB(A) liggen in het gebied. Ondanks dat zwaardere toestellen tot hogere geluidsniveaus zullen leiden, lijkt het voor deze locaties noodzakelijker om in de eerste plaats naar startprocedures vanaf de Zwanenburgbaan te kijken.

Voor opstijgende vliegtuigen is dat anders. De locatie ligt nu precies achter het startpunt van de baan. Tijdens de start wordt de meeste

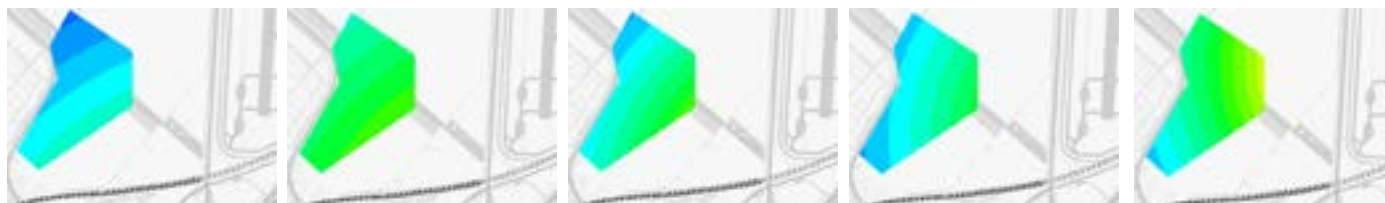
laagfrequente geluidsenergie in een hoek van 30 tot 50 graden achter de vliegtuigmotoren uitgestraald. Grondgeluid van startende vliegtuigen in noordelijke richting is dus een dominante factor in dit gebied, zeker wanneer de wind uit het noorden of noordoosten komt. Om de belasting van grondgeluid in te schatten, is het voldoende om een beeld te hebben van het gemiddelde gebruik van de Zwanenburgbaan. Bij de start bevinden de vliegtuigen zich immers altijd op dezelfde positie ten opzichte van de locatie, namelijk op de startbaan en startplek. Het is dus niet noodzakelijk om radargegevens te raadplegen.

Jaarlijks vinden er 21.000 starts plaats, zo blijkt uit een analyse van de historische gegevens van de afgelopen vijf jaar. Alleen in 2019 lag dit aantal hoger door grootschalig onderhoud aan de Kaagbaan. Voor de casus is dus het uitgangspunt om de blootstelling aan grondgeluid van vliegtuigen die vanaf de Zwanenburgbaan in noordelijke richting vertrekken, te beperken.

Geluid gemiddelde start van Kaagbaan (B737 - zomer, wind uit zuidwesten)



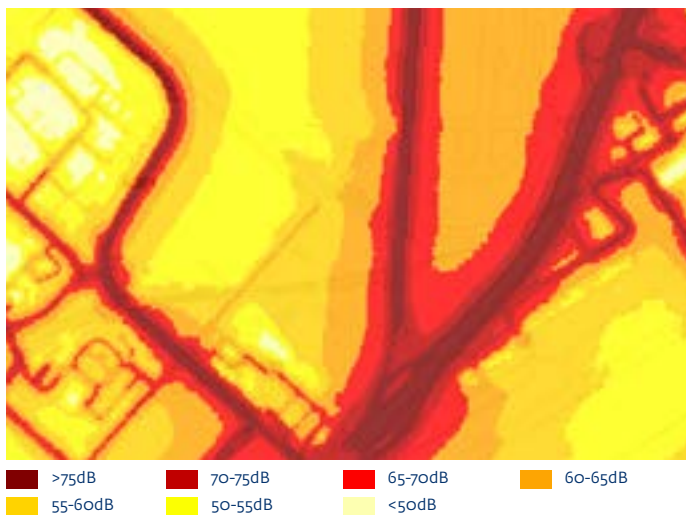
Geluid gemiddelde daling naar Zwanenburgbaan vanuit het zuiden (B737 - zomer, wind uit het noorden)



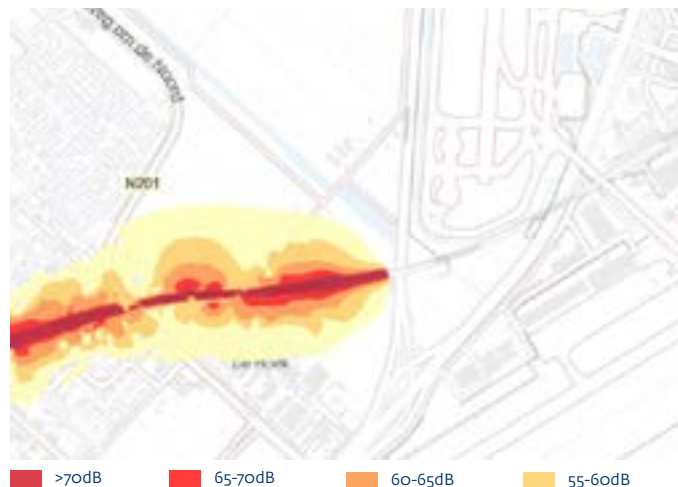
Figuur 24 Geluidsprognoses (maximale geluidsniveaus) tijdens een gemiddelde start vanaf de Kaagbaan en een gemiddelde landing richting de Zwanenburgbaan, voor vijf posities op het vliegveld.

3.3.2.2 Andere geluidsbronnen

Geluid van wegverkeer (L_{den})



Geluid van trein, tram en metro (L_{den})



Figuur 25 Verkeersgeluid van de A4 en het spoor op en rond De Hoek.

De locatie van het zonnepark ligt ingesloten tussen de rijkswegen A4 en A5, de drukke provinciale weg N201 en het intensief gebruikte spoortracé tussen Rotterdam en Schiphol. Dit verkeer veroorzaakt een relatief hoge geluidsbelasting voor het gebied, met een gemiddeld geluidsniveau (L_{den}) van 60 dB(A) voor wegverkeer en tussen de 60 dB(A) en 65 dB(A) voor spoorverkeer (zie Figuur 25). Dat blijkt uit de geluidskarten van de gemeente. Dit betekent dat voor deze locatie weg- en spoorgeluid ook factoren zijn om rekening mee te houden in de uitwerking van een stedenbouwkundige strategie. Zoals hiervoor gezegd, gedraagt het grondgebonden geluid van vliegtuigen, weg en spoor zich op een vergelijkbare manier. Dit betekent dat alle bronnen relatief dicht bij het grondoppervlak staan, en geluid deels via weerkaatsingen en 'sprongetjes' over het grondoppervlak zich van de bron in de richting van de locatie verplaatsen.

Het geluid van startende vliegtuigen heeft echter een lagere frequentie, waardoor het verder draagt en moeilijker te dempen is. We richten ons daarom eerst op het grondgebonden geluid van de vliegtuigen en toetsen daarna of de voorgestelde maatregelen ook een dempende werking hebben voor het geluid van weg en spoor.

3.3.3 Stap3: ontwerp van (steden)bouwkundige varianten

Nadat de analyse van de geluidsniveaus is gemaakt, moeten ook de geluidsbehoeften van de (toekomstige) gebruikers in kaart worden gebracht. Deze stap slaan we hier over. We zijn niet op zoek naar een passend programma en bijbehorende kwaliteiten voor deze specifieke locatie. We willen voor hypothetische situaties onderzoeken hoe de bebouwingstypologie blootstelling aan vliegtuigeluid kan beperken.

Bij het uitwerken van stedenbouwkundige varianten zijn we in twee stappen te werk gegaan. Het gebied heeft vooral te maken met grondgeluid. Daarom is het vooral van belang om naar de gebouwvorm te kijken. De gebouwvorm en de afstand tussen de gebouwen onderling zijn een belangrijk vertrekpunt. Bij laagfrequente tonen kan er immers interferentie optreden. Dit betekent dat op zeer lokaal niveau

geluidsgolven van reflecties elkaar kunnen versterken of uitdoven, mits de golven in exacte (anti)fase bewegen (zogenaamde staande golven).

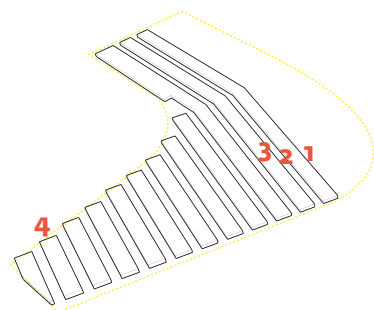
We kunnen dit tegengaan door ervoor te zorgen dat de golven simpelweg niet in antifase kunnen komen. Dat kunnen we doen door de vorm van de gebouwen en de afstand tussen gebouwen aan te passen, bijvoorbeeld door het toepassen van schuine vlakken of het voorkomen van gevels die onder rechte hoeken van elkaar staan opgesteld.

In het geval van grondgeluid is het waarschijnlijk minder interessant om naar gevelmaterialen te kijken. Laagfrequent geluid wordt namelijk slecht geabsorbeerd. Absorberende gevelmaterialen zullen hier dan ook weinig tot geen extra geluidreducerend effect hebben. Voor het doel van het onderzoek nemen we ze wel mee in de berekeningen.

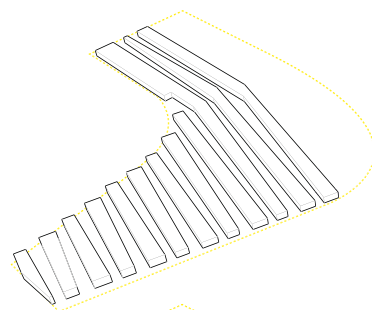
Voor de uitwerking van de varianten hebben we de volgende ontwerpprincipes gehanteerd:

- Bouw volumes zo goed als parallel aan de vliegrichting.
- Gebruik aaneengesloten en doorlopende bouwvolumes (stroken).
- Buig reflecties af door schuine vlakken.
- Verminder reflecties door absorberende gevelmaterialen.

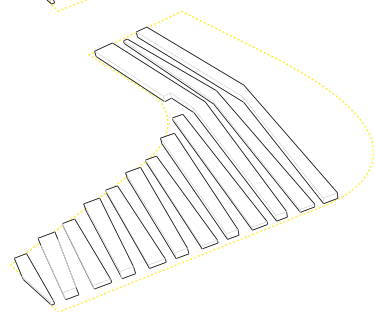
Figuur 26 Axonometrieën van de verschillende stedenbouwkundige scenario's die zijn vergeleken voor de casus (A-E). In A zijn de vier meetpunten voor de stedenbouwkundige scenario's weergegeven, alle op maaiveldhoogte.



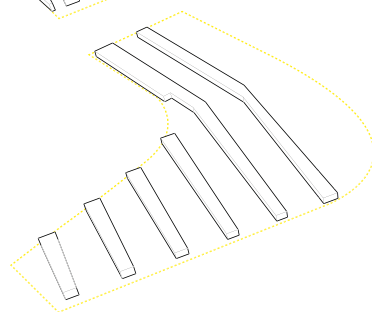
A Rij aan rij
Drielaags strokenbouw (50 meter breed) parallel aan de vliegrichting met 30 meter tussen de gebouwen met de positie van de vier meetpunten (in oranje).



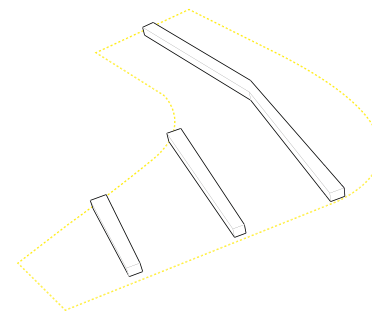
B Flexibele afstand tussen gebouwen
Aaneengeschakelde gebouwen met variërende afstand van de tussenruimte. De hoeken zijn niet haaks om staande golven tussen de gebouwen te voorkomen.



C Variant B met hoogtevariatie gebouwen
Variant B maar dan met alternerende bouwhoogte tussen 24 en 12 meter.



D Variant C zonder laagbouw
Variant C maar dan zonder de toevoeging van de laagbouw.

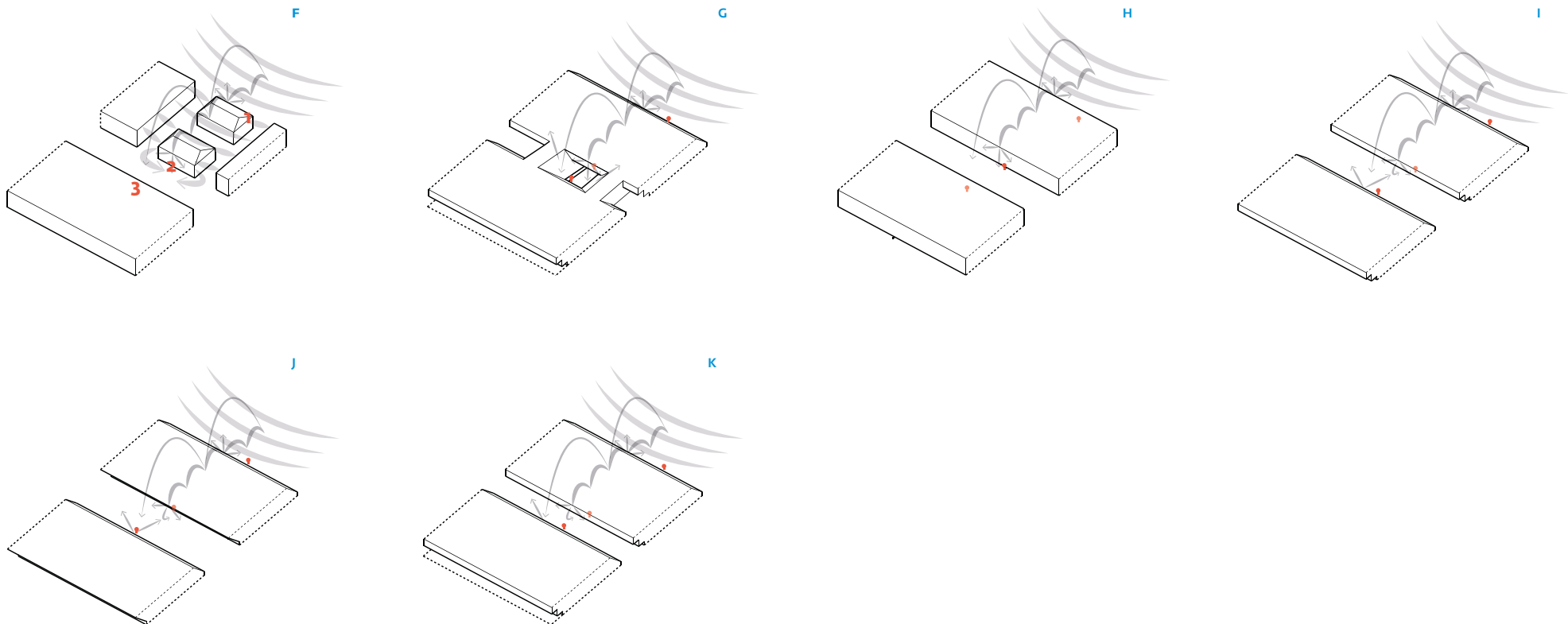


E Hoogbouw met nog grotere tussenruimte
De afstand tussen de gebouwen is minstens 150 meter en de bouwhoogte bedraagt 36 meter.

Op basis van deze ontwerpprincipes hebben we in eerste instantie vijf basisstrategieën uitgewerkt. Bij alle vijf gaat het om een variant op strokenbouw. Ze verschillen in bouwhoogtes en afstanden tussen de gebouwen, zie Figuur 26. De varianten in Figuur 27 hebben alle vijf betrekking op de stedenbouwkundige schaal. Ofwel: wat is het effect van gebouwen als 'golfbrekers'?

Nadat de varianten A-E zijn doorgerekend, hebben we een verdere verdiepingsslag gemaakt voor de akoestisch beste stedenbouwkundige variant (zie Figuur 27). Hierbij is gekeken naar de effecten van gebouwworm, gevelmaterialisatie en de afstand tussen gevels, in de eerste plaats alleen voor de eerste- en tweedelijnsbebouwing.

Figuur 27 Ontwerpvarianten op straat- en gebouwniveau voor de eerste- en tweedelijnsbebouwing.



3.3.4 Stap 4: doorrekenen van varianten

3.3.4.1 Gebruik van stralen- en golfmodel

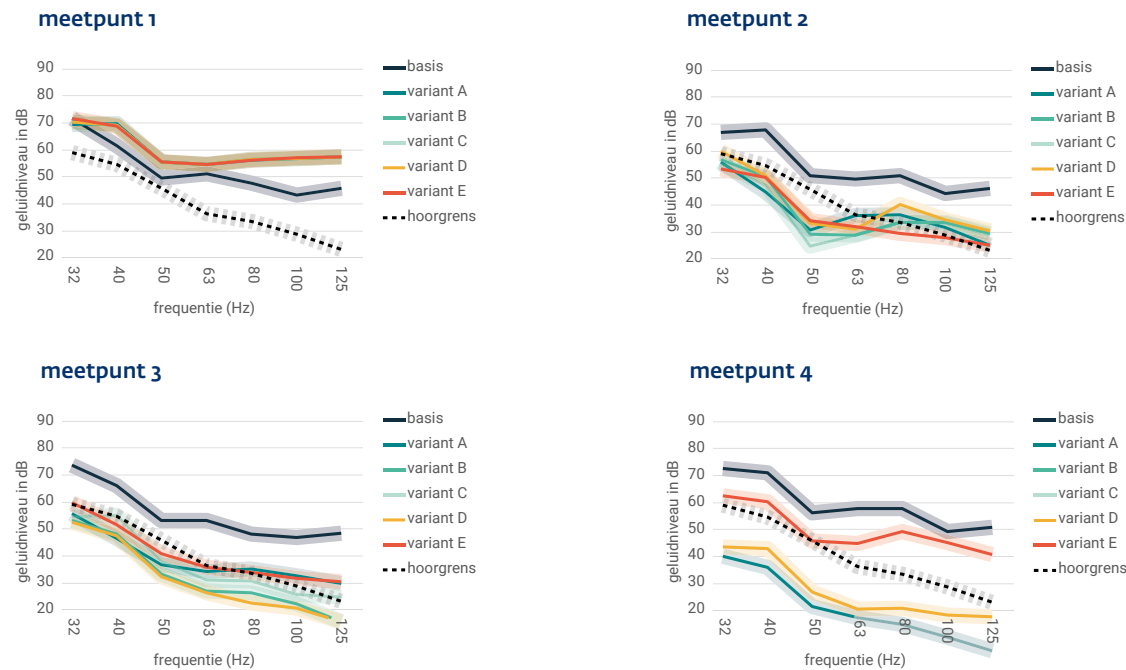
Om de varianten door te rekenen, moeten we eerst een aantal beslissingen nemen over de rekenmodellen. Deze modellen kunnen namelijk niet alle opties tegelijkertijd meenemen, en de rekentijd hangt af van het soort model, en de parameters waarmee gerekend wordt. Daarom moeten er keuzes gemaakt worden: welke aannames doen we in het model, en waarop gaan we de varianten in eerste instantie beoordelen? In dit geval was dat niet zo moeilijk. Bij de analyse hebben we immers al vastgesteld dat voor deze casus het geluid van startende vliegtuigen van de Zwanenburgbaan dominant is. Omdat we hierop willen ontwerpen, hoeven we geen aannames te doen over het vliegpad. Alle vliegtuigen starten immers vanaf dezelfde positie. Wel zijn het type vliegtuig en de weersomstandigheden variabelen. Wat de casus uitdagend maakt, is het gedrag van grondgeluid, en daarmee de vraag welke modellen grondgeluid het beste kunnen voorspellen. In hoofdstuk 2.4 wordt uitgelegd dat er verschillen bestaan tussen stralenmodellen en golfmodellen. Stralenmodellen leveren eerder resultaat op, maar zijn minder nauwkeurig. In vergelijking tot geluid van overvliegende vliegtuigen 'stuitert' grondgeluid over het grondoppervlak. Dit, in combinatie met de golflengten van het geluid, maakt het een grotere uitdaging om de geluidsniveaus in stralenmodellen goed te kunnen voorspellen. Daar staat tegenover dat het veel langer duurt om met golfmodellen te rekenen (vaak uren of dagen voor een enkel scenario) en dat ze vaak tweedimensionaal zijn. Kortom, hoe maak je een keuze tussen deze modellen als je veel ontwerpvarianten wilt vergelijken? Het antwoord is: werk van grof naar fijn. Ga eerst met een stralenmodel aan de slag, om vervolgens de beste opties met een nauwkeuriger model te controleren.

3.3.4.2 Basisscenario: take-off Boeing 737 bij gemiddeld weertype

Bij de berekeningen zijn we in eerste instantie uitgegaan van het geluid van een Boeing 737 onder gemiddelde zomerse weerscondities. Onder de maatschappijen die van en naar Schiphol vliegen, wordt namelijk het meest gevlogen met de A320 en B737. Deze toestellen hebben een vergelijkbaar geluidprofiel, al is de B737 doorgaans iets lawaaieriger. Om snel inzicht te krijgen in de effecten van de scenario's hebben we steeds vier meetpunten met elkaar vergeleken.

Figuur 26 toont de positie van de vier meetpunten ten opzichte van de bebouwing in het gebied. Om rekentijd te besparen, hebben we allereerst gekeken naar de eerste- en tweedelijnsbebouwing (meetpunt 1, 2 en 3), en de geluidsniveaus in de tuinen bij de bestaande woningen die grenzen aan de Weg om de Noord (meetpunt 4).

3.3.4.3 Stedenbouwkundig niveau (varianten A-E)

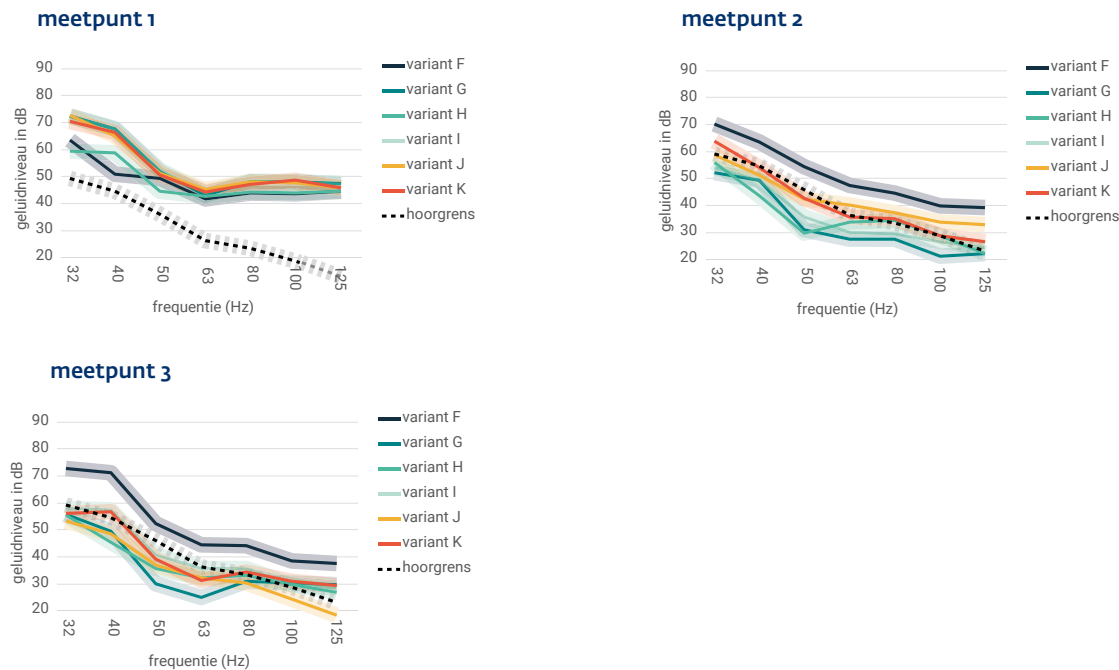


Figuur 28 Resultaten voor het basisscenario, zoals berekend met een stralenmodel voor vier meetpunten, voor vijf stedenbouwkundige varianten.

De resultaten van de berekeningen voor de vijf scenario's staan voor elk meetpunt in figuur 28 weergegeven. De huidige situatie (zonder bebouwing) is daarbij steeds weergegeven als de basis. De resultaten laten zien dat voor alle vijf varianten de geluidsniveaus flink lager uitvallen ten opzichte van de huidige situatie. Dit geldt het sterkst voor meetpunt 4. In vergelijking met de huidige situatie neemt het geluid bij meetpunt 1 toe door reflecties tegen de verticale gevels. Variant B en D

lijken als beste uit de bus te komen. De verschillen tussen de varianten zijn klein, met name voor de tertsbanden lager dan 50 Hz. In hoofdstuk 2.2 hebben we uitgelegd dat doorgaans het geluid in de octaafband rond 32 Hz het luidst is bij starts. De resultaten laten zien dat voor alle varianten het geluid rond de gehoorrens zal liggen voor de 32-Hz-octaafband. Dat betekent dat de meeste mensen dit geluid niet goed zullen horen.

3.3.4.4 Straat- en gebouwniveau (varianten F-K)



Figuur 29 Resultaten voor het basisscenario, zoals berekend met een stralenmodel voor drie meetpunten, en zes varianten op straat- en gebouwniveau voor de eerste- en tweedelijnsbebouwing. Variant B is als uitgangspunt genomen in berekeningen voor de inrichting van het hele gebied.

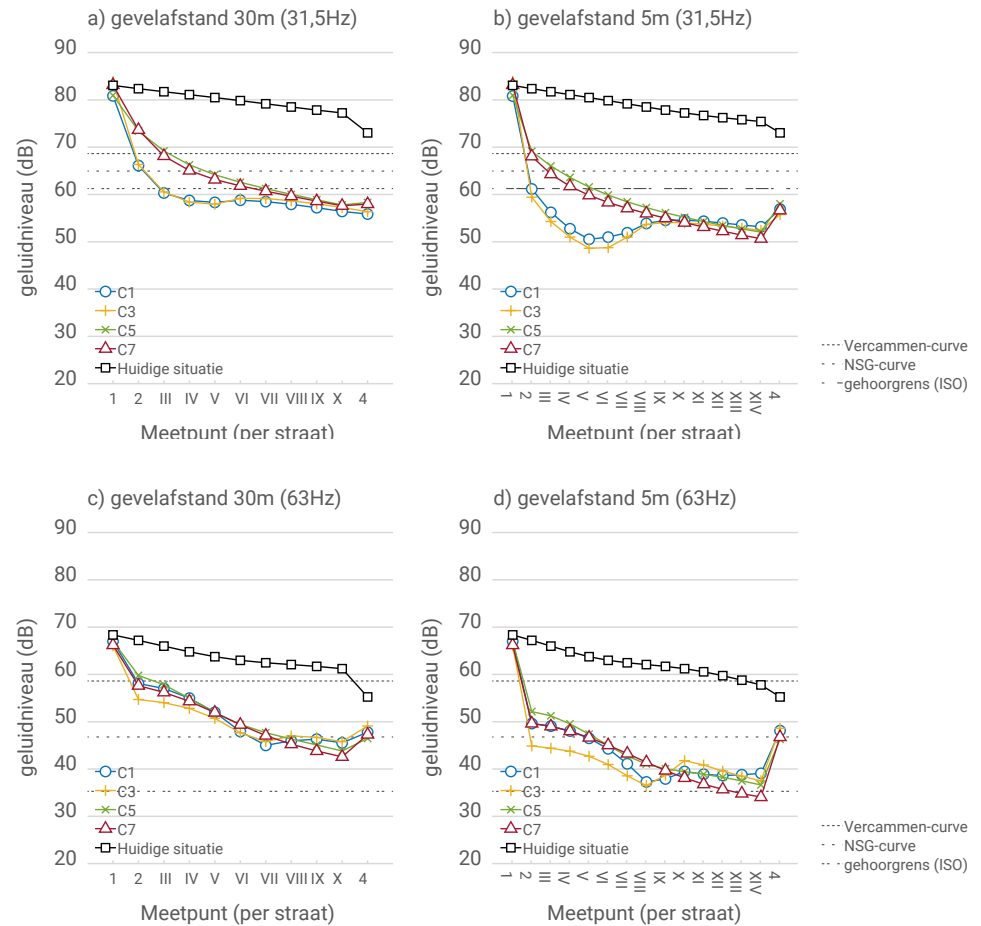
Opnieuw hebben we in eerste instantie gerekend op basis van het geluid van een Boeing 737 bij een gemiddeld weertype. We hebben drie meetpunten met elkaar vergeleken om snel inzicht te krijgen in de effecten van de gevelvorm, en de afstand tussen gevels, op de geluidsniveaus rond het gebouw. In Figuur 27 is de positie van de meetpunten weergegeven. De resultaten van de berekeningen voor de zes varianten per meetpunt zijn weergegeven in Figuur 29. Voor

meetpunt 2 en 3 (in de 'straat') liggen de scores relatief dicht bij elkaar, al lijkt variant G net iets beter te scoren dan de rest. De resultaten laten ook heel duidelijk zien waarom gebouwen aaneengeschakeld moeten worden. Variant F zorgt ervoor dat flankerend geluid zich langs de gebouwen kan voortplanten. Hierdoor liggen de geluidsniveaus in de straat tussen de eerste- en tweedelijnsbebouwing veel hoger dan voor de andere varianten. Deze variant is dus sterk af te raden.

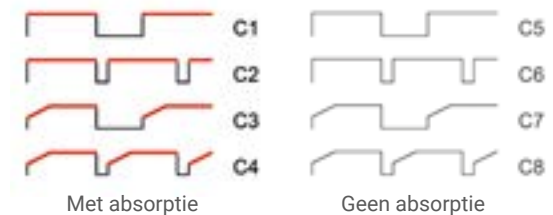
3.3.4.5 Robuustheidsanalyse: Boeing 747 en noordoostelijke wind

Voor de robuustheidsanalyse hebben we samengewerkt met de TU Eindhoven, waarbij we gebruikmaakten van een golfmodel dat de universiteit heeft ontwikkeld. In tegenstelling tot het stralenmodel, is het golfmodel tweedimensionaal. Daarom is een doorsnede gemaakt in de richting achter het vliegtuig waarin de meeste geluidsenergie wordt uitgezonden. Vervolgens hebben we berekend welke geluidsniveaus op grondniveau tussen de gebouwen te verwachten zijn voor een B747 in sterke noordoostelijke wind (10 m/s). Deze situatie komt niet vaak voor, en kunnen we dus zien als een *worst case*. Daarbij zijn alleen de resultaten berekend voor de 31,5 Hz- en 63 Hz-octaaftband, omdat deze frequenties de hoogste geluidsniveaus hebben tijdens startprocedures (zie ook hoofdstuk 2.2).

Figuur 30 toont de resultaten voor de berekeningen die de TU Eindhoven heeft uitgevoerd. De uitkomsten bevestigen op hoofdlijnen de resultaten zoals weergegeven in Figuur 28 en Figuur 29. Een kleine afstand tussen gevels leidt tot beduidend lagere geluidsniveaus tussen de gebouwen. Hetzelfde geldt voor het gebruik van schuine gevelvlakken die ervoor zorgen dat de geluidsgolven deels de lucht in worden gereflecteerd. Frequentieafhankelijke geluidsabsorptie op daken en gevels verminderen het geluid vooral voor de eerste paar straten. Wat opvalt, is dat de geluidsniveaus in de robuustheidsanalyse voor een kleinere afstand tussen gebouwen vanaf de vierde straat onder de hindercurves komen te liggen. Daarnaast zal in alle gevallen de extra bebouwing bij De Hoek de geluidsniveaus rond de bestaande woningen (meetpunt 4) sterk verbeteren. Zelfs vanaf de tweedelijnsbebouwing bij de nieuw te ontwikkelen gebouwen liggen de geluidsniveaus in straten al lager dan in de huidige situatie bij de bestaande woningen die grenzen aan de Weg om de Noord.



Figuur 30 Resultaten per meetpunt voor de robuustheidsanalyse (B747 – noordoostelijke wind 10 m/s), voor de 31,5 Hz- en 63 Hz-octaaftband. Grafiek a en c zijn voor bredere straten en 10 gebouwreeksen. Grafiek b en d zijn voor smallere straten, en 14 gebouwreeksen. Omdat er meer meetpunten zijn dan in Figuur 28 en Figuur 29 zijn de toegevoegde meetpunten aangeduid met Romeinse cijfers.

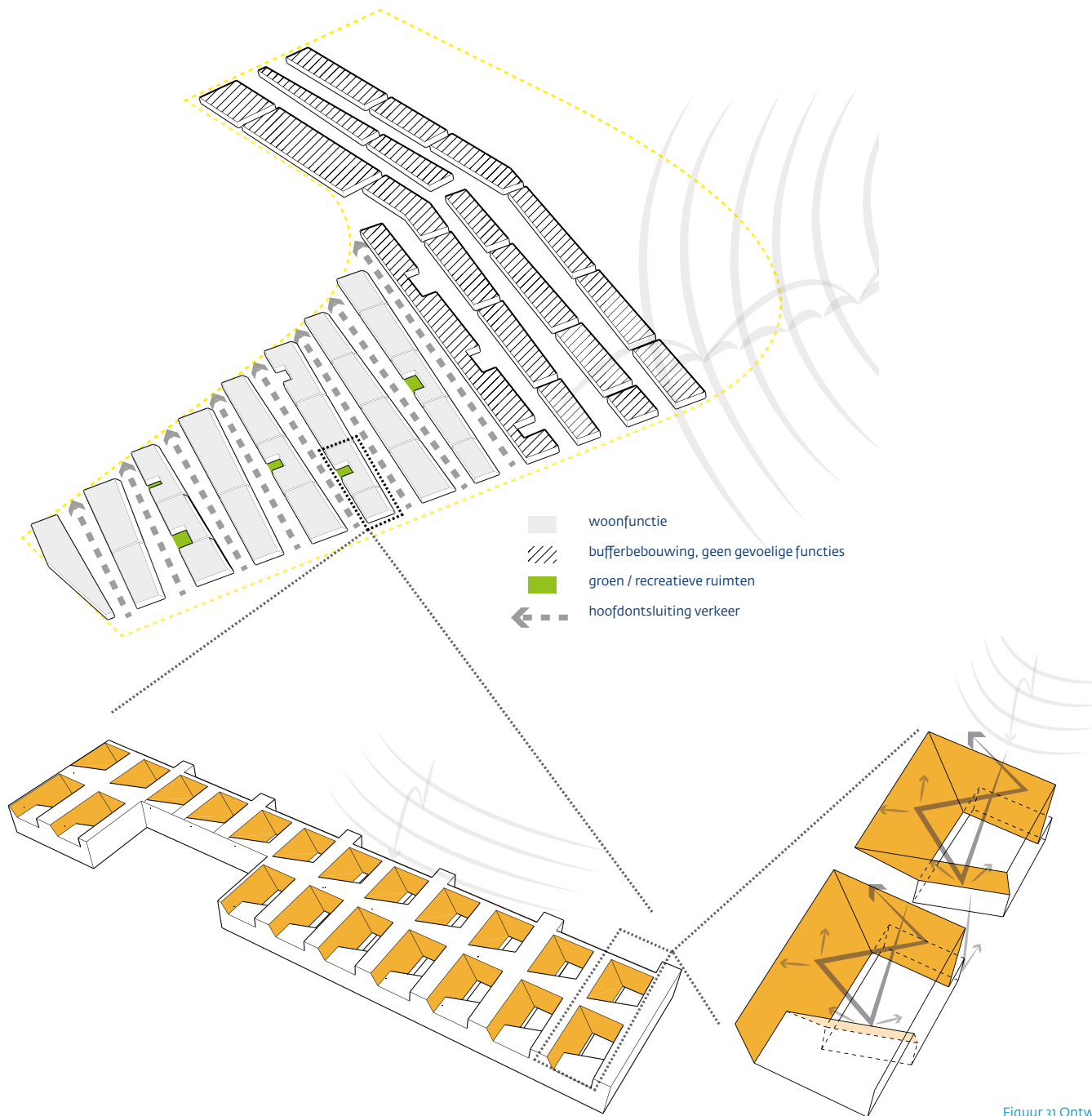


3.3.5 Stap 5 en 6: van berekeningen naar ontwerp – verfijnen en aanpassen

Uit de eerste rekenexercities en de robuustheidsanalyses volgt variant B als voorkeursvariant. Dat is logisch, omdat het ontwerp lijkt op een reeks schokbrekers en de geluidsgolven van de startpositie van de vliegtuigen over het landschap rollen. Kenmerkend voor variant B zijn de lange aaneengesloten gebouwreeksen die haaks op de voortplantingsrichting van het geluid staan. Per straatprofiel wordt zo een deel van het geluid verspreid en gereflecteerd in de richting van de bron en de lucht. Hierdoor kan het geluid steeds minder makkelijk de eerstvolgende straat en gebouwreeks bereiken.

Figuur 31 toont een mogelijk ontwerp voor een stedenbouwkundig plan, gebaseerd op de berekeningen. Om te voorkomen dat geluid zich via parallelstraten diep(er) in het gebied voortplant, zijn straten onregelmatig verlegd. Uit de berekeningen in de robuustheidsanalyse komt naar voren dat de geluidsniveaus rond de eerste vier gebouwreeksen te hoog zijn om gevoelige functies te realiseren, denk

aan woningen. Bovendien zouden we de gevels dan extra moeten verzwaren om de laagfrequente tonen voldoende te dempen in de gebouwen. Er is dus een flinke buffer nodig. De berekeningen laten zien dat voor de dominante frequenties het geluidsniveau per straatprofiel tussen de 2 en 3 dB(A) lijkt af te nemen, vergeleken met de achterkant van de eerstelijnsbebouwing. Dat betekent dat de geluidsniveaus vanaf de vijfde gebouwreeks onder de gehoordrempel voor laagfrequent geluid komen te liggen. Althans, voor frequenties rond de 32 Hz, de maatgevende frequenties voor grondgeluid van startprocedures. De berekeningen lieten zien dat een kleinere afstand tussen gevels tot de beste demping van het geluid in de buitenruimte leidt. Daarom zijn de tuinen vormgegeven in een patio-structuur (zie Figuur 33). Om de patio extra stil te maken, helpen schuine vlakken rondom de patio. Zo voorkomen we dat geluid dat via de bovenkant de patio bereikt zich naar het maaiveldniveau verplaatst (conform de berekeningen in Figuur 29 en 30).



Figuur 31 Ontwerputwerking voor De Hoek op drie schaalniveaus.

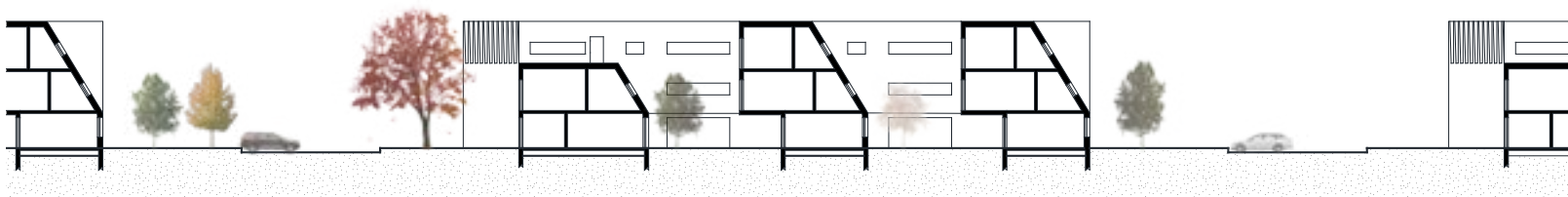


Figuur 32 Borneo-Sporenburg in Amsterdam door West8 (links), en het Nexus-woningbouwcomplex in Fukuoka, Japan, door OMA (rechts).

Dit ontwerp levert een zeer compacte manier van bouwen op, die doet denken aan Borneo-Sporenburg van West8 in Amsterdam en het Japanse Nexus-complex in Fukuoka (zie Figuur 32).

Centraal in het ontwerp voor De Hoek zijn de patio's die als tuinen kunnen dienen en waar de geluidsniveaus zo laag mogelijk zijn (zie Figuur 31). De straten tussen de gebouwen zijn breder, waardoor de geluidsniveaus daar hoger zullen zijn. De patio's schermen de private buitenruimten goed af vanwege het verkeerslawaai. Vanwege het verkeerslawaai rondom De Hoek is het prettig als de ruimten tussen de gebouwen autoluw zijn. Dat betekent op deze locatie dat de straten alleen aan de zijde van de N201 worden ontsloten, om zo niet-

bestemmingsverkeer te weren. De dimensies van de ruimten tussen de gebouwen zijn flexibel. Deze ruimten kunnen het beste worden gebruikt als publieke groenstroken, ter compensatie voor de compacte bebouwing. Pleinen en ontmoetingsplekken komen aan de noordkant van de straten, waar het geluidsniveau iets lager is dan aan de zuidrand. Bomen en water zorgen voor een prettige geluidsomgeving, waarbij de keuze voor luidere waterpartijen, zoals watervallen, voor de hand ligt. Watervallen maken lagere en luidere geluidstonen. Dit geluid maskeert dan voor een deel het grondgeluid van de startbanen. Omdat het hier geen geluid vanaf boven betreft, is het verschil tussen de gebouwzijden binnen de straatprofielen niet zo groot.

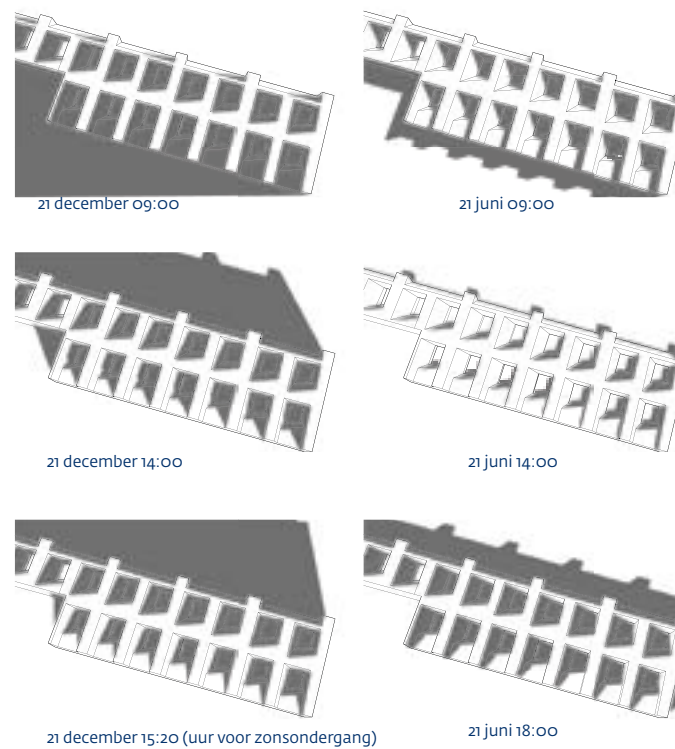


Figuur 33 Doorsnede van een bouwblok met twee patio's en woningen.

Het wordt nog wel een uitdaging om ervoor te zorgen dat de patio's voldoende daglicht en zon krijgen. Omdat gevelabsorptie in dit geval slechts een beperkt effect heeft, kan de keuze vallen op lichte gevelmaterialen. Zo bereiken we dat er zo veel mogelijk daglicht in de patio's komt. Daarnaast kunnen we de gevels georiënteerd op het zuidwesten verlagen (zie Figuur 34).

Naarmate de afstand tussen de startbaan en de gebouwen groter is, lijkt de noodzaak van de patio-typologie om grondgeluid van vliegtuigen te beperken, af te nemen. Met het oog op het weg- en spoorlawaaai is het echter belangrijk consequent voor deze typologie te kiezen.

Figuur 34 Bezonningsstudie voor verschillende tijdstippen op de kortste en de langste dag van het jaar.



3.3.6 Conclusies

Samenvattend levert de doorrekening en beoordeling van de stedenbouwkundige varianten de volgende uitgangspunten op voor het verdere ontwerpproces:

- Basisstrategie van lange aaneengesloten gebouwreeksen, haaks op de voortplantingsrichting van het geluid, als schokbrekers tegen het grondgeluid.
- Onregelmatig verleggen van straten, om staande golven te voorkomen.
- Maximaal vier bouwlagen vanwege veiligheid en radarvlakken.
- Woningen vanaf de vijfde 'straat', onder toepassing van patio-typologie, de eerste vier 'straten' kunnen voor kantoren, logistiek of voor andere programma's worden gebruikt.
- Voor de woningen: compacte bouw met schuine vlakken rondom de patio.
- Ruimte tussen de gebouwen is autoluw en ingericht als openbaar groen, waar mogelijk doodlopende straten met ontsluiting op de Weg om de Noord.
- Pleinen en ontmoetingsplekken aan de noordkant van de straten.
- Toevoegen van bomen en 'luidere' waterpartijen om grondgeluid te overstemmen.
- Lichte gevelmaterialen voor daglichttoetreding in de patio's.
- Op het zuidwesten georiënteerde gevels zijn iets verlaagd, om zo meer zon de woningen in te laten komen en om reflecties in de binnenhoven te voorkomen.





4 Nabespreking: wat leveren de praktijkvoorbeelden ons op?

Foto: Kees van der Veer

4 Nabespreking: wat leveren de praktijkvoorbeelden ons op?

Iedere locatie is anders. Dat kunnen we niet vaak genoeg benadrukken. Wat op de ene locatie wel werkt, is voor een andere locatie minder geschikt. Geluidsbewust bouwen is daarom geen kwestie van het simpelweg opvolgen van een nieuwe set regels en voorschriften. Het gaat erom helder te krijgen wat vanuit akoestisch perspectief voor een specifieke locatie de beste keuzes zouden zijn.

De drie praktijkvoorbeelden laten goed zien dat je vanuit de basisprincipes tot verschillende sets ontwerpprincipes kunt komen, afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse. Het is dus heel belangrijk vooraf goed in beeld te brengen wat exact op die locatie de aard van het geluid van vliegverkeer is. Het gemiddelde geluidsniveau is daarbij het minst relevant. Het type geluid (grondgeluid, of overvliegend verkeer, stijgend of landend), afstand en hoogte, richting (waar bevinden de vliegtuigen zich ten opzichte van de locatie?), intensiteit, de tijd van de dag (overdag, avond of nacht) en maximale geluidsniveaus tellen veel zwaarder.

De uitwerking van de drie praktijkvoorbeelden laat zien dat er vrijwel áltijd winst te behalen is ten opzichte van het alternatief: bouwen zonder rekening te houden met geluid. Dat is veelbelovend. Maar tegelijkertijd hoort daar wel een kanttekening bij. In de praktijkvoorbeelden hebben

we uitgewerkt wat het maximaal haalbare is, vanuit het technische aspect van geluid. Vanuit de analyse van de geluidsomgeving is bepaald wat akoestisch het beste ontwerp zou zijn. In de praktijk gaat het natuurlijk altijd om een integrale afweging, waarbij geluid een belangrijke, maar niet de enige factor is. Ook deze factoren moeten in het ontwerp worden meegenomen.

Het gaat dan bijvoorbeeld om thema's als ruimtelijke adaptatie (klimaat en water), energiehuishouding en kostenaspecten. Per gebied zullen opgaven en oplossingen verschillen. Hoe belangrijk is bijvoorbeeld het thema klimaatadaptatie ten opzichte van geluid? Is de energielast van de gebouwen straks een particuliere aangelegenheid, of worden de gebouwen beheerd door woningcorporaties of vermogensbeheerders met duurzaamheidsdoelstellingen? Wat zijn de grondprijzen op een locatie? En wat betekent dit voor het gebruik van 'dure' gevelmaterialen in plaats van rechthoekige vormen met schuine gevels? Overigens wordt er ook in de wetenschap gewerkt aan onderzoek op dit vlak. Het gaat dan met name om modellen die tegelijkertijd kosten en baten berekenen van geluids-, klimaat- en energieadaptief bouwen. Dit soort modellen kunnen ontwerpers, ontwikkelaars en beleidsmakers in de toekomst helpen om sneller inzicht te krijgen in de voor- en nadelen van verschillende varianten.

Daarnaast worden hinder en kwaliteit van de leefomgeving niet alleen bepaald door (vliegtuig)geluid. Waar voor de een grootstedelijke 'reuring' prettig is, wil de ander juist dorpse kleinschaligheid en veilige straten waar kinderen kunnen spelen. Uit onderzoek is bekend dat het betrekken van bewoners bij ontwerpprocessen tot een hogere waardering van de woonomgeving leidt – en daarmee tot minder hinder. Juist daarom is het zo belangrijk om het gesprek met bewoners en gebruikers aan te gaan (zie stap 2 van het stappenplan), en het ontwerp op hun behoeften af te stemmen. Hoe dit het beste kan worden aangepakt, verschilt per project. In nieuwbouwprojecten waar nog geen kopers bekend zijn, is het moeilijker om een beeld te vormen van de wensen en behoeften van bewoners dan bij bestaande wijken. Aan de hand van bewonersprofielen valt echter wel een inschatting te maken

van wat er nodig is. Bij herstructureringsopgaven kunnen inspraakavonden en ontwerpateliers helpen de wensen van bewoners in kaart te brengen.

De praktijkvoorbeelden laten zien dat er al veel kan, maar ook dat geluidsbewust ontwerpen nog volop in ontwikkeling is. Uiteindelijk maken vele factoren een prettige woonomgeving. Dat houdt niet op bij de technische mogelijkheden. Erachter komen wat op een specifieke locatie in een specifiek project wel en niet werkt, vergt altijd een zoektocht. Wat voor de Schipholregio vaststaat, is dat in die zoektocht vliegtuiggeluid zondermeer een belangrijke factor is om rekening mee te houden.





Colofon

Uitgave

Provincie Noord-Holland
Postbus 123 | 2000 MD Haarlem
Tel.: 023 514 31 43 | Fax: 023 514 40 40
www.noord-holland.nl
post@noord-holland.nl

Onderzoek

Martijn Lugten
Indra Sihar, TU/e
Raúl Pagan Munoz, TU/e

Mogelijk gemaakt door subsidies van

Gemeente Haarlemmermeer
Gemeente Amsterdam
Provincie Noord-Holland

Tekstbewerking

Ton Smits, Saffraan communicatie

Inhoudelijke begeleiding en eindredactie

Esther van der Klis, provincie Noord-Holland

Fotografie

Theo Baart, Sanne van der Leest, Sybolt Luijben,
Kees van der Veen, Provincie Noord-Holland,
gemeente Aalsmeer

Grafische verzorging

Xeroxmediaservices

Haarlem, september 2020