

Vliegtuiggeluid in Stommeer

Een methode om de kansen in kaart te brengen voor
geluidsadaptieve ingrepen in bestaand stedelijk gebied



STOMMEER

OVER SOUNDSCAPE CONSULTING

Hoe kunnen bebouwing en stedelijk ontwerp de blootstelling van bewoners aan vliegtuiggeluid verminderen?

Sinds januari 2019 biedt Soundscape consulting op basis van onderzoek advies op dit terrein. Het bureau bouwt voort op de wetenschappelijke kennis en de laatste inzichten op dit gebied. Met dit advies draagt Soundscape bij aan het noodzakelijke onderzoek gericht op het stiller, prettiger en leefbaarder maken van gebieden rondom luchthavens.

Auteur: dr. ir. Martijn Lugten

September 2021

INHOUD

6 Samenvatting en aanbevelingen

9 | 1 Inleiding, afbakening en aanpak

- 9 | 1.1 Leeswijzer
- 9 | 1.2 Inleiding en scope
 - 9 | 1.2.1 Hinder van vliegtuiggeluid
 - 10 | 1.2.2 Uitgangspunten geluidsadaptief bouwen
 - 11 | 1.2.3 Vraagstelling quickscan
 - 11 | 1.2.4 Doelen
- 12 | 1.3 Aanpak quickscan
 - 12 | 1.3.1 Metingen
 - 12 | 1.3.2 Rekenmodellen

14 | 2 Praktische toepassing resultaten, conclusies en aanbevelingen

- 14 | 2.1 Kansenskaart geluidsadaptief bouwen
- 17 | 2.2 Strategieën geluidsadaptief bouwen – casestudy Primulastraat
 - 17 | 2.2.1 Huidige inrichting Primulastraat
 - 18 | 2.2.2 Variant 1 – minimale ingrepen
 - 19 | 2.2.3 Variant 2 – stevig verbouwen
 - 20 | 2.2.4 Variant 3 – gedeeltelijke sloop en nieuwbouw
- 21 | 2.3 Conclusies en aanbevelingen

22 | 3 Resultaten onderzoek

22		3.1	Omgevingsgeluid in Stommeer
23		3.1.1	Vliegbewegingen rondom Stommeer
23		3.2	Metingen
24		3.2.1	NOMOS
24		3.2.2	Sensornet
25		3.2.3	SoundAppraisal
26		3.3	Berekeningen vliegtuiggeluid – wijkniveau
26		3.3.1	Rekenen met scenario's
27		3.3.2	Methodiek voor het onderzoek
29		3.3.3	Resultaten gemiddeld scenario
29		3.3.4	Resultaten 95 procent-scenario
30		3.3.5	Prognoses
31		3.3.5.1	95-procent-scenario 2030
32		3.3.5.2	95 procent-scenario 2040
33		3.4	Berekeningen vliegtuiggeluid – straatniveau
34		3.4.1	Proefstation
36		3.4.2	Primulastraat
37		3.4.3	Hortensialaan
38		3.4.4	P.F. von Sieboldlaan
39		3.5	Invalshoek vliegtuiggeluid
40		3.6	Nawoord: kanttekeningen bij de methode en resultaten

Afkortingen

dB	Geluidsniveau in decibel
dB(A)	A-gewogen geluidsniveau in decibel
Hz	Hertz
LA_{max}	Maximale a-gewogen geluidsniveau in decibel
L_{den}	Gemiddeld geluidsniveau in decibel met correcties voor geluid in de avond en nacht, toegepast in de EU
NAT55	Aantal vliegbewegingen met een maximaal geluidsniveau > 55 dB(A)
NAT65	Aantal vliegbewegingen met een maximaal geluidsniveau > 65 dB(A)
LIB	Luchthavenindielingsbesluit Schiphol, een onderdeel van de wet Luchtvaart, waarin beperkingen zijn opgenomen voor het gebruik van gronden rondom de luchthaven Schiphol op het gebied van veiligheid en geluid

SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN

Deze publicatie doet verslag van een onderzoek naar een methode om voor een bestaande wijk de mogelijkheden in kaart te brengen om de belasting door vliegtuiggeluid te reduceren. Maatgevend zijn daarbij de maximale geluidsniveaus (LA_{max}). Dat is nieuw ten opzichte van het gangbare geluidsbeleid dat is gebaseerd op de gemiddelde geluidsbelasting (L_{den}).

Dit rapport bouwt voort op de ontwerpprincipes van het geluidsadaptief¹ bouwen, zoals uitgewerkt in de brochure *Geluidsbewust ontwikkelen in de Schipholregio*². In deze studie proberen we de ontwerpprincipes verder aan te scherpen en tot adviezen te komen voor ingrepen in een bestaand woongebied.

Geluidsadaptief bouwen benut de mogelijkheden van de architectuur en de stedenbouw om het geluid van vliegtuigen te beïnvloeden. Want net als geluidsschermen naast snelwegen kunnen gebouwen vliegtuiggeluid afschermen. Hierdoor kunnen grote verschillen ontstaan in de geluidsniveaus rond of tussen de gebouwen.

Geluidsadaptief bouwen gaat altijd uit van de geluidsniveaus buiten de gebouwen; bewoners moeten immers de mogelijkheid hebben om op een aangename manier tijd door te brengen op hun balkon of terras. Evengoed moeten ze zich prettig kunnen voelen in hun woning als de ramen open zijn.

Om te bepalen of de geluidsniveaus acceptabel zijn, nemen we als uitgangspunt de actuele wetenschappelijke inzichten op het gebied van hinder door en blootstelling aan vliegtuiggeluid. Studies naar hinder gedurende de dag richten zich bijvoorbeeld op het aantal vluchten met een $LA_{max} > 65$ dB(A) (NAT65). Dit wordt gezien als de beste akoestische indicator voor het voorspellen van hinder, naast de L_{den} .

Bij blootstelling aan vliegtuiggeluid kan het verschil tussen de gebouwzijde die is gericht naar de geluidsbron en de zijde die dat niet is, oplopen tot 15 dB(A). Het geluidsniveau hangt af van de invalshoek van het geluid (een hoek die kleiner is dan 45 graden is gunstig), en van de gebouwvorm en gevelmaterialen.

Voor het uitvoeren van een quickscan op wijkniveau, met als doel de potentie van geluidsadaptief bouwen te bepalen, kijkt de methode die we in dit onderzoek ontwikkelen dan ook naar de invalshoek van het geluid (groter of kleiner dan 45 graden) en de maximale geluidsniveaus die te verwachten zijn. De methode biedt een handvat om bij de (her)ontwikkeling van gebieden geluidshinder door vliegtuigen te beperken of te voorkomen.

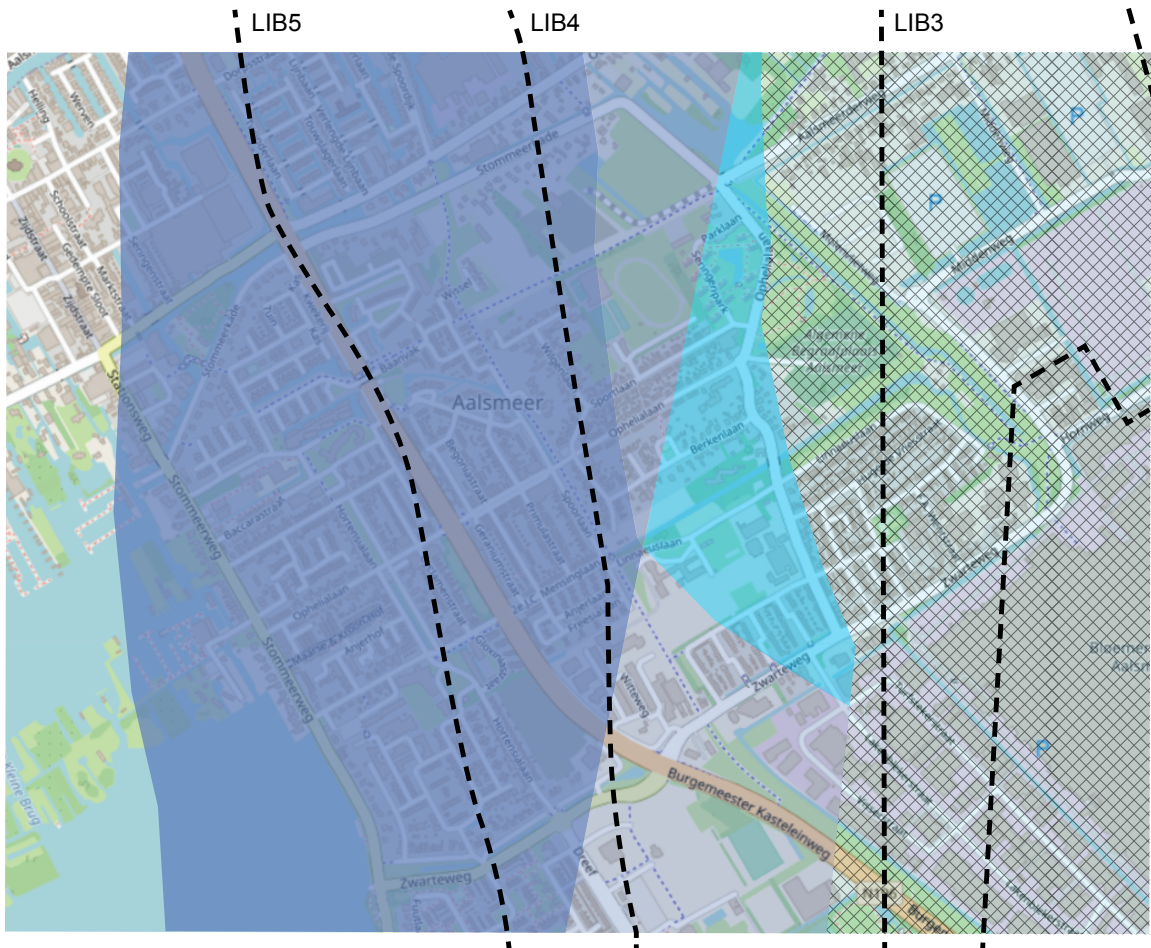
De methode die we hier beschrijven, pasten we toe voor de wijk Stommeer in Aalsmeer. Dit is een bestaande wijk, pal onder de Aalsmeerbaan, met een grote herstructureringsopgave. Onze studie resulteerde in een kansenkaart voor geluidsadaptief bouwen in deze Aalsmeerse wijk (zie de volgende pagina). Voor de kansenkaart is met een rekenmodel een inschatting gemaakt van de maximale geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassage, onder wisselende omstandigheden. Om de uitkomsten en aannames van de quickscan te verifiëren en valideren, voerden we aanvullende berekeningen op straat- en gebouwniveau uit. Bij de berekeningen op straatniveau hebben we de afschermende werking van de gebouwen gesimuleerd, en de geluidsniveaus op verschillende plekken rond en tussen de gebouwen berekend.

1 We hanteren de term 'geluidsbewust bouwen (dan wel ontwerpen)' voor de samenhangende benadering in gebiedsontwikkeling, vanuit het brede scala van de akoestische omgeving. Onder 'geluidsadaptief bouwen (dan wel ontwerpen)' verstaan we de inspanningen en maatregelen om door het ontwerp en de uitvoering van een gebouw bij te dragen aan de reductie (in dB(A)) van vliegtuiggeluid.






2 *Geluidsbewust bouwen in de Schipholregio*, provincie Noord-Holland, oktober 2020.

Voor de wijk Stommeer concluderen we dat:

- Geluidsniveaus aan de gebouwzijden zonder directe zichtlijn tot de vliegtuigen in grote delen van de wijk onder de streefwaarde van 65 dB(A) komen, als rekening wordt gehouden met de oriëntatie, geometrie en gevelmaterialisatie van de gebouwen. De mate en striktheid van de betreffende bouwkundige eisen verschilt per locatie.
- Voor een klein deel van de wijk is geluidsadaptief bouwen niet succesvol om de geluidsniveaus voldoende te beperken. Voor dit gebied is een andere strategie nodig, zie voor suggesties pagina 16.



Figuur 1 – Inschatting kansen geluidsbewust bouwen voor woningbouw per gebied.

	Zeer kansrijk: $L_{A,max,95-scenario} < 75dB(A) + GH < 45$ graden
	Kansrijk: $L_{A,max,95-scenario} < 80dB(A) + GH < 45$ graden
	Kansrijk, met veel bouwkundige eisen: $L_{A,max,95-scenario} < 75dB(A) + GH > 45$ graden Waarschijnlijk
	kansrijk, met veel bouwkundige eisen: $L_{A,max,95-scenario} < 80dB(A) + GH > 45$ graden Niet kansrijk
	alternatieve woonvormen denkbaar: $L_{A,max,95-scenario} > 80(A) + GH > 45$ graden

GH: Geluidshoek, oftewel, de hoek waaronder de geluidsgolven de bebouwing raken.

Op grond van de verschillende bevindingen in dit rapport doen we de volgende aanbevelingen:

- Maak op wijkniveau een plan van aanpak voor de verdere inrichting en vormgeving van de kansrijke gebieden, met per project een uitwerking van de wijze waarop de gebouwen voldoende afscherming bieden. Hierbij zijn ook de geluidsniveaus in de woningen van belang. Bovendien is het zaak ook andere factoren mee te wegen, zoals kosten, klimaatbestendigheid en de inbedding van een project in de bestaande architectuur.
- Bij het opstellen van een plan van aanpak voor een wijk raden we aan te beginnen met gebieden die als zeer *kansrijk of kansrijk* zijn aangemerkt. Voor de inrichting van gebieden die de kanskaart noemt als *kansrijk, met aanvullende bouwkundige eisen* is het advies om andere onderzoeken rond geluidsadaptief bouwen te blijven volgen³. Omdat geluidsadaptief bouwen relatief nieuw is, weten we nog niet tot in elk detail wat wel en niet goed werkt. Daarom vindt verder onderzoek plaats en dat is ook relevant voor Stommeer.
- Als vuistregel geldt dat het geluidsbeperkend effect van een gebouw tot vier meter van een gevel aanhoudt. Programmeer buitenruimten (zoals terrassen en balkons) daarom binnen deze geluidsluwere zone. Houd er echter rekening mee dat het effect per situatie kan verschillen.
- Besteed ook veel aandacht aan de vormgeving van de tuinen en de openbare ruimte, als aanvulling op een zorgvuldige oriëntatie en vormgeving van de bebouwing. Hierbij is de uitdaging om de strikte opdeling van private en openbare gebieden los te laten. De gedachte hierbij is dat geluid als hinderlijker wordt ervaren als mensen zich in een strikt private omgeving bevinden, bijvoorbeeld in hun tuin of in hun woning. Het geluid wordt dan eerder als een inbreuk op de privacy ervaren. Gedeelde tuinen, of semi publiek toegankelijke ruimten (straten, pleinen, hoven, plantsoenen) kunnen oplossingen bieden. Bovendien zorgt het zicht op groen vanuit woningen voor een lagere hinderervaring van (vliegtuig-) geluid. Neem dit in overweging bij de positionering van openbaar groen en de oriëntatie van (woon)kamers.
- Met de omvorming van de N196 tot een 50 km-weg nam het geluid van het wegverkeer af, zij het dat de geluidsniveaus van het wegverkeer rond de Stommeerweg en de Zwarteweg nog aan de hoge kant zijn. De geluidsbelasting komt nu vooral voor rekening van het vliegverkeer. Het zou daarom logisch zijn om tuinen en buitenruimten hier vooral op het oosten of noordoosten te oriënteren. Dit staat echter haaks op de aanbevelingen om tuinen, terrassen en overige buitenruimten op het westen te richten om de blootstelling aan vliegtuiggeluid te beperken. Een nadere afweging is dus nodig. Hierbij zijn de analyses van SoundAppraisal relevant. Deze bieden inzicht in de spreiding van ál het geluid tijdens de dag, en de inrichting van de straat en de woningen. Als aanvulling kan gekeken worden naar maatregelen om (bijvoorbeeld) het verkeersgeluid te beperken. Denk aan snelheidsbeperking. Oplossingen kunnen echter ook liggen in het ontwerp van de gebouwen. Een mix van hogere en lagere bebouwing kan gunstig uitwerken, evenals de keuze voor gesloten bouwblokken die aanmerkelijk hoger zijn aan de noordwestzijde.

3 Bijvoorbeeld rond het fieldlab geluidsadaptief bouwen in Hoofddorp.

INLEIDING, AFBAKENING EN AANPAK

1.1 LEESWIJZER

Dit rapport bestaat uit drie delen: Deel 1 omvat de inleiding, de afbakening van het onderzoek en de theoretische uitgangspunten. Deel 2 gaat in op de praktische toepassing van de resultaten en vermeldt de conclusies en aanbevelingen. Deel 3 omvat tot slot een nadere toelichting op de resultaten en methodiek van de quickscan.

1.2 INLEIDING EN SCOPE

De wijk Stommeer in Aalsmeer ligt pal onder de Aalsmeerbaan en heeft veel last van vliegtuiggeluid. Een deel van de woningen is sterk verouderd. En er zijn gebouwen en kavels die wachten op een nieuwe bestemming. Tegen deze achtergrond leeft de vraag welke kansen er zijn om in te zetten op een reductie van het vliegtuiggeluid. Kunnen we de ontwerpprincipes van geluidsadaptief bouwen in deze wijk succesvol toepassen? En tot welke aanbevelingen leidt dat dan voor de aanpak van de herstructureringsopgave? Stommeer is daarmee een interessante casus om een beeld te krijgen van de mogelijkheden om de principes van geluidsadaptief ontwerpen in te zetten bij de herstructurering van bestaand woongebied. Soundscape Consulting kreeg daarom de vraag een quickscan uit te voeren naar de mogelijkheden van geluidsadaptief ontwerpen in Stommeer.

1.2.1 Hinder van vliegtuiggeluid

Voor het bepalen van de effectiviteit van geluidsadaptief bouwen is de ligging van een locatie ten opzichte van vliegpaden van groot belang. Aan de hand daarvan kunnen we zien hoe vliegtuigen zich rond een specifieke locatie bewegen. Gebouwen zijn in feite grote geluidsbarrières; ze hebben een zijde die op het geluid is gericht en een zijde die niet direct op het geluid is gericht^a. Ten minste, als we ervan uitgaan dat het geluid overwegend vanuit één richting komt en reflecties van omliggende bebouwing beperkt zijn. Bij geluidsadaptief bouwen is de mate van afscherming van het geluid de eerste factor waarnaar we kijken. Hoe effectief die afscherming kan zijn, hangt bij vliegtuigen onder andere af van de invalshoek van het geluid. Deze hoek wordt bepaald door enerzijds de horizontale afstand tussen een locatie en het vliegtuig en anderzijds de vlieghoogte. Nadat er een duidelijk beeld is van de geluidsafname door een optimale oriëntatie en vormgeving van de gebouwen, rijst de vraag: resulteert dit in een goede geluidsomgeving? Dit hangt mede af van de manier waarop we naar de geluidsomgeving en hinder kijken.

Onderzoek laat zien dat de mate van geluidshinder afhangt van diverse factoren^{b-e}. Akoestische factoren verklaren slechts een deel van de verschillen in de hinder die individuen ervaren. Van alle akoestische factoren wordt doorgaans de L_{den} gebruikt om de hinderscore te bepalen, bijvoorbeeld in wet- en regelgeving. In studies naar de hinderherinnering (de mate waarin mensen zich hinder over langere perioden herinneren, denk aan maanden), afgezet tegen de (berekende) geluidsbelasting lijkt de L_{den} als beste akoestische maatstaf voor hinder uit de bus te komen. Dit ligt anders bij studies waarbij de focus ligt op hinder tijdens kortere tijdsintervallen, bijvoorbeeld wanneer mensen enkele malen per dag naar de hinderlijkheid van vliegtuiggeluid wordt gevraagd^{f-h}. Recent onderzoek naar de hinderrespons op de korte termijn wijst naar de NAT65 overdag, en NAT55 in de vroege ochtend/late avond, als de beste akoestische maatstaven om hinder te voorspellen, naast de locatie van blootstelling (binnen versus buiten de woning of het gebouw)^g.

Uiteindelijk bepaalt de aaneenschakeling van de alledaagse hinderervaringen de mate van hinder over een lange periode. De NAT65 en NAT55 zijn weliswaar betere hindervoorspellers. Maar dat neemt niet weg dat de spreiding tussen individuen vooral door niet-akoestische factoren wordt veroorzaakt, zoals dat ook bij L_{den} het geval is. De kwaliteit van de (visuele) leefomgeving, de sociale cohesie, het groen in de wijk en de demografie tellen minstens net zo zwaar.

Met die kennis ligt het voor de hand om geluid en hinder niet strikt te willen vangen in normen en cijfers. Op zijn minst is het zaak een hybride strategie te omarmen en cijfers altijd in een bredere context te zien.

1.2.2 Uitgangspunten geluidsadaptief bouwen

De leefomgeving speelt dus een belangrijke rol bij het vaststellen van hinder door (vliegtuig)geluid. De inrichting kan bijdragen aan condities die een indirect gevolg hebben voor het ontstaan van geluidshinder. Binnen deze quickscan kijken we naar de invloed van de gebouwde omgeving in Stommeer op het (vliegtuig)geluid en hoe deze invloed zich verhoudt tot de referenties in hoofdstuk B.1.3. Hierbij nemen we de NAT65 als uitgangspunt, vanwege de eerdergenoemde onderzoeken naar hinder en vliegtuiggeluid. En onderzoeken we of er rond bebouwing verblijfsgebieden kunnen komen waar geluidsniveaus (ruim) onder deze norm blijven.

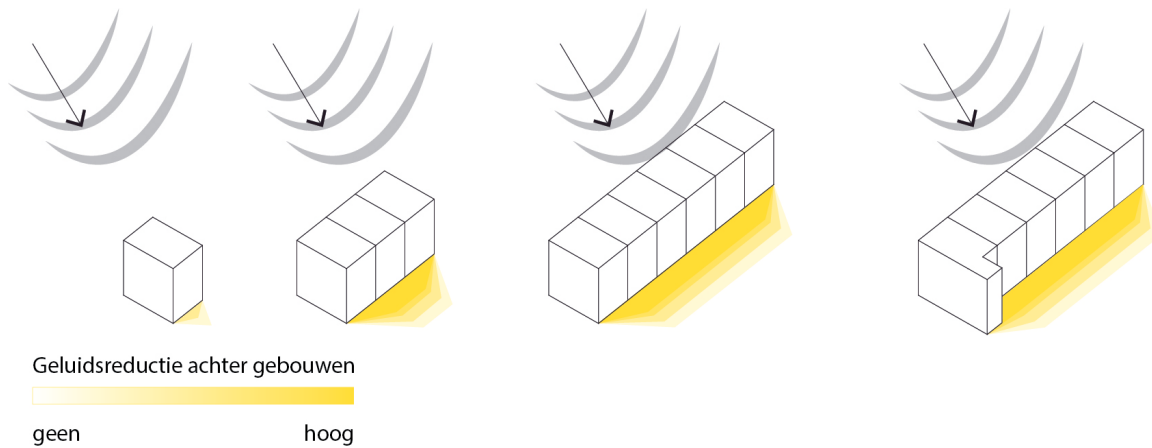
Uit onderzoek weten we dat het verschil in het geluidsniveau tussen gebouwsijden met en zonder directe zichtlijn tot passerende vliegtuigen kan oplopen tot pakweg 15 dB(A)^{a,i}. Het verschil hangt af van onder andere de bouwtypologie, de -materialisatie en de afbuiging van het geluid rond en tussen bebouwing. Dat laatste verklaart waarom de invalshoek van het geluid van belang is. Deze invalshoek hangt af van de positie van de vliegpaden en de weersomstandigheden. Weersomstandigheden hebben een significante invloed op de afbuiging van vliegtuiggeluid als de vector van het geluidsfront kleiner is dan 15 graden^j. Een vuistregel: om gebouwen op een effectieve manier als geluidsbarrière in te zetten, is een invalshoek nodig van hooguit 45 graden van het geluid op de bebouwing. Is de hoek groter, dan 'krult' het geluid eenvoudiger om het gebouw heen. Het verschil tussen de geluidsbelaste en geluidsluwe kant van het gebouw neemt dan af. Als de bebouwing het geluid met 15 dB(A) reduceert, mag de grenswaarde van het geluid op de gebouwszijde met een zichtlijn tot de vliegtuigen maximaal 80 dB(A) zijn (hierbij geldt dus als voorwaarde de geluidsinvalshoek van 45 graden of kleiner).

Kanttekeningen bij uitgangspunten geluidsadaptief bouwen

De juiste oriëntatie en vormgeving van de bebouwing zijn bij geluidsadaptief bouwen altijd de basis. Het effect hangt, zoals gezegd, af van de invalshoek van het geluid. Hierbij passen enkele kanttekeningen. Ten eerste kan een reductie van 15 dB(A) worden bereikt door een combinatie van hogere bebouwing, uitkragingen en zeer poreuze gevelmaterialen. Met een 'doorsnee' woning van drie bouwlagen en baksteengevels gaat dit waarschijnlijk niet lukken. Afhankelijk van de maximale geluidsniveaus die rond het gebouw te verwachten zijn, is dat wel of niet een probleem. Stel dat de maximale geluidsniveaus voor het merendeel van de vluchten rond de 70 dB(A) liggen. Dan is een verschil van 5 dB(A) door de bebouwing voldoende om rond de geluidsluwe zijde van het gebouw de geluidsniveaus voor het merendeel van de tijd onder de streefwaarde van 65 dB(A) te brengen. Wanneer het maximale geluidsniveau onder dezelfde uitgangspunten rond de 80 dB(A) ligt, is een minimaal verschil van 15 dB(A) nodig. Om dat te bereiken, is meer reductie nodig dan een reguliere rijwoning kan bewerkstelligen. Daar komt bij dat de geluidsschaduw rond een gebouw afneemt met de afstand van de gevel. Dit zal weinig effect hebben op (inpanidige) balkons, maar wel op (bijvoorbeeld) tuinen en de ligging van terrassen. Als vuistregel geldt dat het afschermend effect bij een gebouw van drie bouwlagen (circa acht meter hoog) tot vier meter achter de bebouwing aanhoudt. Het geluidsniveau direct op de gevel is het laagst en neemt steeds verder toe naarmate de afstand tot de gevel groter wordt^d.

Een vergelijkbaar effect doet zich voor aan de zijkanten van gebouwen, waar het geluid zich omheen 'krult'. Om die reden schermt een vrijstaande woning van zes meter breed het geluid minder goed af (lees: nauwelijks) dan een rij aangesloten woningen (waarbij het effect in het midden aan de geluidsluwe kant het grootst is). Als vuistregel geldt dat bij een rechthoekig bouwblok de afscherpende effecten optimaal zijn vanaf zes meter uit de hoeken van de bebouwing. Ideaal gesproken bestaan bouwblokken daarom minimaal uit vier of vijf woningen van minstens drie bouwlagen. Het verdient dan ook de voorkeur om in gebieden met veel vliegtuiggeluid te kiezen voor rijen van geschakelde woningen. Voor de hoekwoningen zijn aanvullende oplossingen nodig. De helft van de woning iets dieper laten uitsteken aan de achterzijde (de geluidsluwe kant) kan zo'n oplossing zijn⁴, zie ook Figuur 2.

4 Hierdoor ontstaat een L-vormig uiteinde bij een bouwblok.



Figuur 2 – Schematische weergave van het afschermend effect van gebouwen die worden blootgesteld aan vliegtuiggeluid.

Hierbij past nog wel de opmerking dat de precieze effecten afhangen van de context, met factoren als de reflecties van gebouwen, het weer en de vliegpaden. Daarom blijft het nodig om per bouwplan de actuele geluidssituatie en de effecten van aanpassingen op de geluidssituatie te evalueren.

Een tweede kanttekening heeft betrekking op de hoek van 45 graden (of kleiner) die we nu als uitgangspunt hanteren. Ook bij een grotere hoek is er nog een afschermdende werking, alleen is die kleiner. Ook hierbij geldt dat er sprake is van een geleidelijke overgang van vrijwel volledige afscherming⁵ (wanneer de hoekrichting naar 0 graden gaat), en volledige blootstelling (wanneer de hoek naar 90 graden gaat, waarbij het geluid recht van boven komt).

Het gecombineerde effect van diffractie en reflectie is complex. Daardoor kunnen we dit het beste onderzoeken met computermodellen. Het belang van een extra analyse met rekenmodellen op straat- of gebouwniveau wordt duidelijk met het volgende voorbeeld.

Stel dat voor het merendeel van de vliegtuigpassages een gebouw wordt blootgesteld aan een maximaal geluidsniveau van 75 dB(A) en de invalshoek van het geluid 55 graden is. Dan kunnen rekenmodellen nog steeds laten zien dat een gebouw met vier bouwlagen en een uitkraging de geluidsniveaus achter het gebouw op maaiveldniveau met 10 dB(A) vermindert. In dat geval is geluidsadaptief bouwen nog steeds een optie voor deze locatie. Alleen zal dit niet naar voren komen uit een eerste inventarisatie op basis van de twee uitgangspunten voor de quickscan op wijkniveau.

Kortom, neem de conclusies uit de rekenmodellen op wijkniveau niet te nauw. Ook in gebieden die niet voldoen aan de twee uitgangspunten voor geluidsadaptief bouwen kan de bebouwing invloed hebben op het vliegtuiggeluid. Hierdoor kunnen de maximale geluidsniveaus (ruim) onder de streefwaarde van 65 dB(A) LA_{max} komen. In deel 3 gaan we hier verder op in aan de hand van de uitkomsten van de quickscan voor Stommeer.

1.2.3 Vraagstelling quickscan

Met de quickscan onderzoeken we welke gebieden in de wijk voldoen aan de twee belangrijkste condities voor geluidsadaptief bouwen: waar zijn de maximale geluidsniveaus door (vlieg)verkeer lager dan 80 dB(A) en is de invalshoek van het geluid niet groter dan 45 graden? Door deze gegevens te combineren in één kaart, ontstaat een kanskaart voor geluidsadaptief bouwen in Stommeer.

1.2.4 Doelen

De quickscan is bedoeld om:

1. Een fijnmaziger beeld te krijgen van de geluidssituatie in Stommeer, waarbij de nadruk ligt op de spreiding in maximale geluidsniveaus van vliegverkeer (LA_{max}).
2. Een fijnmaziger beeld te krijgen van de hoek waaronder geluid de bebouwing benadert wanneer vliegtuigen Stommeer passeren.

⁵ Dit komt door een effect dat diffractie heet: bij diffractie kan geluid, maar bijvoorbeeld ook licht, om en over een barrière heen 'krullen'. Naast diffracties leiden ook reflecties van geluid dat tegen de gevel komt tot hogere geluidsniveaus in het gebied direct achter de gevel aan (de geluidsluwe zijde).

3. Op hoofdlijnen inzicht te geven in de toekomstige ontwikkeling van de geluidssituatie, gegeven het ontwikkelperspectief van de luchthaven op lange termijn (waaronder bijvoorbeeld de aanpassingen in het luchtruim).
4. Een beeld te krijgen van de plekken waar geluidsadaptief bouwen kansrijk is. Hierbij nemen we niet alleen het vliegtuiggeluid in aanmerking, maar ook het geluid van andere bronnen, zoals de industrie en het verkeer.
5. Voorbeelden of richtlijnen te geven van geluidsadaptief bouwen voor drie uitgelichte locaties binnen Stommeer, waarbij één locatie is uitgewerkt als casestudy.

1.3 AANPAK QUICKSCAN

Om een beeld te krijgen van de geluidsniveaus op een specifieke locatie, zijn gegevens uit metingen het meest betrouwbaar. In Stommeer zijn er slechts op twee posities permanente geluidsmeters geplaatst, beide aan de Blaauwstraat (NOMOS en Sensornet). Dit betekent dat voor de rest van de wijk informatie ontbreekt om een beeld te vormen van de geluidssituatie. Dit vormt een probleem voor het bepalen van de toepasbaarheid van geluidsadaptief bouwen. Om toch een beeld te krijgen van de maximale geluidsniveaus, hebben we een rekenmodel gebruikt en toegepast voor de wijk Stommeer. In samenwerking met het adviesbureau SoundAppraisal zijn ook metingen uitgevoerd in de wijk. De metingen zijn met de berekeningen vergeleken om een schatting te kunnen maken van de nauwkeurigheid.

1.3.1 Metingen

De geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassage verschillen, waardoor er spreiding ontstaat in de niveaus. De verschillen worden veroorzaakt door diverse factoren, zoals het vliegtuigtype, het laadgewicht, het motorvermogen, de vliegroute en de weersomstandigheden. Een laagvliegende Boeing 777 is bijvoorbeeld veel beter hoorbaar dan een hoogvliegende Airbus 320. Hetzelfde geldt voor een volle Boeing 738, vergeleken met een vrijwel lege Boeing 738. We hebben de meetgegevens (LA_{max}) uit de meetposten van NOMOS en Sensornet geanalyseerd om een beeld te krijgen van de spreiding van de geluidsniveaus. Bij de metingen, die samen met Sound Appraisal zijn gedaan, hebben we gekeken naar:

- de maximale geluidsniveaus,
- de verschillen in geluidsniveaus rond bebouwing,
- de afname van het geluid met de afstand.

Deze gegevens vormen een benchmark voor de uitkomsten uit de rekenmodellen.

1.3.2 Rekenmodellen

Gemiddelde geluidssituatie

De gemiddelde geluidssituatie voor verschillende vliegroutes kunnen we bepalen door:

- de radargegevens⁶ voor de vier routes in Figuur 1 te aggregeren,
- uit te gaan van een gemiddeld vliegtuigtype dat op Schiphol vliegt⁷,
- en een gemiddeld weerprofiel op te stellen voor zomer en winter.

Hierbij worden de zogeheten bronprofielen het (bronvermogen en de bronnelheid) gebaseerd op definities die zijn vastgelegd in doc.29 van de ECAC⁸. Als check van de representatie van de resultaten uit het rekenmodel worden de numerieke resultaten vergeleken met de meetgegevens. Voor de berekeningen gebruiken we het rekenmodel OTL⁹ en simuleren we een vliegroute als een serie statische puntbronnen. De gegevens per positie worden achter elkaar gezet, waarbij een Doppler-correctie wordt toegepast. Zo corrigeren we de data voor bewegingseffecten. Door een grid van ontvanger-posities te modelleren in het rekenmodel, kan een voorspelling worden gedaan van de LA_{max} -niveaus in de wijk voor verschillende routes en scenario's.

6 Voor de quickscan worden radargegevens gebruikt voor de Aalsmeerbaan uit 2018, aangevuld met informatie van Schiphol over de toekomstige vliegbewegingen van en naar de Aalsmeerbaan.

7 In het overgrote gedeelte van de gevallen zijn dit kleine of middelgrote vliegtuigen, zoals de Boeing 737 en de Airbus 320. Deze zijn verantwoordelijk voor zo'n 75 procent van alle vliegbewegingen (zie: <https://www.upinthesky.nl/2018/04/14/top-10-deze-toestellen-zie-je-het-vaakst-op-schiphol/>).

8 Voor dit onderzoek zijn dezelfde gegevens gebruikt als voor de analyses in de brochure *Stappenplan geluidsbewust bouwen rond Schiphol*. Het gaat hier om radargegevens uit 2018, die een representatief beeld van de vliegbewegingen rond Schiphol geven, voordat de corona-pandemie uitbrak.

9 OTL is een akoestisch rekenmodel gebaseerd op ray-tracing algoritme. Het model berekent eerst welke paden relevant zijn voor de verplaatsing van geluidsgolven tussen bron en ontvanger. Vervolgens berekent het model de geluidsdruk op de plek van een ontvanger door de toepassing van golfvergelijkingen en heuristische rekenregels.

Extreme geluidssituatie

Lastiger dan de gemiddelde geluidssituatie, is het berekenen van de geluidsniveaus tijdens zogenaamde ‘extreme’ situaties. Ideaal gesproken wordt elke vlucht afzonderlijk gesimuleerd, maar dit is tijdrovend en past daarmee niet binnen de scope van de quickscan. Een alternatief is om enkele extremen te berekenen, om vervolgens de resultaten te onderwerpen aan een sensitiviteitsanalyse. De vraag wat een extreme situatie is, laat zich echter niet eenvoudig beantwoorden. De meest nauwe definitie van een extreem scenario is de vliegtuigpassage die gedurende een specifieke periode het meeste geluid heeft geproduceerd. Dit roept de vraag op hoe representatief dit extreme scenario is en hoe erg het is als dat scenario zich af en toe voordoet. Moet een wijk worden gebouwd om ervoor te zorgen dat geluid nooit boven een bepaalde grenswaarde kan uitkomen? Of is het acceptabel wanneer er af en toe een vliegtuig overvliegt dat wél als hinderlijk wordt ervaren? Omdat hinder slechts deels het gevolg is van geluid, is het raadzaam om geluid en hinder niet volledig één op één te verbinden¹⁰.

Voor het opstellen van extreme scenario's is daarom niet gekozen voor het modelleren en analyseren van de meest luide vliegtuigpassage, maar voor het zogenaamde 95-procent-scenario. De definitie en totstandkoming van dit scenario wordt in hoofdstuk 3.3 toegelicht en onderbouwd, aan de hand van de meetgegevens uit de NOMOS-meetpost. Bij de dataset wordt gekeken naar de spreiding van de geluidsniveaus en de vliegbewegingen. In het kort betekent het 95 procent-scenario dat we voor extreme vliegposities letten op de spreiding van de dataset als het gaat om de vlieghoogte en afstand tot de wijk, en voor welke posities 95 procent van de datapunten tot een lagere geluidsbelasting zullen leiden. Dit voorkomt dat het extreme scenario op incidentele vliegtuigpassages in de dataset wordt gebaseerd. Vervolgens kunnen we met de gegevens wel indicatief aangeven hoe vaak deze passages voorkomen, zie hiervoor 3.3.2.

Berekeningen op wijkniveau

Uit de dataset met historische radargegevens¹¹ en analyse van toekomsttrends¹² kijken we naar gemiddelde, extremere scenario's, waarvoor de geluidsniveaus in Stommeer worden berekend. De berekeningen voeren we uit op wijkniveau met alleen rudimentaire gebouwen en landschapselementen. Dit omwille van de rekentijd. Aan de hand van de dataset kijken we vanaf welke gebieden in de wijk de invalshoek van het geluid doorgaans kleiner dan 45 graden is. Door de geluidsanalyse te combineren met de informatie over de invalshoek van het geluid, bepalen we de gebieden die zich in potentie lenen voor geluidsadaptief bouwen. Hierbij geldt als uitgangspunt niet alleen een invalshoek die kleiner is dan 45 graden, maar ook dat de piekniveaus voor de 95-situatie(s) lager zijn dan 80 dB(A). Dit wordt vervolgens weergegeven op een kaart van de wijk.

Berekeningen op straatniveau

Na de analyse op wijkschaal nemen we vier gebieden verder onder de loep. Binnen deze *zoom-ins* brengen we de geluidsniveaus in kaart rondom de huidige bebouwing. Op deze manier verifiëren we de conclusies uit de eerdere analyses op wijkschaal en schatten we in hoe groot de effecten van geluidsadaptief bouwen kunnen zijn.

Aan de hand van de uitkomsten van de analyses op straatniveau kiezen we één straat als casestudy om de ontwerpstrategieën uit te lichten. Hierbij richten we ons in de eerste plaats op maatregelen om geluidsniveaus te verlagen. Als aanvulling op de akoestische analyses kijken we ook naar de rol van maatregelen die mogelijk effect kunnen hebben op de beleving van vliegtuiggeluid.

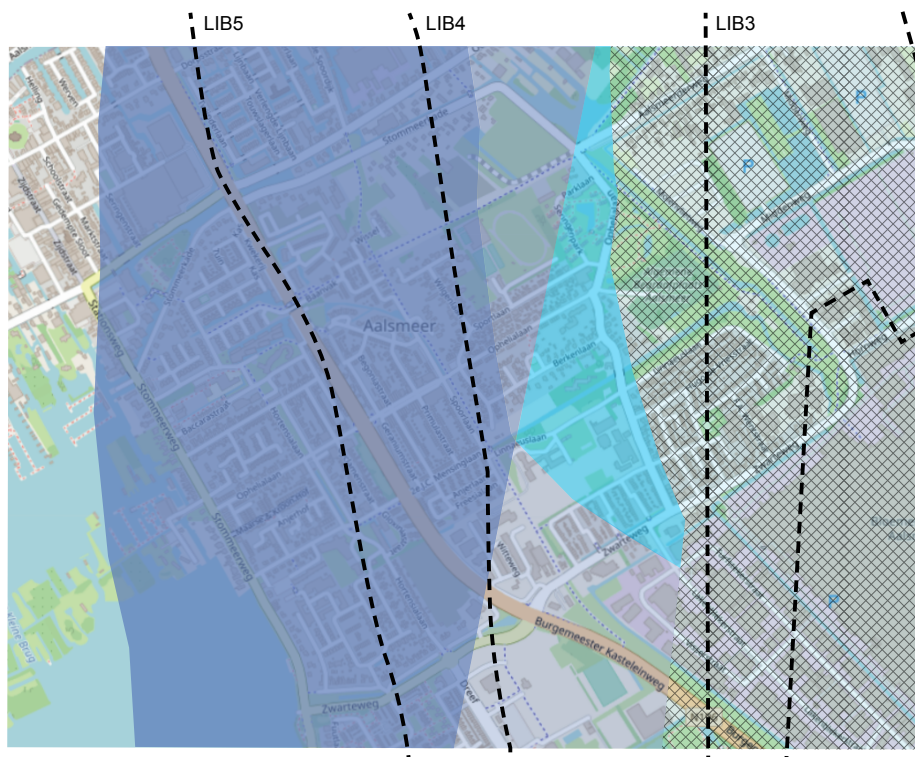
¹⁰ Dit wordt impliciet ook gedaan bij de dosis-effectrelaties. De dosis-effectrelaties kijken naar het gemiddelde geluidsniveau dat correspondeert met een (gemiddeld berekend) maximaal percentage respondenten dat aangeeft zich ernstig gehinderd te voelen door het (vliegtuig)geluid.

¹¹ Voor dit onderzoek zijn dezelfde gegevens gebruikt als voor de analyses in de brochure *Geluidsbewust ontwikkelen in de Schipholregio*. https://www.noord-holland.nl/Onderwerpen/Verkeer_vervoer/Luchtvaart/Geluidbewust_ontwikkelen. Het gaat hier om radargegevens uit 2018, die een representatief beeld van de vliegbewegingen rond Schiphol geven, voor het uitbreken van de corona-pandemie.

¹² Voor het bepalen van toekomstige ontwikkelingen die het vliegverkeer rond Stommeer kunnen beïnvloeden, zijn gesprekken gevoerd met medewerkers van Schiphol.

PRAKTISCHE TOEPASSING RESULTATEN, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

2.1 KANSENKAART GELUIDSADAPTIEF BOUWEN



Figuur 3 – Deze kaart toont waar in Stommeer gebouwen de geluidsbelasting van vliegverkeer voldoende kunnen beperken volgens de uitgangspunten voor geluidsadaptief bouwen. In de kansenkaart zijn ook de huidige contouren van het LIB weergegeven¹³.

- Zeer kansrijk: $L_{A,max,95-scenario} < 75dB(A) + GH < 45$ graden
- Kansrijk: $L_{A,max,95-scenario} < 80dB(A) + GH < 45$ graden
- Kansrijk, met veel bouwkundige eisen: $L_{A,max,95-scenario} < 75dB(A) + GH > 45$ graden Waarschijnlijk
- kansrijk, met veel bouwkundige eisen: $L_{A,max,95-scenario} < 80dB(A) + GH > 45$ graden Niet kansrijk
- alternatieve woonvormen denkbaar: $L_{A,max,95-scenario} > 80(A) + GH > 45$ graden

¹³ De wijk Stommeer ligt grotendeels in het gebied waarvoor regels zijn gesteld aan ruimtelijke ontwikkelingen vanwege de nabijheid van Schiphol. De stippellijnen op de kaart verwijzen naar de begrenzing van de verschillende beperkingengebieden van het Luchthavenindelingbesluit Schiphol.

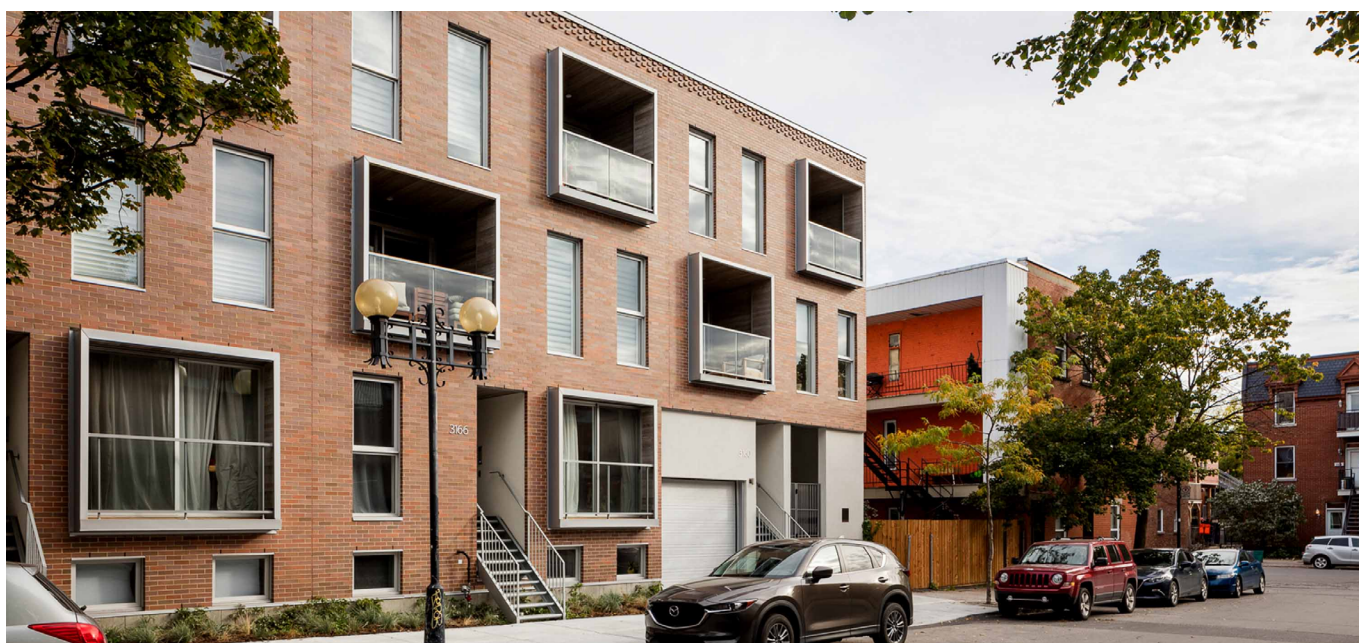
Figuur 3 toont de gebieden waar het geluidsadaptief bouwen van woningen kansrijk is. Op grond van de rekenmodellen veronderstellen we dat daar de maximale geluidsbelasting aan de geluidsluwe kant¹⁴ in 95 procent van de vliegtuigpassages (ruim) onder de 65 dB(A) blijft. Het algemene advies is om kamers waar geluid eerder als hinderlijk wordt ervaren (slaap- en studeervertrekken) aan de gebouwszijden met westelijke, of zuidwestelijke, oriëntatie te plaatsen. Hieronder volgt een korte omschrijving van de vijf categorieën die we in de kansenkaart onderscheiden. Voor alle blauwe, niet-gearceerde gebieden raden we aan om – als er ontwikkeld wordt – de mogelijkheden van geluidsadaptief bouwen te onderzoeken en mee te nemen in het ontwerpproces.

Zeer kansrijk

In dit gebied is het waarschijnlijk voldoende om de woningen loodrecht op de richting van het geluid te positioneren. Hierbij gaan we uit van normale rijtjeswoningen van drie bouwlagen en een plat of zadeldak¹⁵. Balkons en terrassen worden op het westen en zuidwesten georiënteerd. Het effect van extra ingrepen, zoals dakuitkragingen en schuine dakvlakken, kan worden benut, maar dat is op deze plekken geen *must*. Diepe privétuinen worden vermeden. Beter is een combinatie van niet al te diepe privétuinen en collectieve groenvoorzieningen. Tot slot is er extra aandacht voor de inrichting van de openbare ruimte (groen en water) waar de woningen op uit kijken.

Kansrijk

In dit gebied kunnen de vorm, oriëntatie en materialisatie van de gebouwen naar alle waarschijnlijkheid het vliegtuiggeluid nabij de geluidsluwe kant voldoende beperken. In tegenstelling tot de zeer kansrijke gebieden, zijn er wellicht extra bouwkundige inpassingen nodig; alleen de oriëntatie van de gebouwen is onvoldoende om het vliegtuiggeluid onder de norm te brengen. Denk bijvoorbeeld aan inpandige balkons, uitkragingen of schuine dakoppervlakken. Dit zal per project moeten worden bekeken. Voor de duidelijkheid: een project bestaat uit meerdere woningen en heeft eerder betrekking op een straat en een bouwplan, dan op losse woningen. Dit is ook nodig, omdat er minimaal vijf (aaneengesloten) woningen nodig zijn om de bebouwing als geluidsbarrière in te zetten (zie ook Figuur 2).



Figuur 4 – Project 'Le Jardinier' in Montreal door Adhoc Architects – voorbeeld van inpandige balkons, uitkraging en collectieve tuinen.

Kansrijk, met veel bouwkundige eisen

Voor dit gebied gelden dezelfde adviezen als voor kansrijke gebieden. Het gebied voldoet echter niet voor alle vliegroutes aan de twee uitgangspunten voor geluidsadaptief bouwen. Bij startende vliegtuigen die via een recht pad opstijgen vanaf de Aalsmeerbaan (route 4 in Figuur 1) voorkomt geluidsadaptief bouwen niet dat de geluidsnorm (95 procent < 65 dB(A)) wordt overschreden. Zoals beschreven in 1.1.2, zijn de uitgangspunten nuttig om een globale indicatie te geven wanneer bebouwing vliegtuiggeluid voldoende beperkt. Bij route 4 is de geluidsinvalshoek groter dan 45 graden. Omdat de maximale geluidsniveaus voor de 95 procent-scenario's lager zijn dan 75dB(A), compenseert dat waarschijnlijk de grotere invalshoek van het geluid. Daar past bovendien nog de opmerking bij dat slechts een zeer klein percentage vliegtuigen via route 4 het luchtruim kiest.

¹⁴ In Stommeer: gevels georiënteerd op het westen of zuidwesten.

¹⁵ Een zadelpuntdak wordt ook wel 'puntdak' genoemd. Het is het meest voorkomende daktype voor woningen in Nederland.

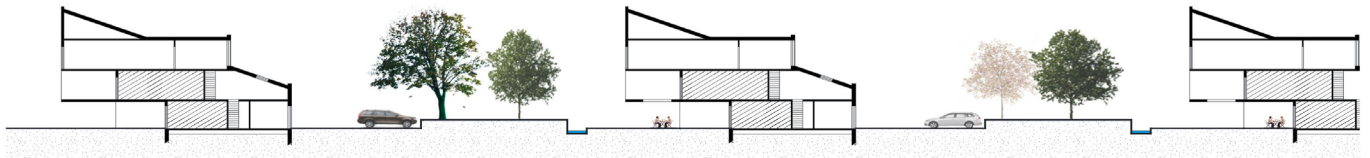
Waarschijnlijk kansrijk, met veel bouwkundige eisen

Voor dit gebied gelden dezelfde adviezen als voor de kansrijke gebieden. Het gebied voldoet echter niet voor alle vliegroutes aan de twee uitgangspunten voor geluidsadaptief bouwen. Bij startende vliegtuigen die via een recht pad opstijgen vanaf de Aalsmeerbaan (route 4 in Figuur 1) kan geluidsadaptief bouwen niet voorkomen dat de geluidsnorm (95 procent < 65 dB(A)) wordt overschreden (route 4 in Figuur 1). Zoals beschreven onder 1.1.2, zijn de uitgangspunten nuttig om globaal in te schatten wanneer bebouwing het vliegtuiggeluid voldoende beperkt. Bij route vier is de geluidsinvalshoek groter dan 45 graden, daarmee voldoet dit gebied niet aan een van de uitgangspunten (een geluidsinvalshoek die kleiner is dan 45 graden). Daar past echter wel de opmerking bij dat slechts een zeer klein percentage vliegtuigen via route 4 het luchtruim kiest.

Anders dan bij de bovenstaande categorie zijn de maximale geluidsniveaus hier hoger, zij het nog steeds lager dan 80 dB(A). Om de geluidsniveaus voldoende te beperken, is het waarschijnlijk nodig om (flinke) uitkragingen aan te brengen, zodat terrassen en buitenruimten voldoende worden afgeschermd als er via route 4 wordt opgestegen.

In het algemeen raden we aan om in dit gebied de buitenruimten inpandig te maken of deels onder een luifel van het gebouw.

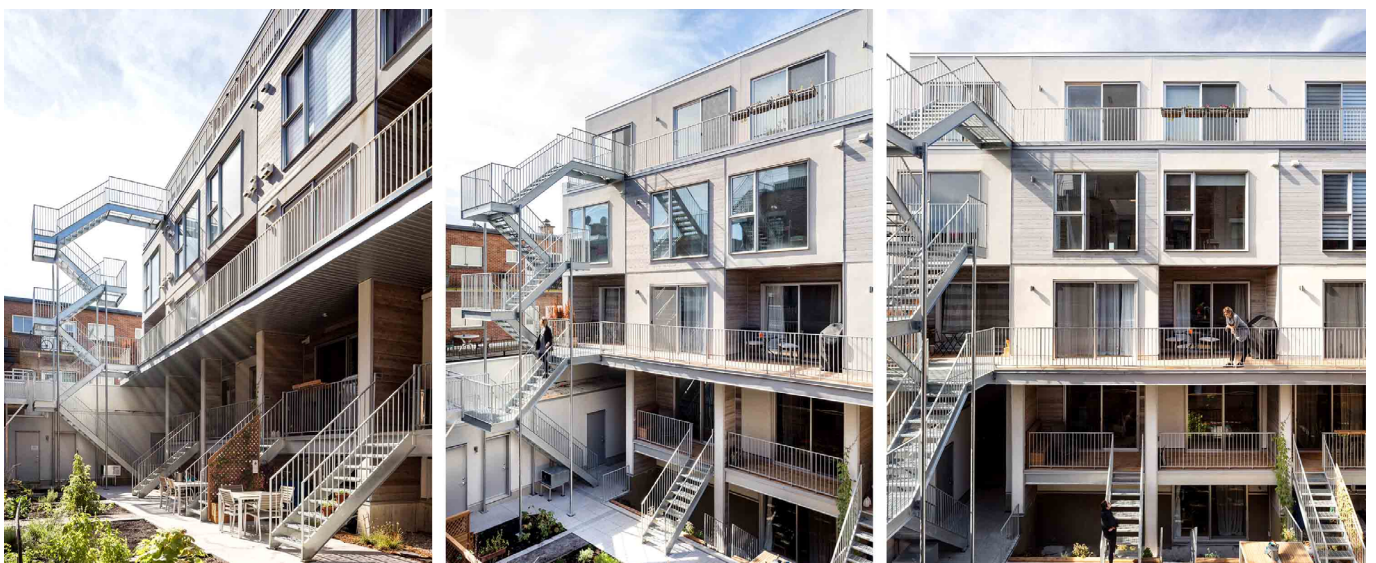
In dit gebied is dus veel creativiteit nodig bij het ontwerpen van gebouwen, straten, groen en openbare ruimten. Het is zaak de verschillende opties met rekenmodellen verder te onderzoeken. Zoals eerder aangegeven, bestaat een project binnen de afbakening van dit onderzoek altijd uit minimaal vijf woningen (zie bijvoorbeeld Figuur 2). Voor de specifieke bouwkundige eisen en verdere specificering van de kansen, vindt momenteel aanvullend onderzoek naar geluidsadaptief bouwen plaats aan de TU Delft¹⁶. De eerste uitkomsten die relevant zijn voor dit gebied worden medio 2022 verwacht.



Figuur 5 – Voorbeeld van bebouwing met uitkragingen, schuine dakoppervlakken en terrassen onder de uitkraging. Tuinen en groen tussen de woningen zijn collectief. Zie voor meer informatie het stappenplan Geluidsbewust ontwikkelen in de Schipholregio van de Provincie Noord-Holland.

Niet kansrijk

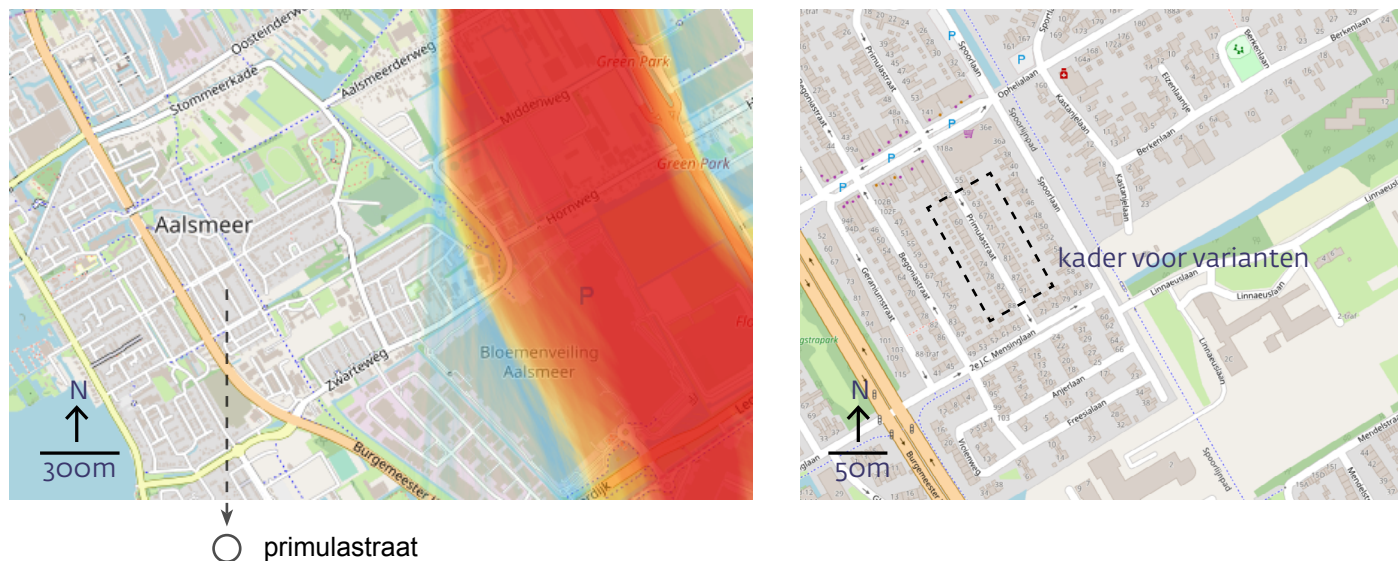
Dit gebied voldoet niet aan de beide uitgangspunten voor geluidsadaptief bouwen. Onze inschatting is dat het niet zal lukken om hier een voldoende afschermdende werking te realiseren om de maximale geluidsniveaus (ruim) onder de 65 dB(A) te brengen. We verwachten dat in dit gebied de geluidsniveaus buitenshuis tot een grotere kans op geluidshinder leiden. Met voldoende gevelisolatie en sterk isolerend glas is het wel mogelijk om de geluidsniveaus binnen de woningen te laten voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit. Daarnaast kan onderzocht worden of inpandige balkons haalbaar zijn, zodat er toch (te openen) buitenruimten bij woningen zijn. Kortom, de mogelijkheden om via geluidsadaptief bouwen geluidsvermindering te bereiken, zijn beperkt.



Figuur 6 – Voorbeeld van afsluitbaar inpandig balkon.

16 Dit wordt onder meer gebruikt om te onderzoeken welke invloed de gebouwworm en de invalshoek van geluid hebben op de demping van vliegtuiggeluid.

2.2 STRATEGIEËN GELUIDSADAPTIEF BOUWEN – CASESTUDY PRIMULA STRAAT

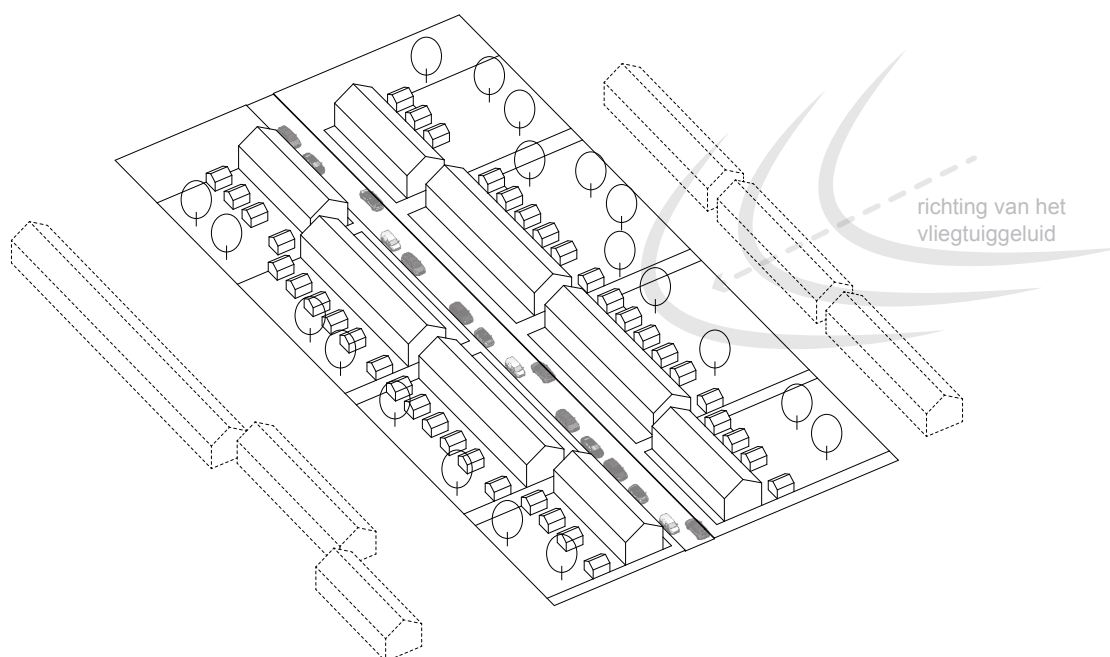


Figuur 7 – Locatie van de Primulastraat en de paden van opstijgende vliegtuigen in 2018.

Om een indruk te krijgen van de toepassing van geluidsadaptief bouwen voor bestaande wijken, maakten we drie variaties op de huidige inrichting van de Primulastraat. De Primulastraat is een van de straten waarvoor de geluidsniveaus zijn berekend, zie hoofdstuk 3.4. De berekeningen laten zien dat de bebouwing het geluid nu al voldoende afschermt, maar dat de positie van tuinen, balkons en geluidsgevoelige ruimten niet altijd even gunstig is. De geluidskarten in hoofdstuk 3.1 maken duidelijk dat er in de Primulastraat vooral sprake is van vliegtuiggeluid, zeker na de aanpassingen aan de oude N196. Daarom hebben we alleen daarmee rekening gehouden.

De Primulastraat kent een typische herstructureringsopgave, waarbij de huidige bebouwing de basis vormt. De varianten op de Primulastraat variëren van aanpassingen aan de bestaande bebouwing tot sloop en (gedeeltelijke) nieuwbouw. Deze varianten lichten we in de volgende paragrafen toe.

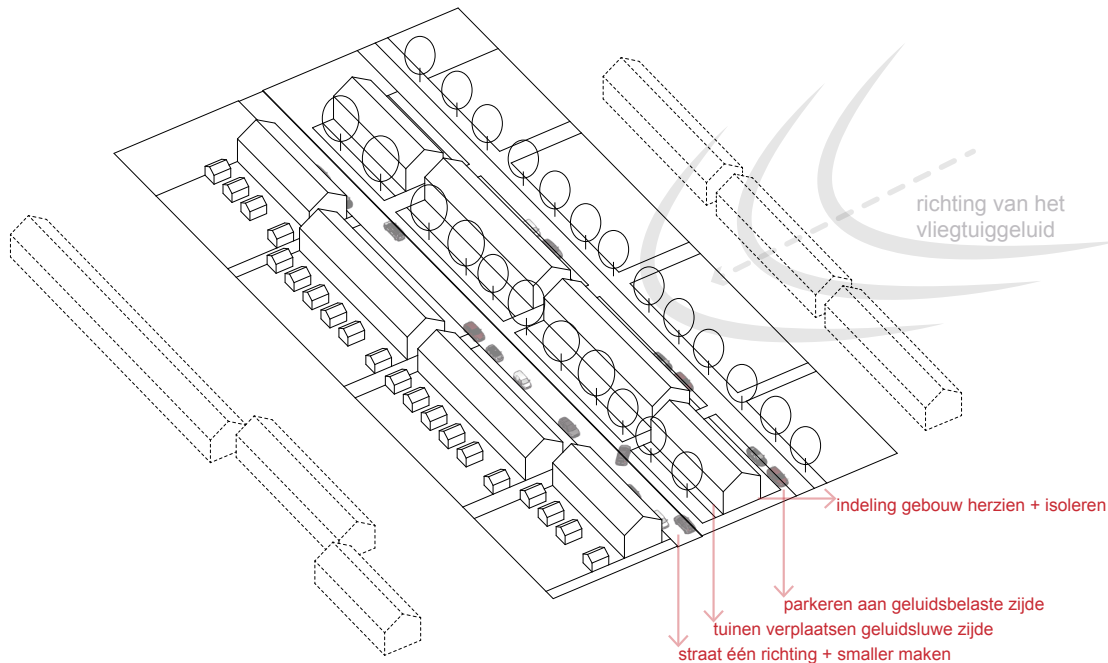
2.2.1 Huidige inrichting Primulastraat



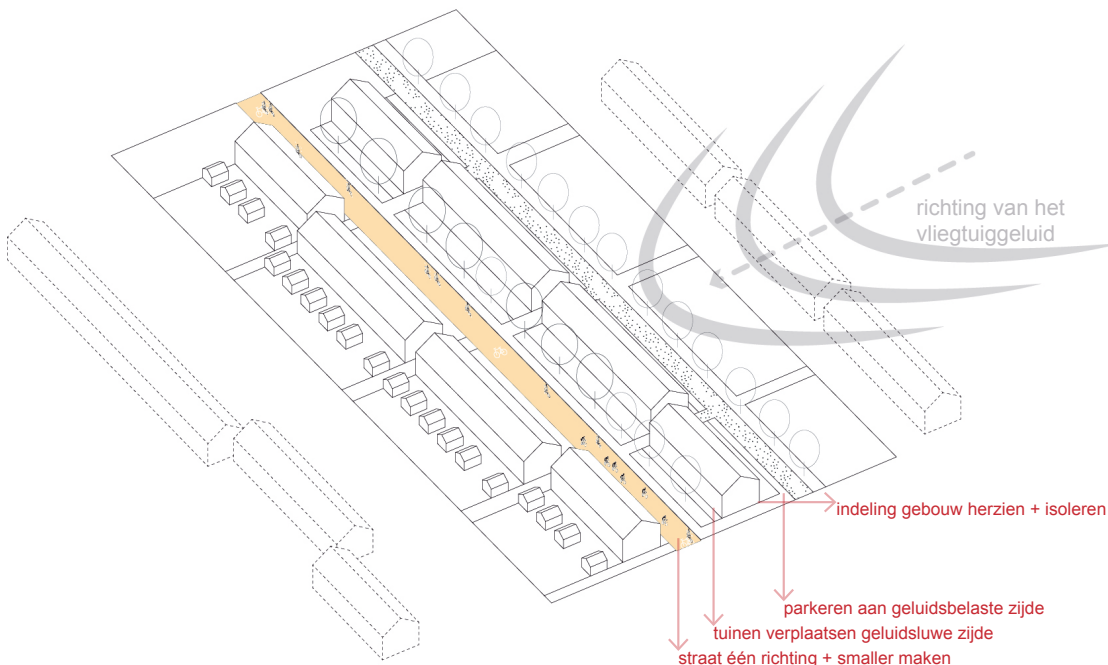
Figuur 8 – Ruimtelijke dwarsdoorsnede van de huidige Primulastraat.

Bij de bouw is destijds geen rekening gehouden met vliegtuiggeluid. Dat zie je aan de indeling van de bebouwing en aan de tuinen en terrassen. Maar de straat en de bebouwing zijn al wel parallel aan de vliegrichting georiënteerd. Een belangrijk ontwerp principe vanuit geluidsadaptief bouwen. Hier kunnen we dus op voortbouwen, dat maakt het verbeteren van de geluidsomgeving relatief eenvoudig.

2.2.2 Variant 1 – minimale ingrepen



Figuur 9 – Ruimtelijke uitwerking en ingrepen voor variant 1, voorbeeld met een ventweg.



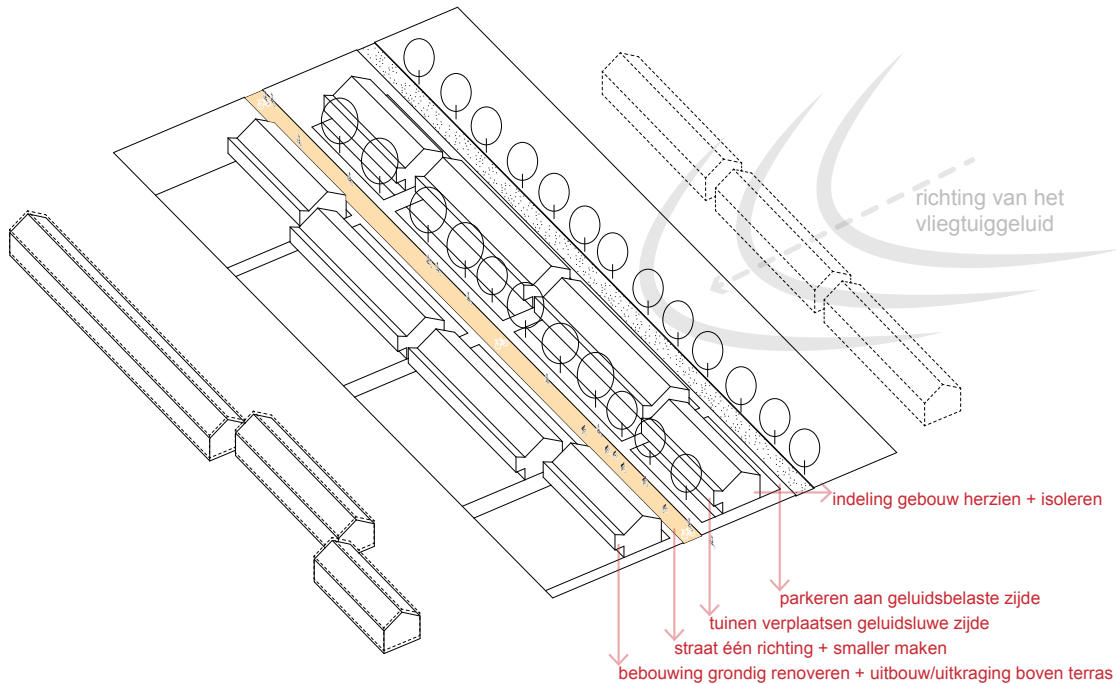
Figuur 10 – Ruimtelijke uitwerking en ingrepen voor variant 1, voorbeeld met een fietsstraat en een extra groenstrook.

Figuur 9 toont de eerste variant, waarbij de inrichting van de straat minimaal wordt aangepast:

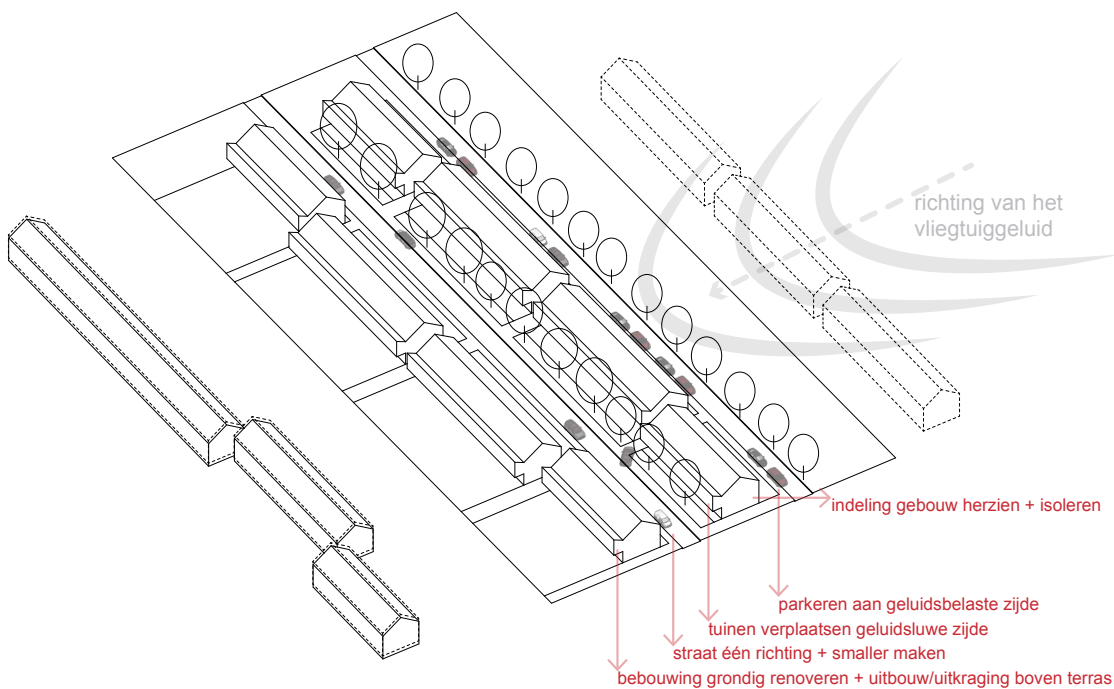
- De woningen aan de rechterzijde van de straat krijgen tuinen/een private buitenruimte aan de straatzijde. Zo komt er ook meer zon in de tuinen.

- De straat wordt smaller, waardoor er ruimte ontstaat voor tuinen en/of groenstroken aan de rechterzijde. Eventueel kunnen er extra parkeerplekken aan de zijde komen die belast wordt door vliegtuiggeluid. Het alternatief bestaat uit een autoluwe straat, bijvoorbeeld ingericht voor fietsers.
- De woningen worden geïsoleerd - en als het nodig blijkt - komen de slaapvertrekken aan de zuidelijke gevel. Deze maatregel nemen we ook bij de woningen aan de linkerzijde van de straat.
- Er komen meer bomen. Ze hebben een gunstig effect op de beleving van de omgeving en het geluid. Daarnaast zorgen de bomen voor extra beschutting en verdamping, en kunnen zo een afkoelend effect hebben op warme dagen.

2.2.3 Variant 2 – stevig verbouwen



Figuur 11 – Ruimtelijke uitwerking en ingrepen voor variant 2, voorbeeld met een ventweg.

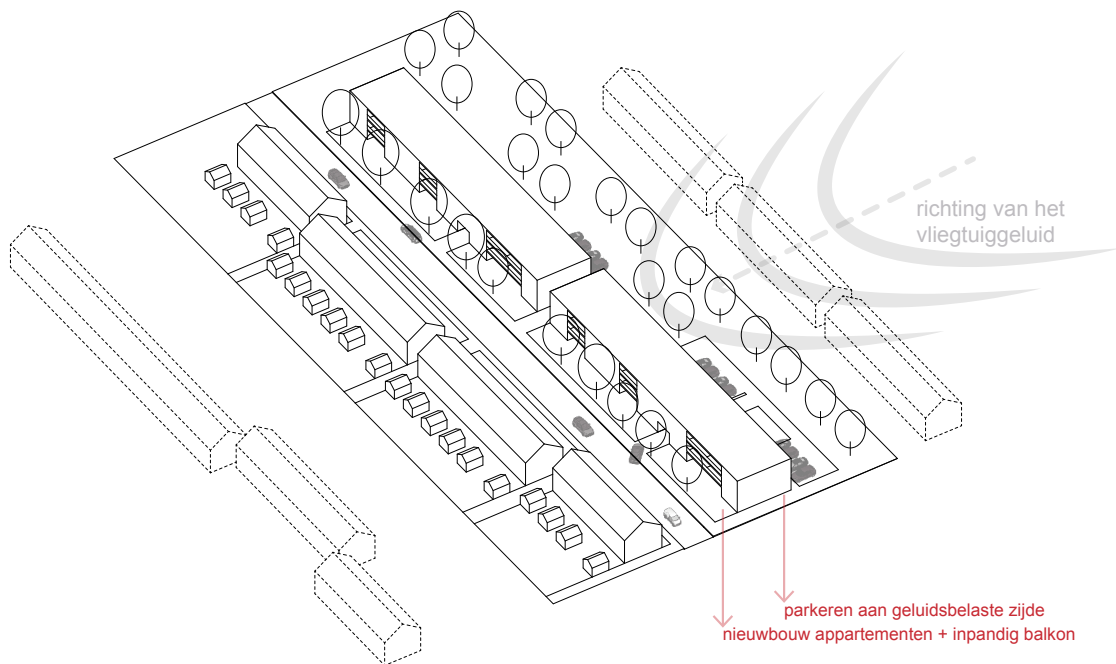


Figuur 12 – Ruimtelijke uitwerking en ingrepen voor variant 2, voorbeeld met een fietsstraat en extra groenstrook.

Figuur 11 toont de tweede variant, waarbij de inrichting van de straat en de bebouwing worden aangepast:

- De woningen aan de rechterzijde van de straat krijgen tuinen/een private buitenruimte aan de straatzijde. Zo komt er ook meer zon in de tuinen.
- De straat wordt smaller, waardoor er ruimte ontstaat voor tuinen en/of groenstroken aan de rechterzijde. Eventueel kunnen er extra parkeerplekken aan de geluidsbelaste zijde van de bebouwing. Het alternatief bestaat uit een autoluwe straat, bijvoorbeeld ingericht voor fietsers.
- De woningen worden geïsoleerd en als het nodig blijkt – komen de slaapvertrekken aan de zuidelijke gevel. Deze maatregel nemen we ook bij de woningen aan de linkerzijde van de straat.
- De woningen krijgen extra ruimten aan de zuidzijde. Hierdoor ontstaan uitkragingen boven terrassen (zie ook Figuur 5 als voorbeeld van een combinatie tussen terrassen/uitkragingen).
- Er komen meer bomen. Ze hebben een gunstig effect op de beleving van de omgeving en het geluid. Daarnaast zorgen de bomen voor extra beschutting en verdamping, en kunnen zo een afkoelend effect hebben op warme dagen.

2.2.4 Variant 3 – gedeeltelijke sloop en nieuwbouw



Figuur 13 – Ruimtelijke uitwerking en ingrepen voor variant 3.

Bij de derde variant passen we de inrichting van de straat aan en de bebouwing. Een deel wordt gesloopt en herbouwd:

- De woningen aan de rechterzijde van de straat maken plaats voor appartementen. De balkons en terrassen zijn inpandig en op het zuiden gericht. Ontsluiting van de appartementen en parkeren gebeurt aan de geluidsbelaste zijde die ook op het noorden georiënteerd is. Slaapkamers liggen eveneens aan de zuidzijde van de appartementen.
- De woningen worden geïsoleerd en als het nodig blijkt komen de slaapvertrekken aan de zuidelijke gevel.
- Er komen meer bomen. Ze hebben een gunstig effect op de beleving van de omgeving en het geluid. Daarnaast zorgen de bomen voor extra beschutting en verdamping, en kunnen zo een afkoelend effect hebben op warme dagen.

2.3 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op basis van de analyses van de quickscan trekken we de volgende conclusies:

- De maximale geluidsniveaus tijdens vliegtuigpassages liggen in het grootste gedeelte van Stommeer ruim onder de 80 dB(A). Het gebied waarvoor dit geldt, neemt naar verwachting de komende twee decennia toe. Vliegtuigen worden stiller door technologische innovatie en vlootvernieuwing. Het geluid tijdens vliegtuigpassages neemt daardoor af. Aanpassingen in het luchtruim zullen waarschijnlijk weinig effect hebben op de ligging van de routes langs de wijk, zodat het onwaarschijnlijk is dat er zich ten opzichte van onze analyse grote veranderingen voordoen.
- Naast het geluid van vliegverkeer heeft de wijk voornamelijk te maken met geluid van wegen. Dit weggeluid is afgenomen, doordat de N196 een gewone 50 km-weg is geworden. Het weggeluid is hierdoor alleen nog goed hoorbaar aan de randen van de wijk. Het noordelijk gedeelte van de wijk ligt in een zone voor industriegeluid. In dit gebied is nader onderzoek nodig, zodat duidelijk wordt onder welke omstandigheden er sprake is van industriegeluid. Dit geluid kan namelijk zowel afkomstig zijn van Schiphol, als van scheepswerven of logistieke functies in dit gebied. Afhankelijk van de locatie kan proefdraaigeluid van Schiphol-Oost hoorbaar zijn. De kans hierop is echter klein; de wind komt meestal uit het zuidwesten, terwijl het geluid van het proefdraaien uit het oosten komt.
- De invalshoek van het vliegtuiggeluid is voor het grootste deel van de wijk kleiner dan 45 graden, wat gunstig is voor de barrièrewerking van gebouwen. De resultaten laten zien dat voor een groter deel van de wijk de invalshoek gemiddeld groter dan 45 graden is, wanneer opstijgende vliegtuigtuigen recht langs de wijk vliegen (route 4). Deze route wordt echter zeer incidenteel gebruikt (in minder dan 1 procent van alle vluchten). Om die reden adviseren we om deze bevinding niet maatgevend te laten zijn. Zie ook hoofdstuk 3 voor een nadere beargumentering.
- De analyses op straatniveau laten zien dat de afschermdende werking van de huidige bebouwing vaak al voldoende is om de uitgangspunten voor geluidsadaptief bouwen te halen. We adviseren om voor het lichtblauwe gebied in Figuur 3 per bouwlocatie te bekijken of uitkragingen, hellende dakvlakken en poreuze gevelmaterialen nodig zijn.
- De voorgestelde rekenmethodiek, waarbij gewerkt is met scenario's, leidt waarschijnlijk niet tot grote afwijkingen ten opzichte van de meetresultaten. Het rekenmodel kan op een aantal vlakken niettemin verbeterd worden, lees hiervoor de aanbevelingen in hoofdstuk 3.6. Voor de onderzoeksvragen en doelstellingen van de quickscan is het model goed inzetbaar.



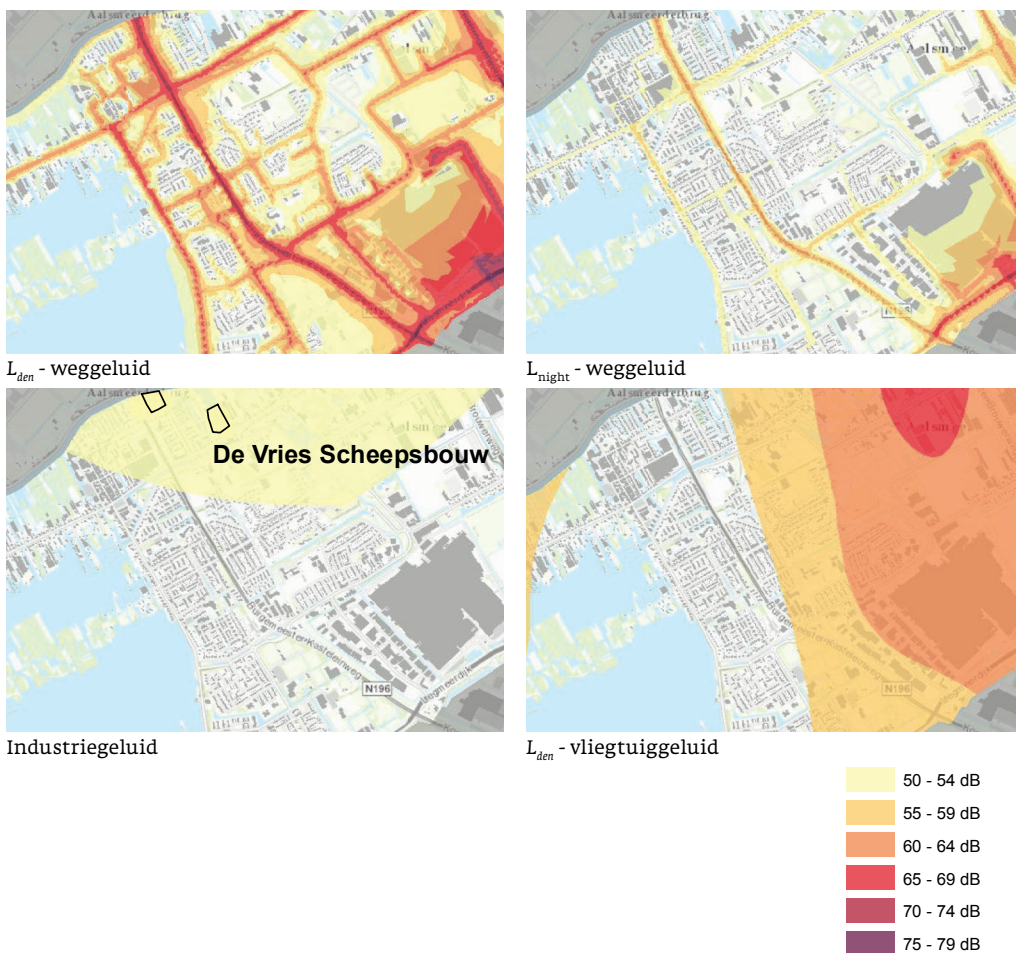
RESULTATEN ONDERZOEK

Het onderzoek naar vliegtuiggeluid in de Stommeer richtte zich op vier thema's en schalen:

- 1) Gegevens over het (berekende) omgevingsgeluid in de wijk.
- 2) Gegevens over de maximale geluidsniveaus uit geluidsmetingen.
- 3) Berekeningen voor het bepalen van de maximale geluidsniveaus.
- 4) Vliegpaden en de invalshoek van het vliegtuiggeluid.

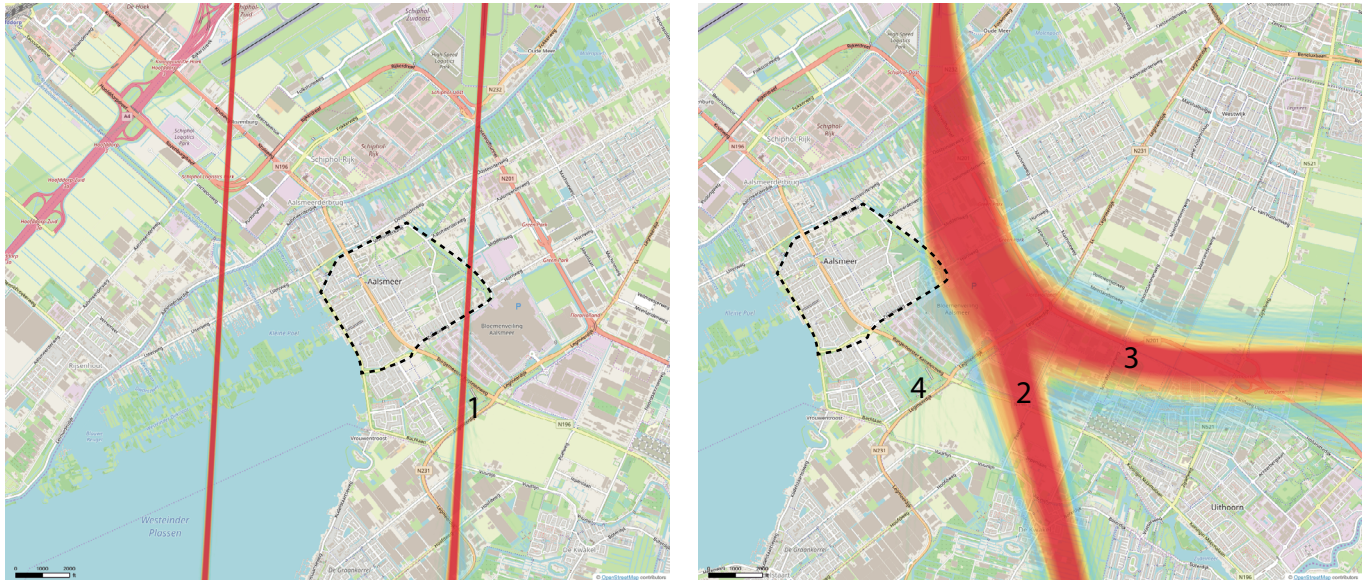
Per thema bespreken we de bevindingen.

3.1 OMGEVINGSGELUID IN STOMMEER



Figuur 13 – Omgevingsgeluid in Stommeer in vier kaarten, afkomstig uit rekenmodellen voor de gemeente Aalsmeer en opgesteld door Royal HaskoningDHV.

3.1.1 Vliegbewegingen rondom Stommeer



Figuur 14 – Gegevens van vliegbewegingen naar (links) en (rechts) van de Aalsmeerbaan in 2018. Hoe roder het gebied, hoe hoger de concentratie aan vliegverkeer boven de locatie. Grofweg kunnen we vier routes onderscheiden: 1 – landingen, 2 – starts, 3 – starts, 4 – starts.

Stommeer staat bloot aan geluid van verschillende vliegroutes die rond de wijk liggen. De routes worden gebruikt voor zowel landende als opstijgende vliegtuigen, zie voor de routes Figuur 1. In 2019 ging het om ruim 62.000 starts en 30.000 landingen, zo blijkt uit cijfers van NOMOS¹⁷. Analyse van historische radargegevens wijst uit dat twee derde van de opstijgende vliegtuigen via route 3 vliegt en grofweg een derde via route 2. Slechts in incidentele gevallen stijgen vliegtuigen op via route 4. Voor landingen is de spreiding klein en volgt het vliegverkeer route 1 om naar de Aalsmeerbaan te navigeren.

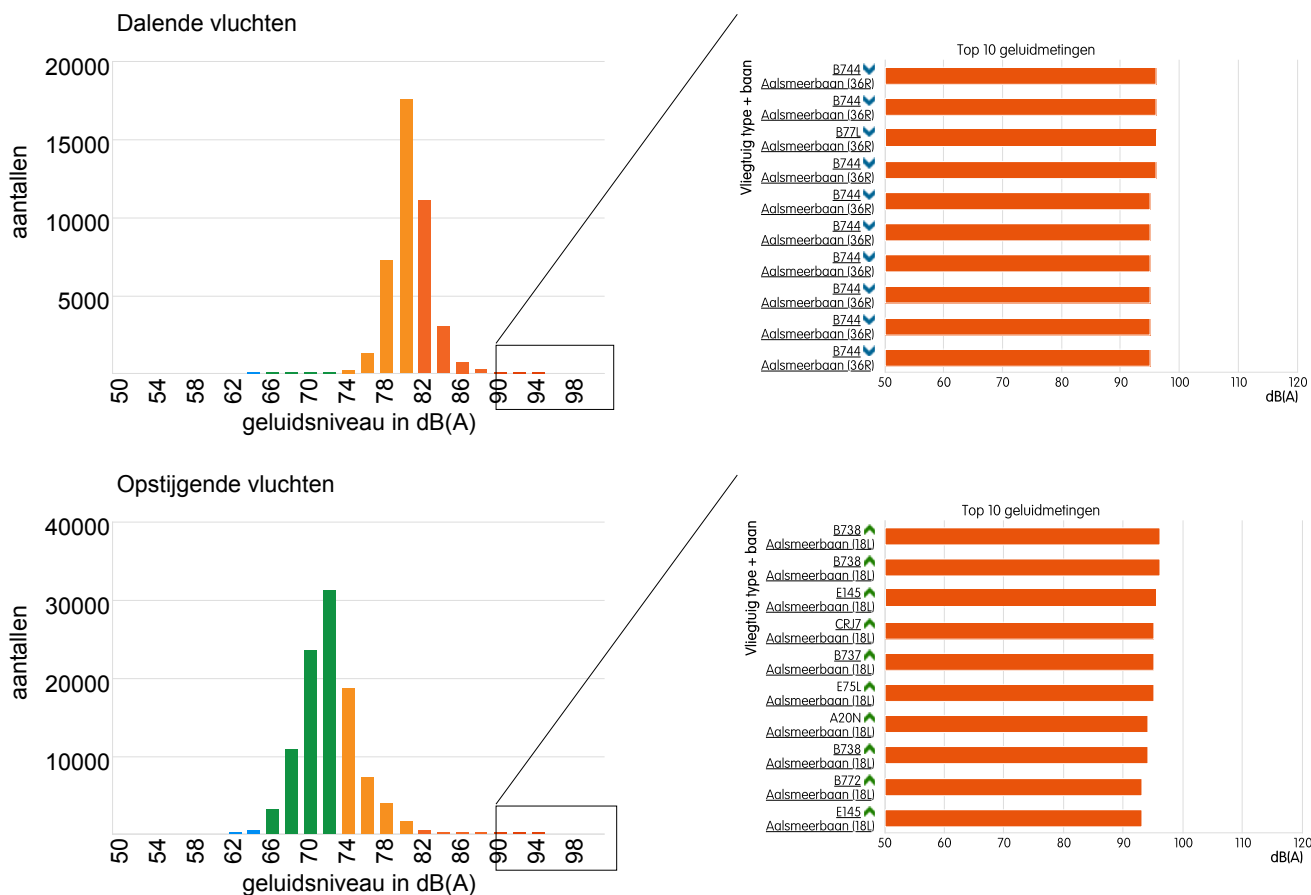
Naast vliegtuiggeluid heeft Stommeer te maken met geluid van wegverkeer en industrie die vooral ten noorden van de wijk is gevestigd (zie Figuur 14). Het industriegeluid komt waarschijnlijk van luchtvaartgerelateerde activiteiten op Schiphol (zoals proefdraaien) en enkele scheepswerven in Aalsmeer. Er is een aanvullende analyse voor nodig om dit met zekerheid vast te stellen. De N196 is veranderd van een 80 km-weg naar een reguliere 50 km-weg. Hierdoor geven de geluidskaarten een vertekend beeld en zijn de geluidsniveaus voor het wegverkeer in het midden van de wijk te hoog weergegeven, zie Figuur 14. Bij de eerstvolgende herziening van de geluidskaarten worden deze effecten zichtbaar: de hoge belastingen van wegverkeer zullen dan alleen nog aan de rand van de wijk aan de orde zijn.

3.2 METINGEN

Twee meetposten in de Blaauwstraat meten continu het vliegtuiggeluid in Stommeer. Ze worden beheerd door Sensornet en NOMOS. De meetposten geven een fijnmazig beeld van de spreiding van de geluidsniveaus tijdens vliegtuigpassages. Aanvullend op deze metingen voerde SoundAppraisal metingen uit in de wijk. Deze waren van korte duur (een week per locatie). De data gebruikten we vooral om een beter beeld te krijgen van de geluidsomgeving. De metingen laten daarnaast zien wat de maximale geluidsniveaus voor vliegtuigpassages op verschillende plekken in de wijk zijn. Soundscape gebruikte de data van SoundAppraisal om de spreiding in maximale geluidsniveaus voor de verschillende meetlocaties te berekenen. De resultaten voor de drie meetsystemen (NOMOS, Sensornet en SoundAppraisal) volgen hierna.

17 Het Noise Monitoring System, kortweg NOMOS, is het geluidmeetsysteem van Amsterdam Airport Schiphol. NOMOS meet het vliegtuiggeluid in woongebieden rondom de luchthaven.

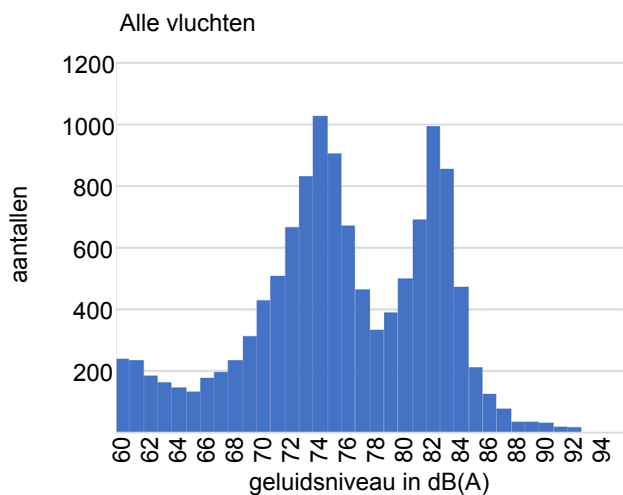
3.2.1 NOMOS



Figuur 15 – Maximale geluidsniveaus gemeten tussen november 2018 en december 2019 door NOMOS aan de Blaauwstraat.

Figuur 15 toont de meetgegevens voor NOMOS-metpost 10, waarbij onderscheid is gemaakt tussen landende en opstijgende vliegtuigen. Vanwege de Covid-pandemie, hebben we de gegevens voor het jaar 2018-2019 geanalyseerd. De resultaten laten duidelijk zien dat landend verkeer tot de hoogste geluidsniveaus leidt. Dat lijkt opmerkelijk, maar dat komt door de relatief lage vlieghoogte bij landingen en doordat de horizontale afstand tussen de geluidmeters en de vliegtuigen bij landingen doorgaans kleiner is dan bij opstijgende vliegtuigen. De luidste vliegtuigpassages worden veroorzaakt door toestellen van het type Boeing 737-800 (aangeduid als 738) en Boeing 747-400 (aangeduid als 744), bij respectievelijk starts en landingen (zie rechtergrafieken in Figuur 15).

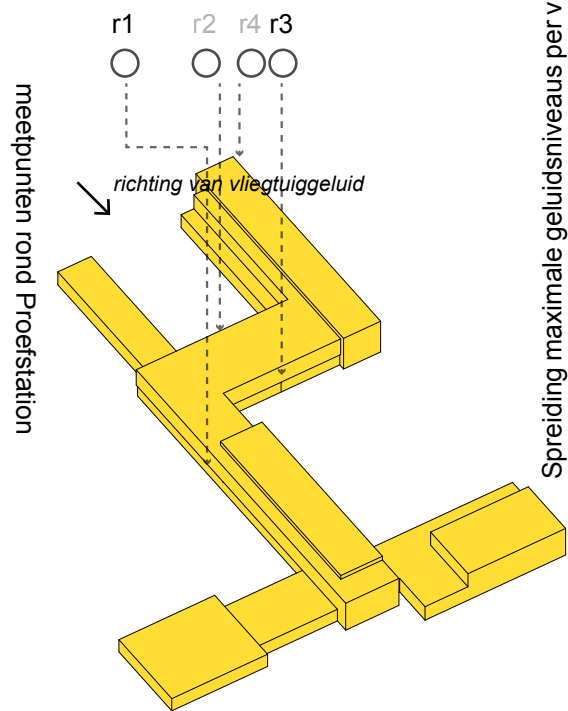
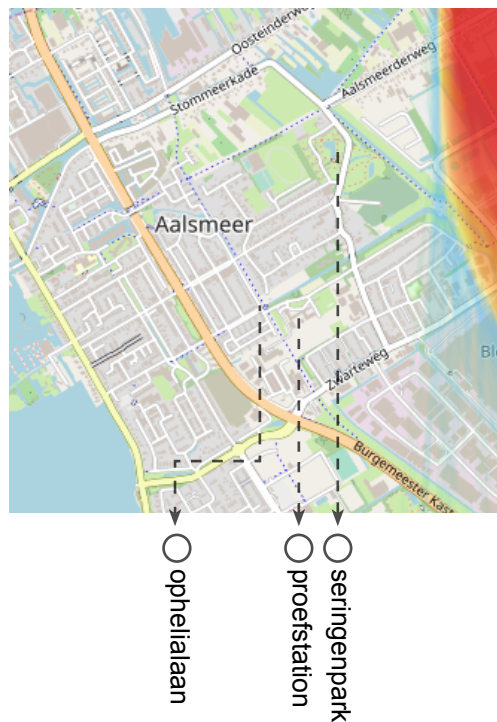
3.2.2 Sensornet



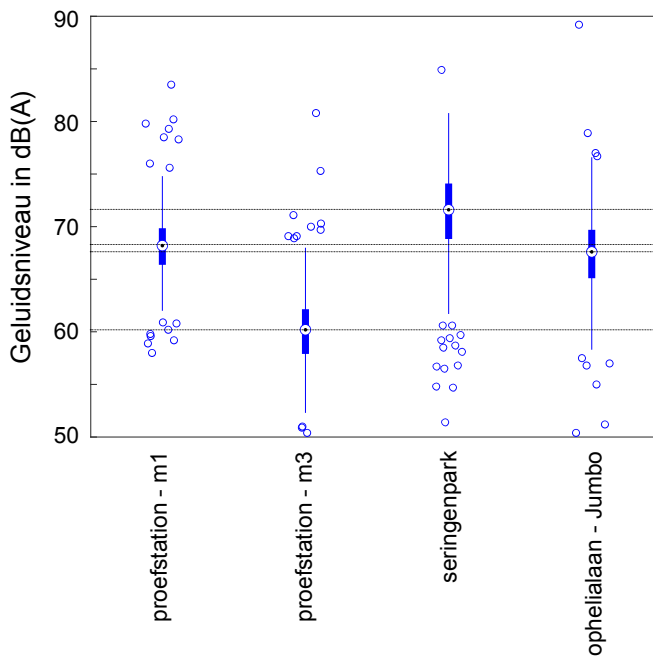
Figuur 16 – Maximale geluidsniveaus gemeten tussen december 2019 en december 2020 door Sensornet aan de Blaauwstraat.

Figuur 16 toont de gegevens uit Sensornet voor het afgelopen jaar (aangezien het niet mogelijk was om de gegevens van eerdere jaren uit te lezen). Anders dan NOMOD koppelt Sensornet de passages niet aan de banen en maakt het geen onderscheid tussen bijvoorbeeld landende of opstijgende vliegtuigen, of de routes die de vliegtuigen vliegen. De meetgegevens laten duidelijk twee pieken zien, die corresponderen met de NOMOS-metingen in Figuur 15. Daaruit leiden we af dat ze worden veroorzaakt door respectievelijk opstijgende en landende vliegtuigen.

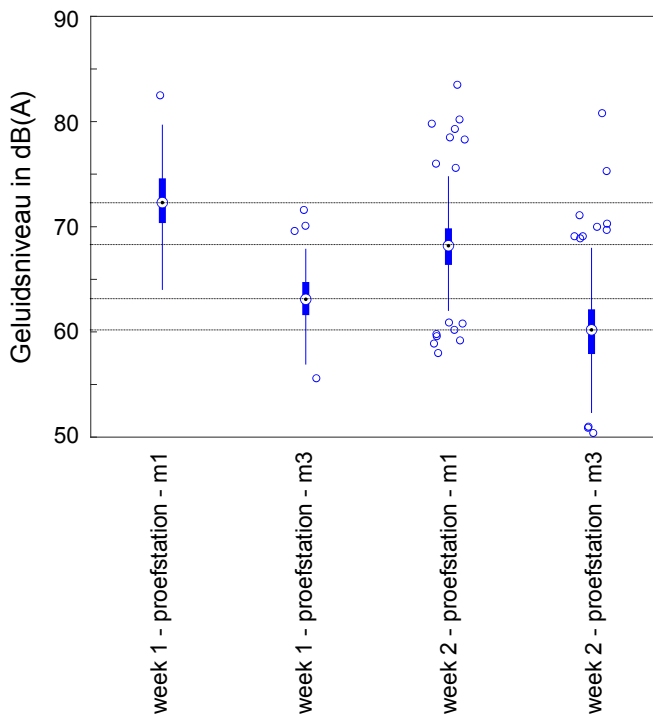
3.2.3 SoundAppraisal



Spreading maximale geluidsniveaus per vlucht



Spreading maximale geluidsniveaus per vlucht



Figuur 17 – Meetgegevens van Sound Apraisal voor week 44 (aangeduid als ‘week 1’) en week 45 (aangeduid als ‘week 2’). De bovenste grafiek aan de rechterzijde laat de gegevens voor week 2 zien, voor vier meetposities. De onderste grafiek toont de gegevens van week 44 en 45 samen voor twee meetpunten rond het Proefstation. In totaal werden er tussen de 132 en 180 vluchten gemeten op de verschillende locaties¹⁸.

18 Het aantal metingen verschilde per week en per positie. Dit kwam mede doordat de meetapparatuur bij het Seringenpark halverwege week 2 werd ontvreemd.

De grafieken tonen een groot verschil tussen positie 1 en 3 bij het Proefstation. Dat komt door de afscherming van het gebouw. De grafieken laten ook een verschil zien van ruim 4 dB(A) tussen de positie in het Seringenpark en de Ophelialaan. Hieruit kunnen we afleiden wat de gemiddelde afname per meter is. Dit is van belang als benchmark voor de rekenmodellen in de volgende hoofdstukken. De grafieken laten ook een verschil in geluidsniveaus tussen de twee meetweken zien. Week 44 was onstuimig met harde wind, terwijl week 45 een rustig weertype kende zonder al te veel wind en veel zon (bewolking kan invloed hebben op het geluid). Dit kan het verschil van 3 à 4 dB(A) verklaren tussen beide weken, al is het aantal vluchten te laag om hier harde uitspraken over te doen. In beide weken was er voornamelijk sprake van opstijgende vluchten vanaf de Kaagbaan, via route 3.

3.3 BEREKENINGEN VLIEGTUIGGELUID - WIJKNIVEAU

De niveaus van vliegtuiggeluid zijn op een willekeurige locatie in de Stommeer niet altijd hetzelfde. Ze hangen onder andere af van de vliegroute, het vliegtuigtype, het laadgewicht, piloot-instellingen¹⁹ en het weer. Dit betekent dat de geluidsniveaus zich via een normaalverdeling om een gemiddelde groeperen. Dit is duidelijk zichtbaar in de NOMOS-data zoals weergegeven in Figuur 15. De spreiding van de (te verwachten) geluidsniveaus konden we niet berekenen. Dat is een tijdrovend proces, en vraagt om een model waar alle vluchtgegevens vooraf bekend zijn. Binnen het tijdsbestek van dit project was dat niet haalbaar.

3.3.1 Rekenen met scenario's

Als alternatief kunnen we de resultaten voor verschillende scenario's analyseren. Het meest voor de hand liggende scenario is daarbij het gemiddelde. Het gemiddelde geluidsniveau kunnen we bepalen door uit te gaan van de gemiddelde vliegroutes en het gemiddelde vliegtuigtype, in het geval van Schiphol is dat de B737. De gemiddelde vliegroute kunnen we afleiden uit de (geaggregeerde) radardata. Dit zal echter in pakweg de helft van de geluidsniveaus hoger zijn dan het gemiddelde. Hierdoor is het gemiddelde niet automatisch bruikbaar om te bepalen in hoeverre geluidsadaptief bouwen de geluidsniveaus rond en tussen gebouwen voldoende beperkt. Laat staan of dat een goede geluidsomgeving oplevert.

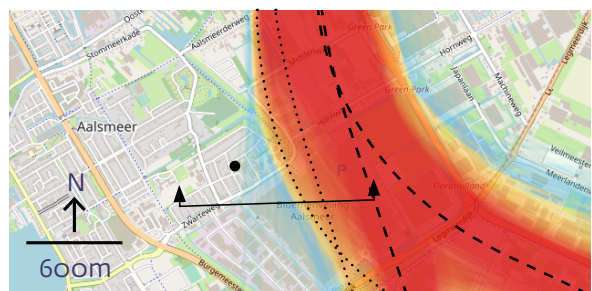
Als alternatief kunnen we naar de worst case kijken. Maar daarbij is het wel de vraag hoe zinvol het is om de inrichting van de gebouwde omgeving te bepalen op basis van een situatie die maar zeer zelden voorkomt. Om deze reden werken we in deze quickscan met een 95 procent-scenario. Hiermee wordt een vliegtuigpassage bedoeld die luider is dan 95 procent van alle passages. Uitgaande van de vliegtuigbewegingen in 2019 zouden ongeveer 1.500 dalende en 3.100 opstijgende vliegtuigen lager of (in horizontaal opzicht) dichter bij de wijk vliegen dan waar het 95 procent-scenario vanuit gaat. In theorie leidt dit tot gemiddeld dertien vluchten per dag, met flinke uitschieters voor wat betreft het geluidsniveau. Deze niveaus zullen waarschijnlijk hoger zijn dan waar het 95 procent-scenario vanuit gaat.

Bepaling 95 procent-scenario

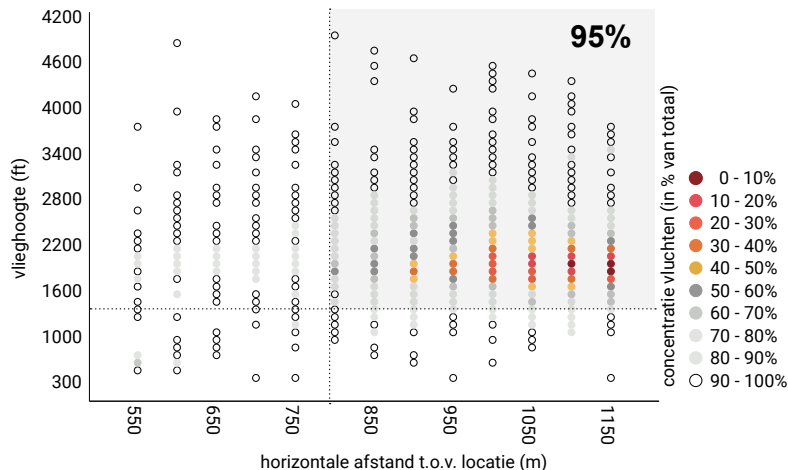
Figuur 15 toont de spreiding van de maximale geluidsniveaus, samen met een overzicht van de luidste vluchten. In de grafieken aan de rechterkant is te zien dat bij starts de luidste vliegtuigpassages niet per se door de grootste vliegtuigtypes worden veroorzaakt. In tegendeel, Boeing 737-typen (700 en 800) en kleiner (bijvoorbeeld Embraer 145 of 751) domineren de top 10 (ze bezetten samen negen van de tien plekken). Dit is anders voor landende toestellen, waar vliegtuigen van het type Boeing 747-400s verantwoordelijk zijn voor de luidste passages. Dit doet vermoeden dat de vliegroute en hoogte de voornaamste indicatoren zijn voor de luidheid, en niet zozeer het vliegtuigtype. Om dit te onderzoeken is er in de radardata gekeken welke vliegpaden corresponderen met een 95 procent-scenario.

19 Instellingen die piloten handmatig doorvoeren in de cockpit kunnen invloed hebben op het geluid dat het vliegtuig veroorzaakt. Denk bijvoorbeeld aan het intrekken van de wielen.

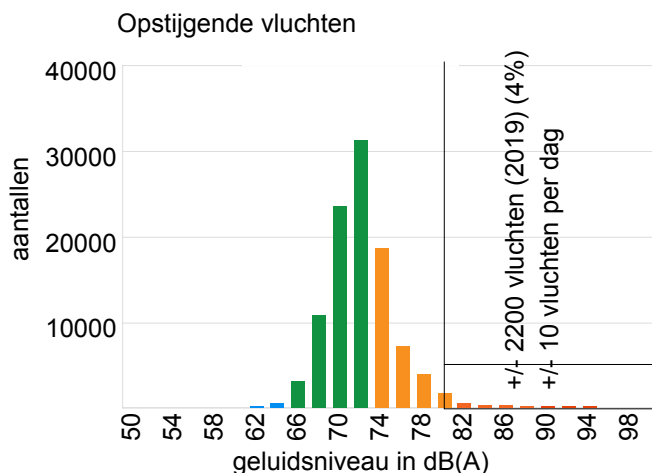
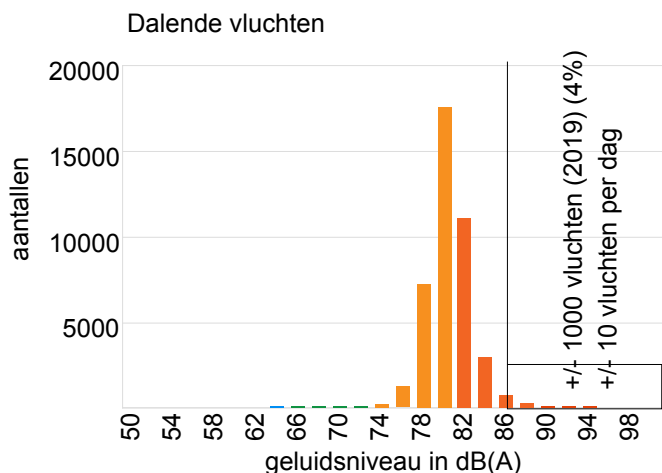
Voorbeeld route 2 en 3



- - - gemiddelde route
- 95% route
- NOMOS meetpost
- ▲ doorsnede gebied - zie afbeelding rechts



Doorsnede met concentratie vliegverkeer - hoogte en positie



Figuur 18 – Voorbeeld van het bepalen van een gemiddelde en 95-procent vliegroutes uit de radardata. De onderste twee grafieken zijn dezelfde als in Figuur 15, met daarin het 95-percentiel en de corresponderende geluidsniveaus voor dalingen en landingen.

Dit betekent dat er in de radardata wordt gekeken voor welke vliegpaden 95 procent van de vluchten verder en hoger van de wijk vandaan vliegen, zie ook Figuur 18. Het bronvermogen is voor het gemiddelde en het 95 procent-scenario gelijk gehouden. Om deze aanpak te valideren, keken we wat de berekende geluidsniveaus voor de positie van het NOMOS-meetpunt zijn en vergeleken we deze waarden met de meetgegevens. Voor zowel dalingen als landingen blijkt uit de validatie dat er een goede match is tussen de berekeningen en de meetgegevens. Dit betekent dat de berekende waarden voor de positie van NOMOS-meetpost 10 in het 95-procent-scenario overeenkomen met de 95-percentielwaarden in de NOMOS-data. Dit geeft voldoende vertrouwen om deze methode te gebruiken voor de quickscan. In hoofdstuk 3.6 bespreken we de voor- en nadelen van deze aanpak verder.

3.3.2 Methodiek voor het onderzoek

Voor de berekeningen gebruikten we het rekenmodel OTL. Hierin zijn de vliegtuigpassages gesimuleerd als een sequentie van statische geluidsbronnen, met de bronkarakteristieken van een B738, zoals opgenomen in de ANP-database. Om de validiteit van deze aanpak in te schatten, vergeleken we de berekende geluidsniveaus met de meetresultaten van de NOMOS-post. Indien nodig, is het bronniveau gekalibreerd aan de hand van de gemeten geluidsniveaus.

De data bewerken we in Matlab om ze te corrigeren voor effecten die optreden bij bewegende geluidsbronnen (het Doppler-effect). Bij de berekeningen is er een grid van ontvanger-posities over de wijk geplaatst, en zijn de geluidsniveaus per ontvanger-positie, voor elke bronpositie, berekend. In Matlab is vervolgens voor elk scenario de LA_{max} per ontvanger-positie bepaald. De uitkomsten extrapoleerden we om de data grafisch weer te kunnen geven, en legden we tot slot boven op een kaart met de contouren van de wijk.

De atmosfeer berekenden we aan de hand van de weergemiddelden voor de zomer- en wintermaanden, zoals weergegeven in Tabel 1. De Aalsmeerbaan wordt voor landend verkeer gebruikt bij noord/noordoostelijke wind. Daarom zochten we in de weerdata van het KNMI voor landend verkeer naar de weergemiddelden op dagen met wind vanuit het noorden en oosten, en alle richtingen daartussenin. Tabel 1 toont de weergemiddelden die we voor de berekeningen gebruikten.

Winter (dec t/m febr)					
Windrichting (°)	Windsnelheid (m/s)	Temperatuur (°C)	Luchtdruk (Pa)	Luchtvochtigheid (%)	
217	6.0	7.8	10138	87	Gemiddelde bij zuidelijke windrichtingen
54	4.5	2.5	10193	83	Gemiddelde bij noordelijke windrichtingen
Zomer (jun t/m aug)					
Windrichting (°)	Windsnelheid (m/s)	Temperatuur (°C)	Luchtdruk (Pa)	Luchtvochtigheid (%)	
248	4.6	21.7	10147	75	Gemiddelde bij zuidelijke windrichtingen
45	3.7	23.8	10184	72	Gemiddelde bij noordelijke windrichtingen

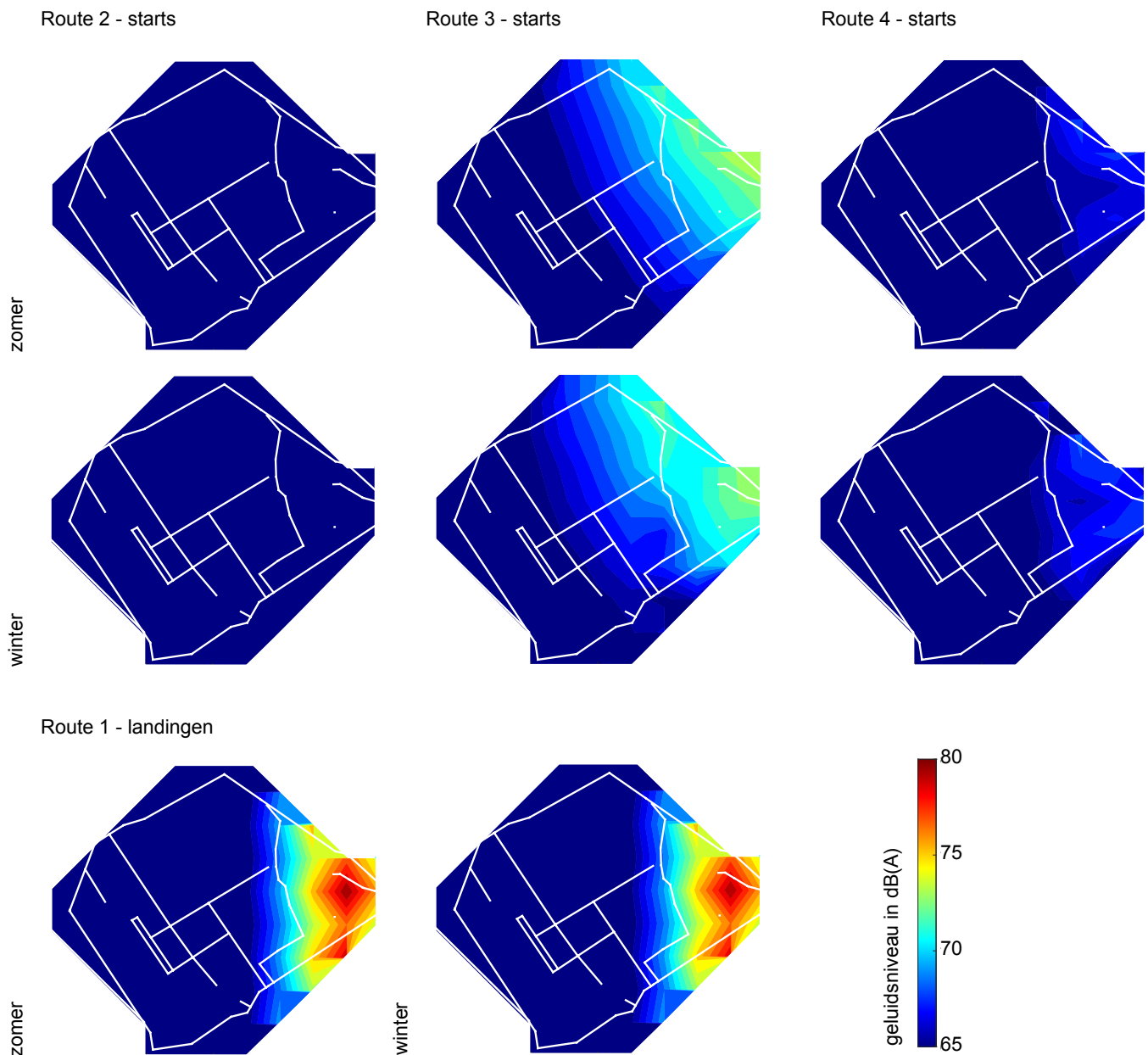
Tabel 1 – Gemiddelde gegevens voor het weer tijdens de zomer- en wintermaanden, gebaseerd op gegevens van het KNMI voor 2010-2020.

De maximale geluidsniveaus voor elk willekeurige positie in de wijk – zonder bebouwing – is per vliegroute berekend voor de twee eerdergenoemde scenario's. De resultaten uit berekeningen corresponderen op hoofdlijnen met de metingen door NOMOS en SensorNet, en de geluidsafname per afstand²⁰. De resultaten worden per scenario gepresenteerd. Daarnaast is ook inschatting gemaakt van de toekomstige maximale geluidsniveaus. Hierbij zijn we uitgegaan van informatie van Schiphol.

20 In Figuur 11 is het verschil zichtbaar tussen meetpositie 'Seringepark' en 'Ophelialaan – Jumbo': circa 4dB(A). In de uitkomsten van de rekenmodellen, zoals in Figuur 13, is de geluidsafname tussen beide punten ook circa 4dB(A). Dit laat zien dat het model een realistische weergave geeft van de richtingswerking van de bron en van de geluidsafname met afstand van de bron.

3.3.3 Resultaten gemiddeld scenario

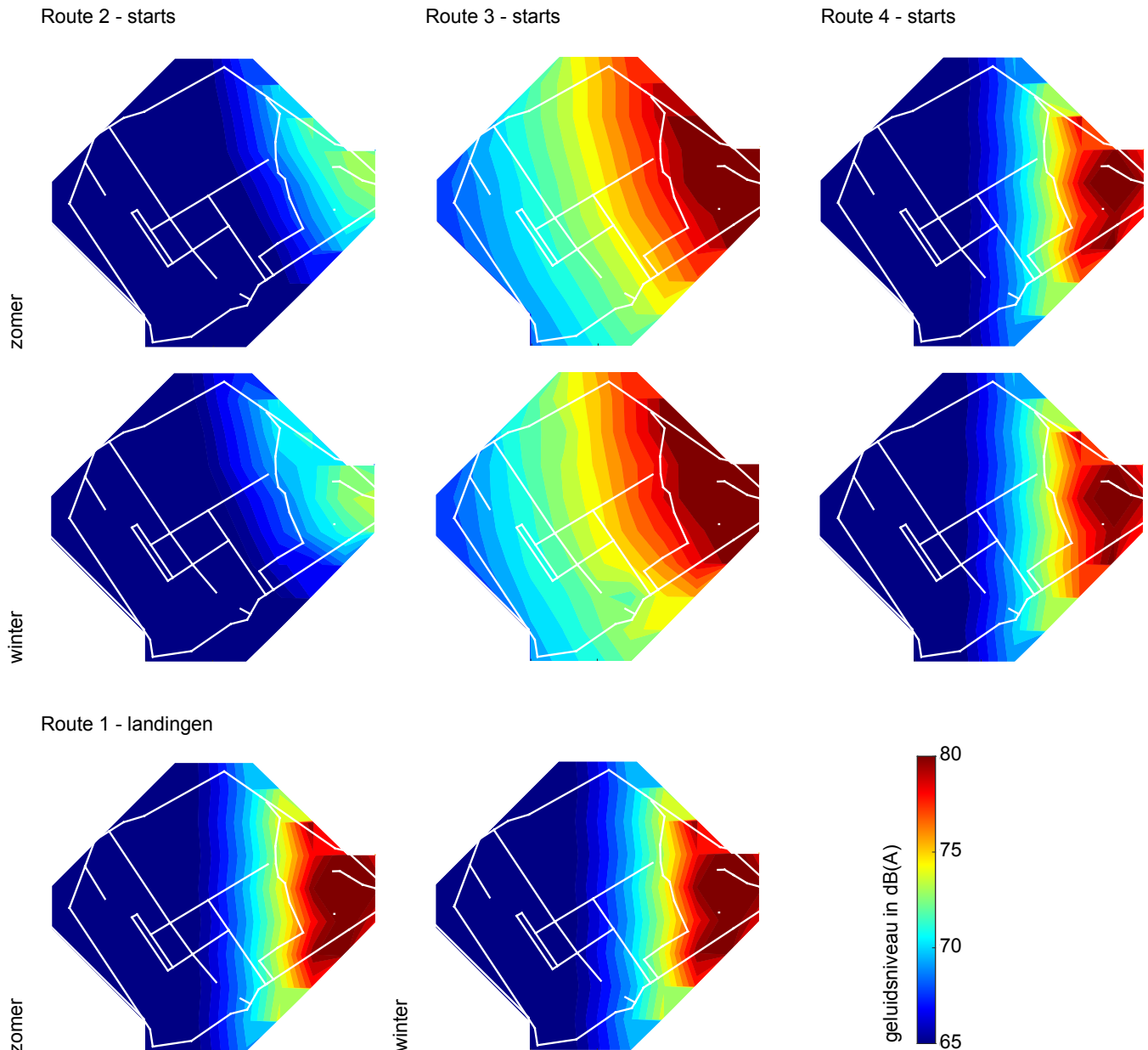
Voor de gemiddelde omstandigheden keken we naar de gemiddelde vliegpaden van de vier routes, zoals weergegeven in Figuur 1. Hierbij gingen we uit van de weerstatistieken zoals weergegeven in Tabel 1, en de bronkarakteristieken voor een Boeiing 738. De resultaten volgen hierna.



Figuur 19 – Maximale geluidsniveaus voor een gemiddelde vliegtuigpassage in de wijk Stommeer (contouren van de wijk en enkele indicatieve wegen zijn gemarkeerd met witte lijnen).

3.3.4 Resultaten 95 procent-scenario

Voor de 95 procent-scenario's is er gekeken naar de vliegpaden van de vier routes, zoals weergegeven in Figuur 1. Hierbij zijn we uitgegaan van de weerstatistieken, zoals weergegeven in Tabel 1, en de bronkarakteristieken voor een B738, zoals in de ANP-database. De resultaten zijn hierna weergegeven.



Figuur 20 – Maximale geluidsniveaus voor een 95 procent-scenario vliegtuigpassage in de wijk Stommeer (contouren van de wijk en enkele indicatieve wegen zijn gemarkeerd met witte lijnen).

3.3.5 Prognoses

Voor het onderzoek is met Schiphol gekeken naar toekomstige ontwikkelingen die invloed kunnen hebben op de geluidsniveaus van het vliegverkeer in Stommeer. Hieruit zijn de conclusies als volgt:

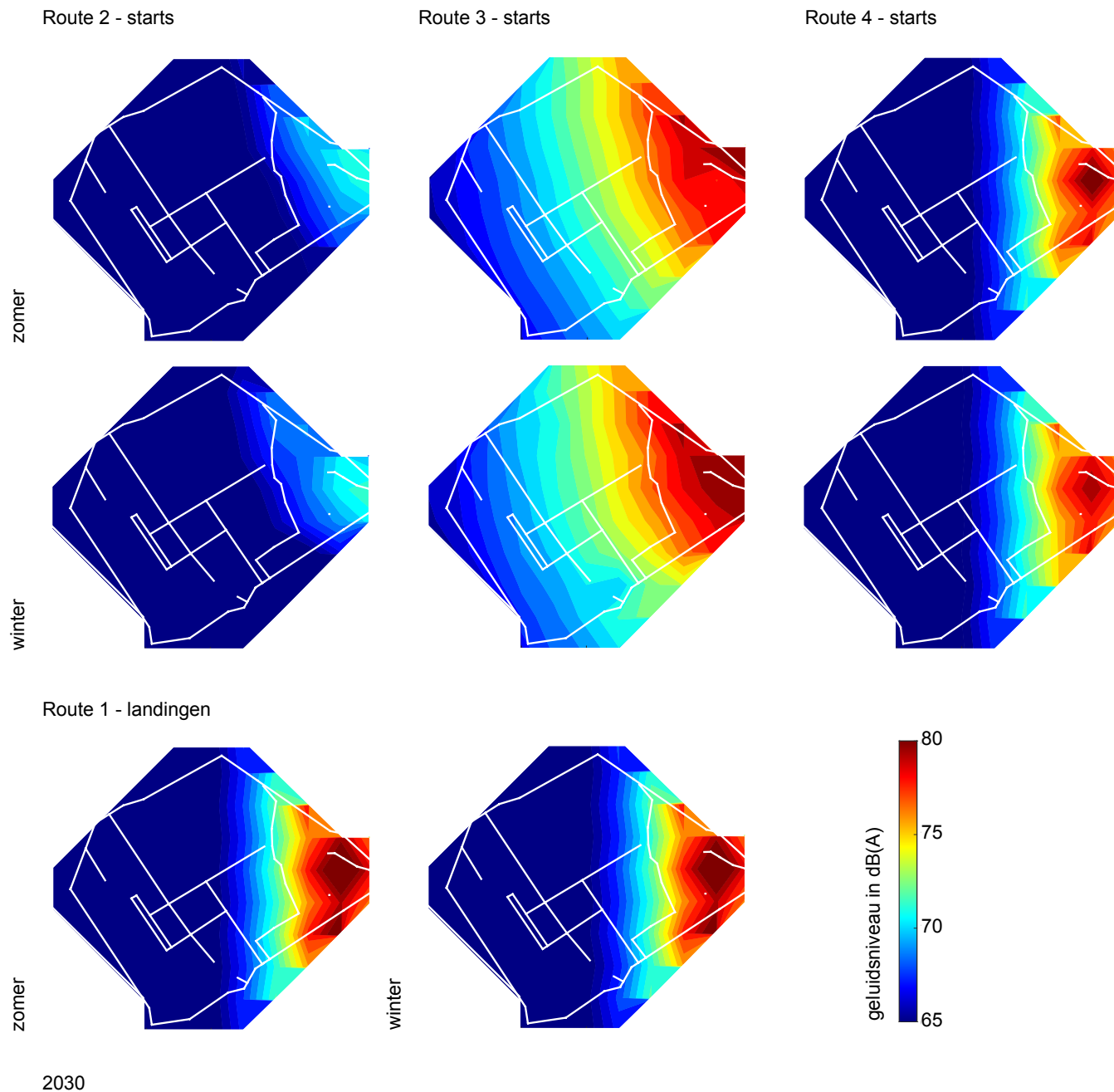
1. Aanpassingen van de vaste naderingsroutes hebben weinig impact op Stommeer, doordat de wijk dicht bij de baan ligt. Mogelijk kunnen glijvluchten tot aan de baan het geluid verminderen bij landingen, maar dit zou pas na 2050 spelen.
2. Eventueel wordt in de verre toekomst (dus na 2040) de draaihoek voor het laatste segment bij landingen aangepast van 3 naar 3,5 graden, waardoor de geluidsbelasting waarschijnlijk omlaaggaat.
3. Het aantal vluchten per baan kan veranderen door de luchtruimherziening (en routeverleggingen), en mogelijkheden om met kleinere intervallen tussen vluchten te gaan vliegen. Dit kan betekenen dat er meer verkeer via de Polderbaan en Kaagbaan wordt gefaciliteerd en, uitgaande van het huidige maximum van 500.000 vliegbewegingen, minder via niet-preferente banen zoals de Aalsmeerbaan.
4. Bij startprocedures wordt gekeken naar de mogelijkheden voor continuous climb operations, waarbij er wordt opgestegen zonder tussentijds levelen. Dit zou weinig effect hebben op geluid in Stommeer, doordat opstijgende vliegtuigen rond Stommeer al continu klimmen. De hoofdoorzaak is (wederom) de nabije ligging van Stommeer bij de Aalsmeerbaan.

- Vlootvernieuwing zal tot stillere vliegtuigen leiden, waarbij het aantal zware (en luidruchtige) vluchten met vliegtuigen als de B747 en in mindere mate de A380 de komende jaren afneemt. Voor de afname van geluid door vlootvernieuwing kan de vuistregel van -2dB/10 jaar worden aangehouden.

Van de eerdergenoemde punten heeft met name de vlootvernieuwing effect op de maximale geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassage. De afname van geluid in Stommeer door innovatie is daarom verder onderzocht in de toekomstprognoses.

3.3-5.1 95-procent-scenario 2030

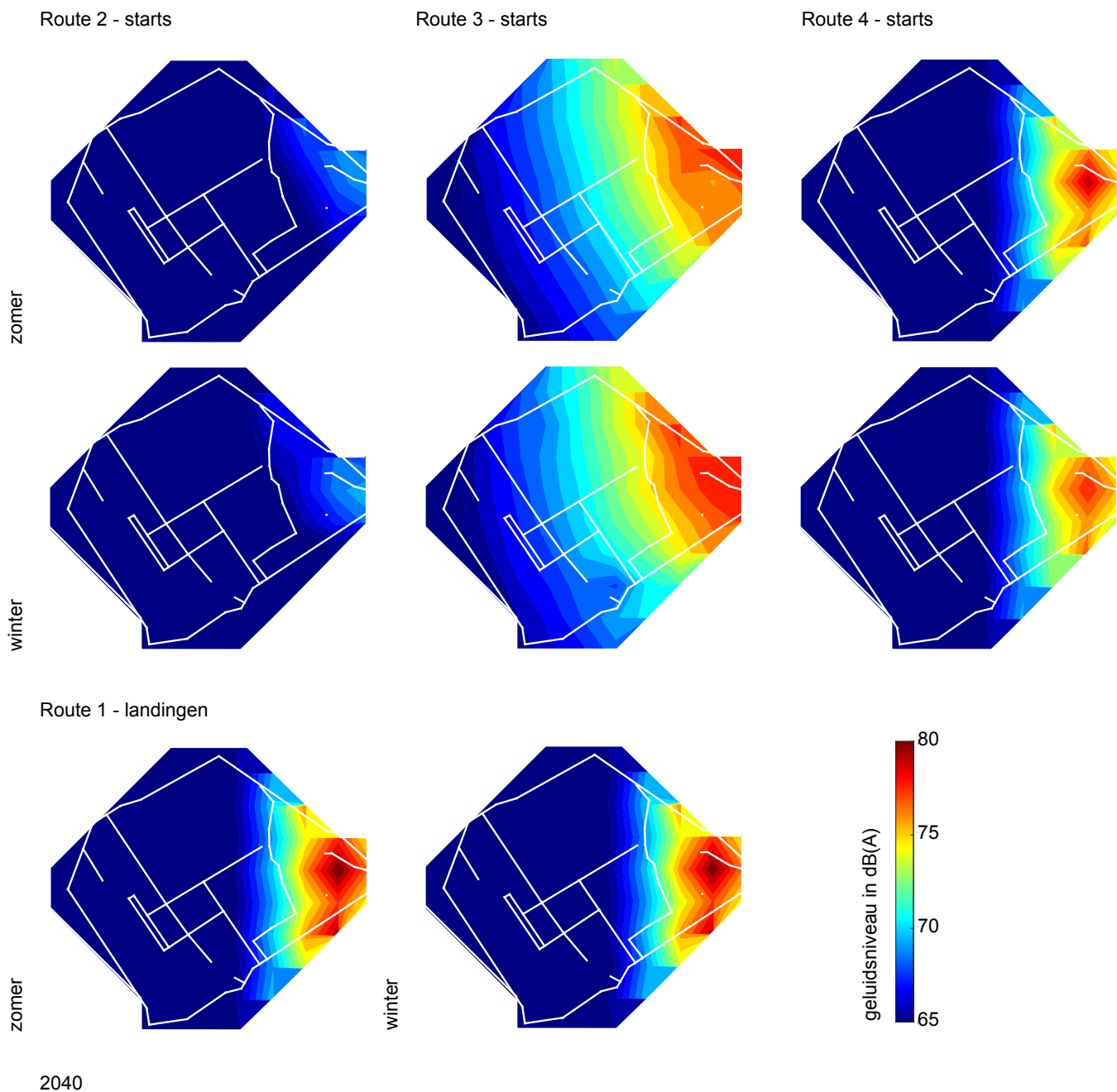
Voor de prognose van de maximale geluidsniveaus in 2030 voor het 95 procent-scenario is gekeken naar de vliegpaden van de vier routes, zoals weergegeven in Figuur 1. Hierbij is uitgegaan van de weerstatistieken zoals weergegeven in Tabel 1, en de bronkarakteristieken voor een B738, zoals in de ANP-database. De resultaten volgen hierna.



Figuur 21 – Prognoses maximale geluidsniveaus voor een 95 procent-scenario vliegtuigpassage in 2030 in Stommeer (contouren van de wijk en enkele indicatieve wegen zijn gemarkeerd met witte lijnen).

3-3-5.2 95 procent-scenario 2040

Voor de prognose van de maximale geluidsniveaus in 2040 voor het 95 procent-scenario's is er gekeken naar de vliegpaden van de vier routes, zoals weergegeven in Figuur 1. Hierbij is uitgegaan van de weerstatistieken zoals weergegeven in Tabel 1, en de bronkarakteristieken voor een B738, zoals in de ANP-database. De resultaten volgen hierna.

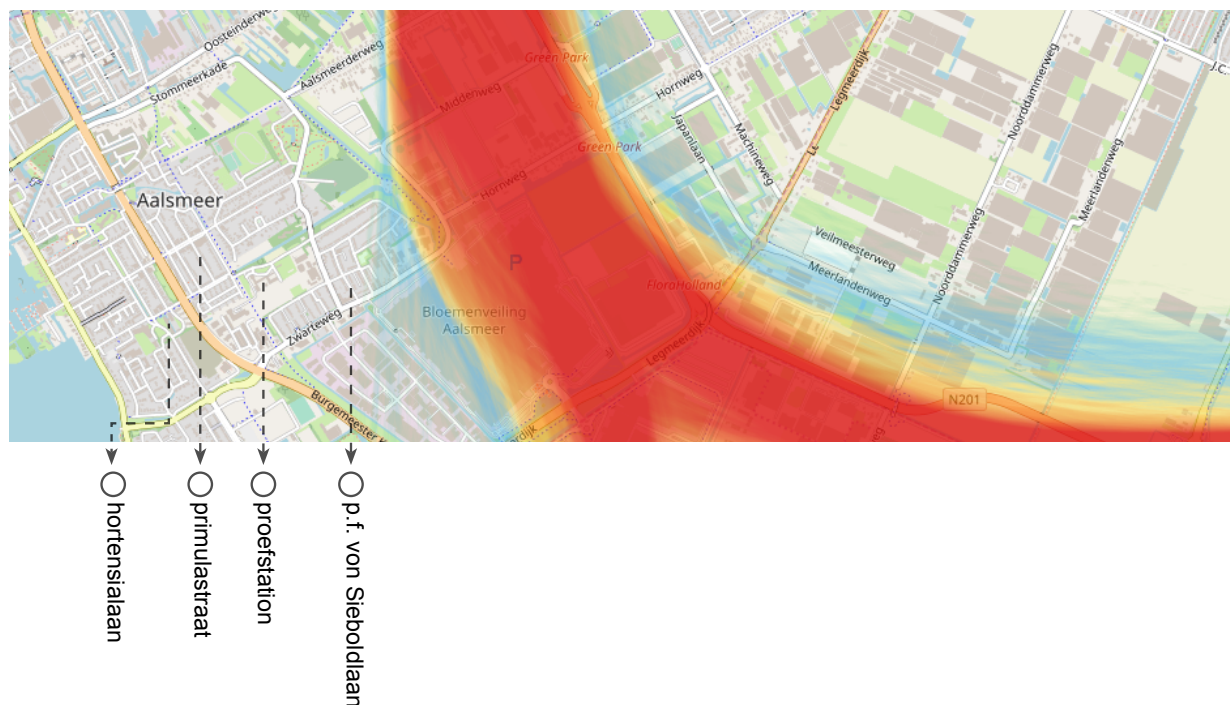


Figuur 22 – Prognoses maximale geluidsniveaus voor een 95 procent-scenario vliegtuigpassage in 2040 in Stommeer (contouren van de wijk en enkele indicatieve wegen zijn gemarkeerd met witte lijnen).

3.4 BEREKENINGEN VLIEGTUIGGELUID – STRAATNIVEAU

In de berekeningen op wijkniveau in hoofdstuk 3.3 hebben we vanwege de rekentijd de bebouwing buiten beschouwing gelaten. De berekeningen geven weliswaar meer inzicht in de maximale geluidsniveaus in de wijk per route, maar de geluidsniveaus zullen ook afhangen van de positie van een ontvanger ten opzichte van (een) gebouw(en). Met ontvanger wordt in deze context een persoon bedoeld. De verschillen rond het Proefstation in Figuur 17 laten bijvoorbeeld goed zien dat de ontvanger aan veel of weinig geluid wordt blootgesteld, afhankelijk van de gebouwszijde waar hij of zij zich begeeft. Om een gevoel te krijgen van de effecten van de bebouwing in de wijk, zijn vier locaties verder onderzocht (zie Figuur 23). Hierbij voerden we alleen berekeningen uit voor een situatie waarbij vliegtuigen opstijgen via route 3 (zie Figuur 1), en wel om de volgende redenen:

- Vliegtuigen die opstijgen via route 3 zorgen voor de hoogste geluidsbelasting tijdens startprocedures, zie hiervoor de resultaten in hoofdstuk 3.3.
- De relatieve opstijghoogte van vliegtuigen die via route 3 het luchtruim kiezen is groot. Dat betekent dat de invalshoek van het geluid ook groot is. En dat beperkt de afschermdende werking van de bebouwing. Bij landende vliegtuigen zijn de geluidsniveaus weliswaar hoger, maar zal de afschermdende werking van de bebouwing ook hoger zijn, omdat de hoek van inval van het geluid klein(er) is. Om de effecten van de bebouwing te bepalen, is het om deze redenen zinvoller om te kijken naar startprocedures en dus route 3.



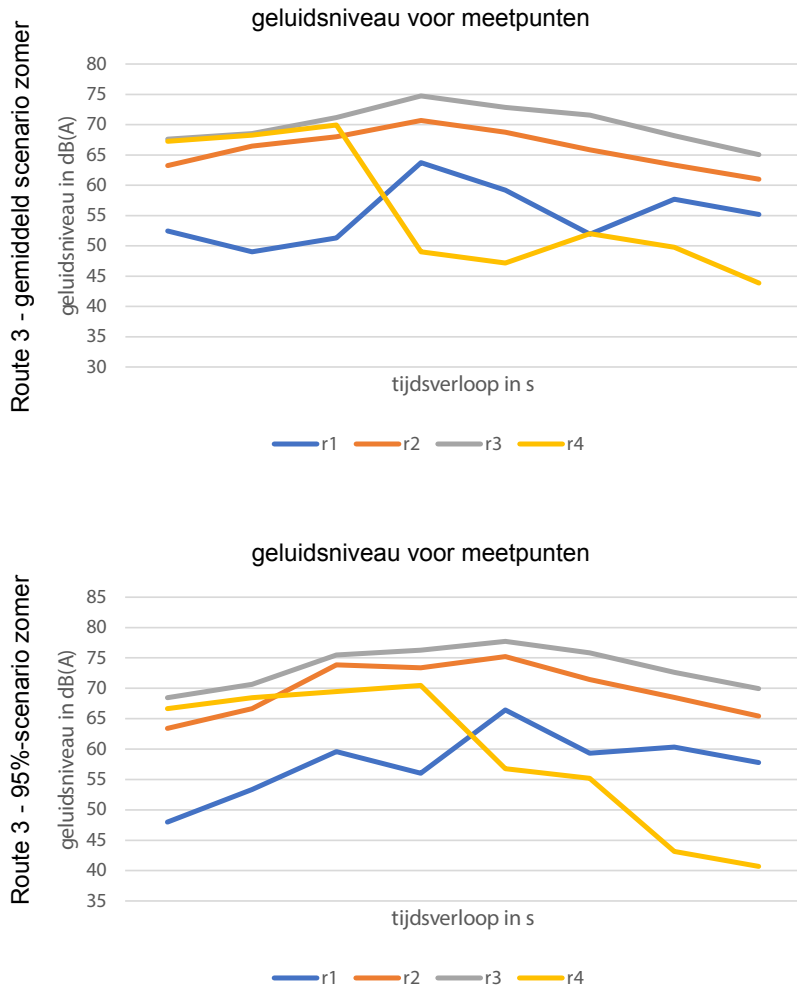
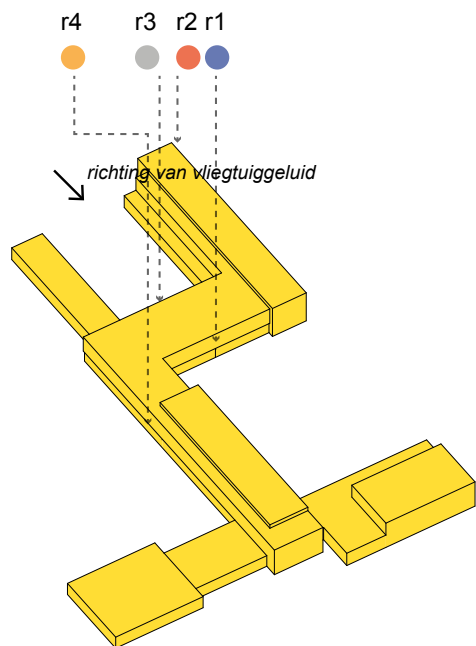
Figuur 23 – Locaties waarvoor verdere analyses zijn uitgevoerd op straatniveau. In de afbeelding zijn ook de vliegpaden voor opstijgende vluchten rond Stommeer weergegeven. Zie Figuur 15 voor meer uitleg over de vliegbewegingen en kleurindicaties.

De volgende paragrafen laten de resultaten zien voor een gemiddeld en een 95 procent-scenario.

3.4.1 Proefstation

Het Proefstation is gebruikt voor zowel metingen als berekeningen. De resultaten uit metingen en berekeningen hebben we met elkaar vergeleken om een beeld te krijgen van de natuurgetrouwheid van het rekenmodel. De resultaten hiervan worden hierna besproken.

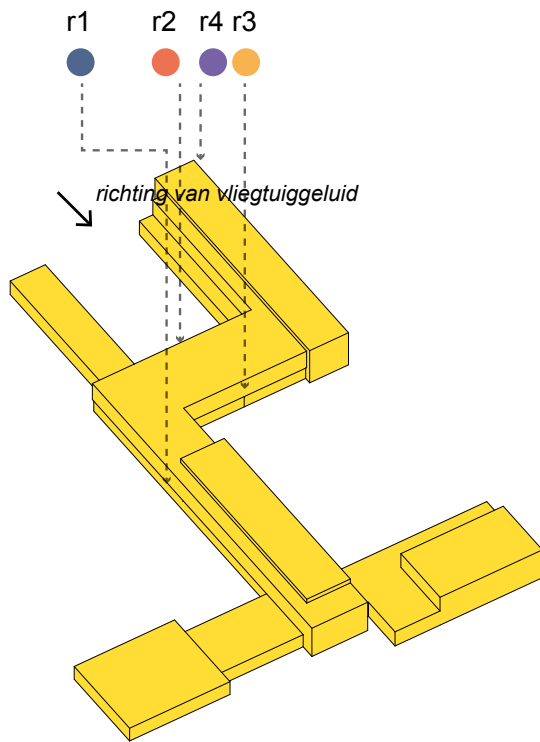
Berekeningen



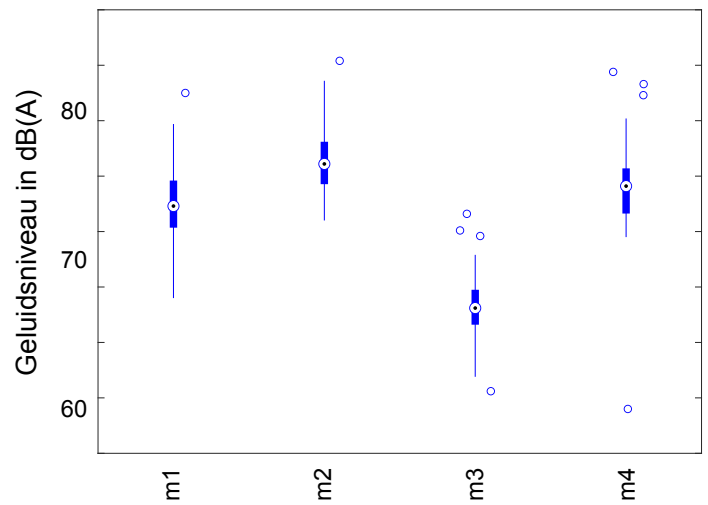
Figuur 24 – Berekeningen voor het verloop van de geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassage voor een gemiddeld en een 95 procent-scenario bij het Proefstation.

Figuur 24 toont de resultaten van de berekeningen voor het Proefstation. Het model voorspelt dat de grootste verschillen ontstaan tussen microfoon 1 en 3 (circa 11 dB(A)). De tijdspanne van de grafieken in Figuur 24 is 32 seconden. De berekeningen laten zien dat er een duidelijk afschermend effect is van de bebouwing. Geluidsniveaus komen in beide scenario's onder de 65 dB(A) te liggen voor meetposities aan de geluidsluwe zijde.

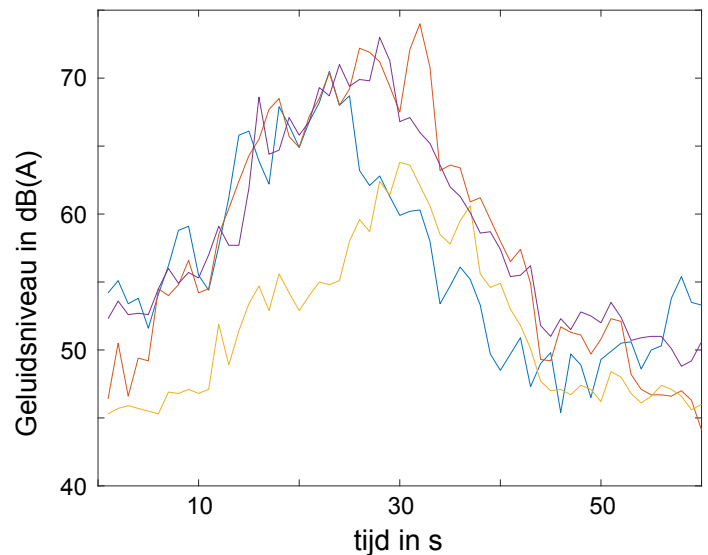
Metingen



Spreiding maximale geluidsniveaus per vlucht



Random vlucht - voorbeeld



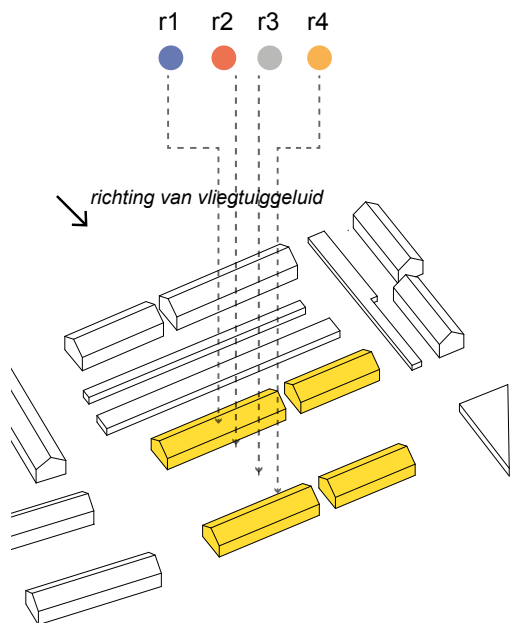
Figuur 25 – Metingen voor het verloop van de geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassages bij het Proefstation. De bovenste grafiek toont de spreiding van de maximale geluidsniveaus per passage, n=90. De onderste grafiek toont het verloop van de geluidsniveaus tijdens een willekeurige vliegtuigpassage uit de dataset.

Figuur 25 laat de resultaten van de metingen zien rond het Proefstation. De bovenste grafiek toont de spreiding van de maximale geluidsniveaus per meetpositie. Berekeningen tonen dat het verschil in LA_{eq} tussen meetpositie 2 en 3 circa 11 dB(A) is, waarbij het 25^{ste} kwartiel bij 10 dB(A) ligt, en alle data tussen 8 dB(A) en 14 dB(A), met uitzondering van statistische outliers. Vrij vertaald naar L_{den} betekent dit dat het verschil tussen de voor- en de achterzijde van het gebouw ongeveer 11 dB(A) is. De geluidsniveaus bij meetpositie 2 zijn hoger dan voor meetposities 1 en 4, wat naar alle waarschijnlijkheid komt door reflecties tegen omliggende gevels²¹.

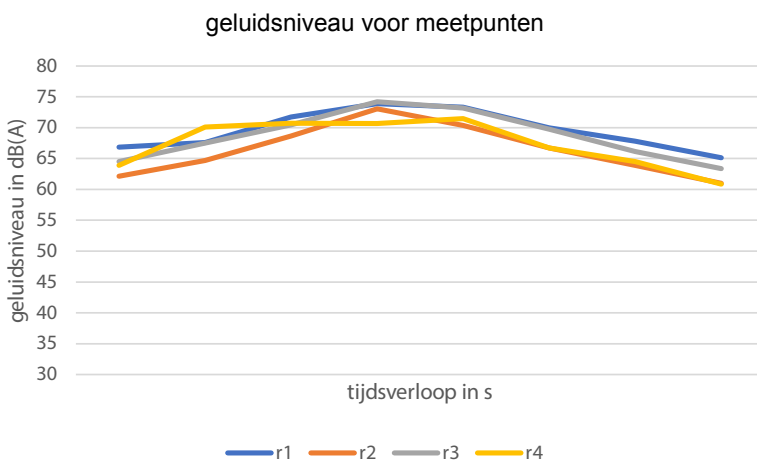
Het verloop van de grafieken in de onderste figuur loopt synchroon met het verloop van de grafieken in Figuur 24. Het voornaamste verschil is het ontbreken van de kleine verspringen in geluidsniveaus door atmosferische effecten. Daarnaast is de duur van het geluid iets langer in de berekeningen dan in de metingen.

21 Geluidsniveaus zijn ongeveer 3 dB(A) hoger, wat theoretisch te verklaren is.

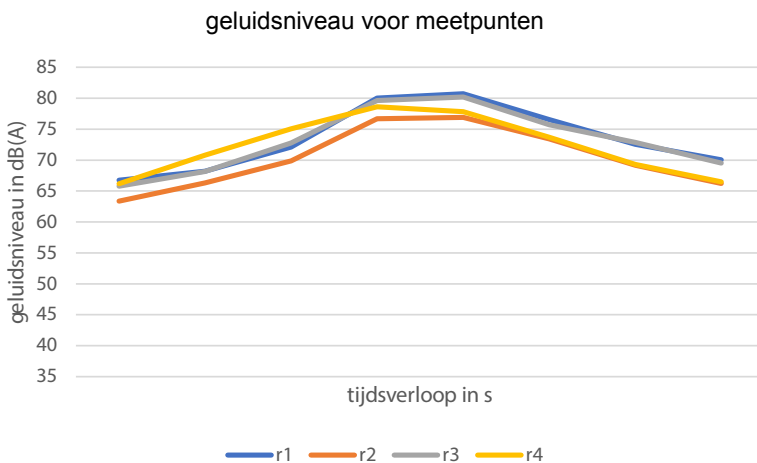
3.4.2 Primulastraat



Route 3 - gemiddeld scenario zomer



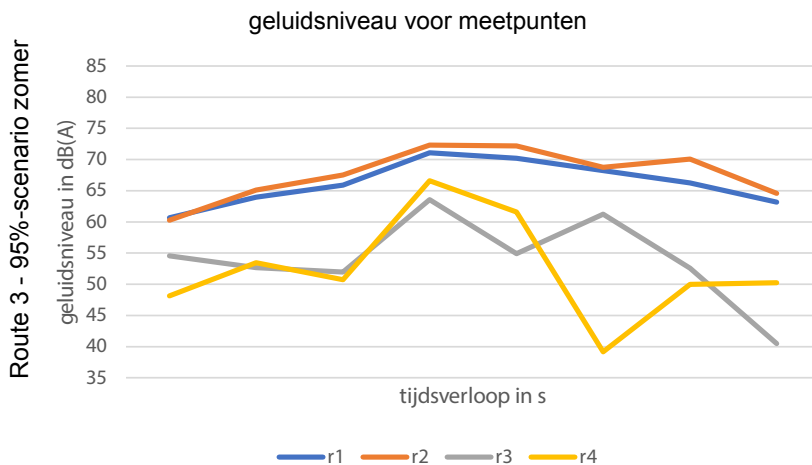
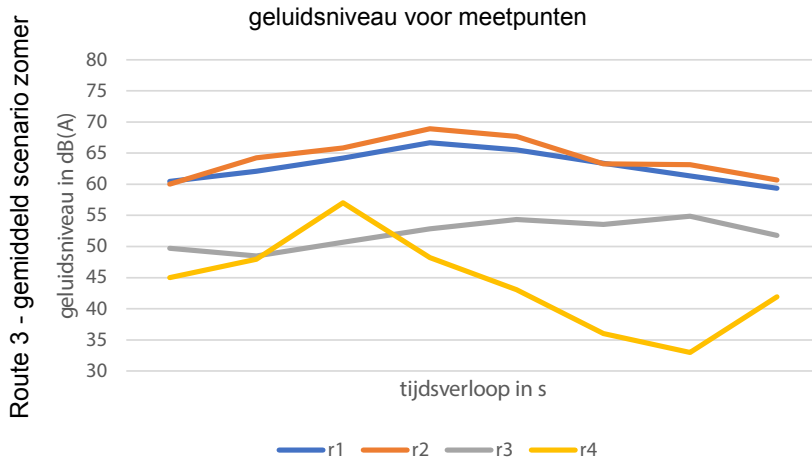
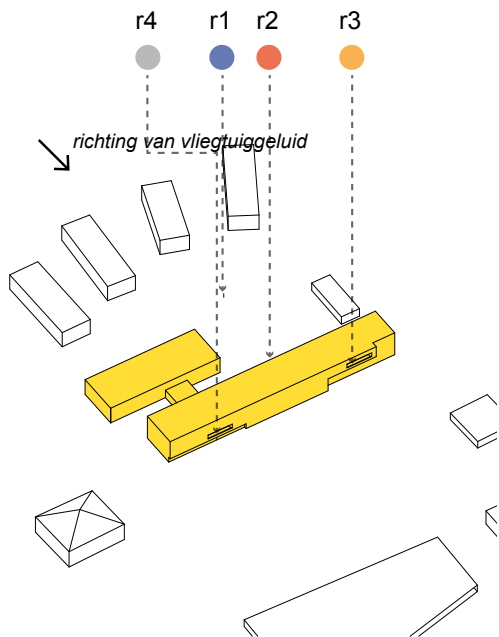
Route 3 - 95%-scenario zomer



Figuur 26 – Berekeningen voor het verloop van de geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassage voor een gemiddeld en een 95 procent-scenario voor de Primulastraat.

Figuur 26 toont de resultaten van de berekeningen voor de Primulastraat. Het model voorspelt dat de grootste verschillen ontstaan tussen microfoon 1 en 3 (circa 10 dB(A)). De tijdspanne van de grafieken in Figuur 26 is 32 seconden. De berekeningen laten zien dat de gebouwen het geluid afschermen. Geluidsniveaus komen in beide scenario's onder de 65 dB(A) te liggen voor meetposities aan de geluidsluwe kant.

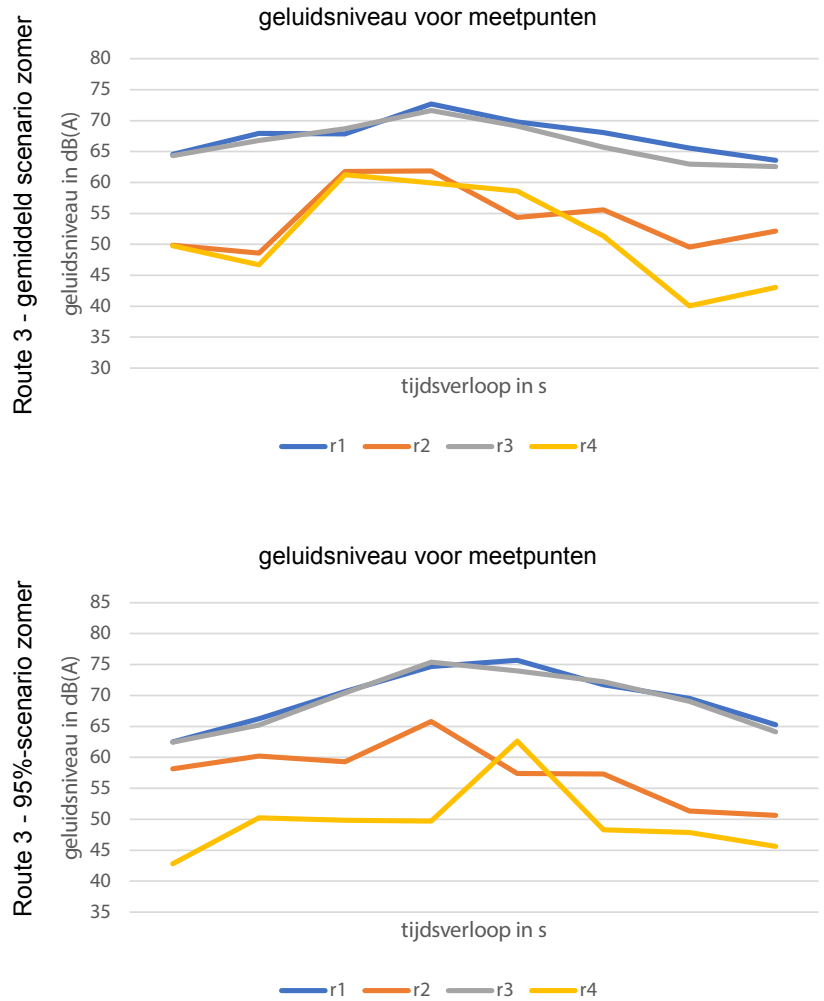
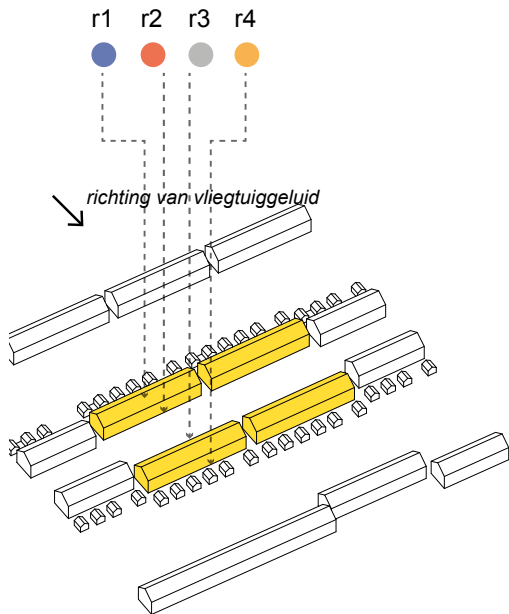
3.4.3 Hortensialaan



Figuur 27 – Berekeningen voor het verloop van de geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassage voor een gemiddeld en een 95 procent-scenario voor de Hortensialaan.

Figuur 27 toont de resultaten van de berekeningen voor de Hortensialaan. De woningen hebben een uitkraging en een inpandig balkon. Het model voorspelt dat de grootste verschillen ontstaan tussen microfoon 2 en 3 (meer dan 10 dB(A)). In het geval van de Hortensialaan is er een duidelijk verschil tussen beide scenario's. De tijdspanne van de grafieken in Figuur 27 is 32 seconden. De berekeningen laten zien dat de bebouwing het geluid afschermt. Geluidsniveaus komen in beide scenario's onder de 65 dB(A) te liggen voor meetposities aan de geluidsluwe kant.

3.4.4 P.F. von Sieboldlaan



Figuur 28 – Berekeningen voor het verloop van de geluidsniveaus tijdens een vliegtuigpassage voor een gemiddeld en een 95 procent-scenario voor de P.F. von Sieboldlaan.

Figuur 28 toont de resultaten van de berekeningen voor de P.F. von Sieboldlaan. Het model voorspelt dat de grootste verschillen ontstaan tussen microfoon 1 en 2: circa 3 dB(A). De tijdsperiode van de grafieken in Figuur 28 is 32 seconden. De berekeningen laten zien dat de verschillen klein zijn; de bebouwing heeft slechts een beperkt afschermend effect. De geluidsniveaus komen in beide scenario's ruim boven de 65 dB(A) aan de geluidsluwe kant van de bebouwing.

3.5 INVALSHOEK VLIEGTUIGGELUID



Figuur 29 – Gebieden waarvoor de invalshoek van het geluid >45 graden is, uitgesplitst per route, voor het gemiddelde scenario (donkere kleurvlak) en het 95 procent-scenario (lichtere kleurvlak).

Figuur 29 toont de gebieden waarvoor de invalshoek van het geluid sowieso groter is dan 45 graden, per route, zowel voor het gemiddelde scenario als het 95 procent-scenario. De invalshoek van het geluid hangt af van onder andere de positie van het vliegtuig en de afbuiging van geluidsgolven in de atmosfeer (refractie). De afbuiging van geluid in de lucht wordt pas significant wanneer de invalshoek van het geluid kleiner dan 15 graden is. Dit betekent dat de effecten van atmosferische refractie voor grote delen van de wijk beperkt relevant zijn. Dit is onder meer zichtbaar in de kleine verschillen tussen zomer en winter in hoofdstuk 3.3.

Omdat de routes 1, 2 en 3 het overgrote gedeelte van de vliegbewegingen vertegenwoordigen (meer dan 99 procent), is route 4 in Figuur 29 eerder indicatief dan maatgevend voor het bepalen van de gebieden die kansrijk zijn voor geluidsadaptief bouwen.

3.6 NAWOORD: KANTTEKENINGEN BIJ DE METHODE EN RESULTATEN

De berekeningen op wijk- en straatniveau geven een vrij robuust beeld van de effecten van vliegtuiggeluid in Stommeer. De resultaten sluiten aan bij de data uit metingen. Voor de quickscan zijn we uitgegaan van een aantal aannames die in toekomstige studies verder onderzocht kunnen worden. Dit zijn de belangrijkste kanttekeningen bij de resultaten en de methodiek:

NAT65 en hinder. Er is meer onderzoek nodig naar de relatie tussen de maximale geluidsbelasting en hinder. Daarnaast is het niet duidelijk in hoeverre hinder wordt beïnvloed als de maximale geluidsniveaus direct rond een gebouw (bijvoorbeeld op een balkon of een terras) lager zijn dan 65 dB(A).

Rekenen met scenario's. De methode voor het bepalen van geluidsniveaus voor een 95 procent-scenario lijkt goed overeen te komen met de metingen. Er is een risico dat dit een toevalstreffer is en niet zozeer ligt aan de methode. Vliegtuigpassages kunnen om meerdere redenen luid zijn, bijvoorbeeld door weersinvloeden (wind), gewicht en type, naast de effecten van de positie van het vliegtuig. Hiervoor is verder onderzoek nodig. Dit kan gericht zijn op:

- Het in beeld brengen van de afwijkingen tussen het model en de metingen voor meerdere scenario's, variërend tussen de 50- en 95-percentiel-bronposities in de radardata. Dit geeft een beeld van de sensitiviteit van de methode. Op dit moment is er een goede overeenkomst tussen metingen en berekeningen, in elk geval voor het 50 procent- en 95 procent-scenario. Dit geeft vertrouwen in de toegepaste methode.
- Het berekenen van de spreiding in LA_{max} per individuele vlucht, zodat we de spreiding kunnen bepalen en vergelijken met de voorgestelde rekenmethode in deze quickscan. Hierbij kan een bestaand rekenmodel (bijvoorbeeld ECAC doc.29) worden gebruikt als basis, en de LA_{max} -NPD-gegevens uit de ANP worden gekoppeld aan de bronposities.

Bron en atmosfeer. OTL is een model dat is ontwikkeld om geluid in- en rond gebouwen te berekenen. Vergeleken met andere modellen zijn de middelen om geluidsbronnen en atmosferische invloeden te berekenen echter beperkt. Voor een uitgebreidere analyse van voor- en nadelen, zie 1. De voortplanting van geluid vanaf de bron en in de atmosfeer wordt preciezer berekend in modellen zoals SonAir. Het nadeel van SonAir is echter dat de gebouwde omgeving minder nauwkeurig kan worden gemodelleerd. In de toekomst kan worden gekeken naar het combineren en koppelen van rekenmodellen.

Invalshoek van het geluid. Momenteel gaan we uit van de 45 graden-vuistregel om in te schatten welke gebieden kansrijk zijn voor geluidsadaptief bouwen. Die regel is echter vrij conservatief. Recent onderzoek in windtunnels laat zien dat uitkragingen ook effect hebben op een grotere invalshoek. In het geval van Stommeer is de invalshoek voor het overgrote gedeelte van de wijk kleiner dan 45 graden. Het is echter mogelijk dat gebouwen in gebieden die nu niet als kansrijk zijn aangemerkt op basis van de 45-gradenregel, het geluid toch goed afschermen.

3.7 REFERENTIES

- Lugten, M. Tranquility by design. (University of Cambridge, 2019). doi:10.17863/CAM.41365.
- Kroesen, M. Human Response to Aircraft Noise. (TU Delft, PhD thesis, 2011).
- Guski, R., Schuemer, R. & Schreckenberg, D. Aircraft noise annoyance - Present exposure response relations. in Proceedings of Euronoise 472-478 (European Acoustics Association, 2018).
- Schreckenberg, D. & Schuemer, R. The impact of acoustical, operational and non-auditory factors on short-term annoyance due to aircraft noise. 39th Int. Congr. Expo. Noise Control Eng. (InterNoise 2010) 2164-2173 (2010).
- Broer, C. Beleid vormt overlast, hoe beleidsdiscoursen de beleving van geluid bepalen. (Universiteit van Amsterdam, 2006).
- Smetsers, R. et al. Vliegtuiggeluid: meten, rekenen en beleven Een verkenning van wensen en ontwikkelopties. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0201.pdf> (2019).
- Bartels, S., Márki, F. & Müller, U. The influence of acoustical and non-acoustical factors on short-term annoyance due to aircraft noise in the field - The COSMA study. Sci. Total Environ. 538, 834-843 (2015).
- Bartels, S., Rooney, D. & Müller, U. Assessing aircraft noise-induced annoyance around a major German airport and its predictors via telephone survey - The COSMA study. Transp. Res. Part D Transp. Environ. (2018) doi:10.1016/j.trd.2018.01.015.
- Horck, M. Aircraft induced sound propagation in the urban context: A scale model wind study towards urban noise abatement using a self-build wind tunnel. (TU Delft, 2020).
- Arntzen, M. Aircraft noise calculation and synthesis in a non-standard atmosphere. (TU Delft, 2014).
- ECAC. Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports, Volume 1: Applications Guide. <https://www.ecac-ceac.org/documents/10189/51566/01.+Doc29+4th+Edition+Volume+1.pdf/bfde6e09-b46b-44e1-b73f-388fc3527aaf> (2016).

Colofon

Auteur:

dr. ir. Martijn Lugten

Tekstbewerking:

Ton Smits

Verantwoording fotografie:

Beeldbank Provincie Noord-Holland
en eigen collectie

STOMMEER