

AFSTUDEERSCRIPTIE



*"Unnecessary noise
is the most cruel
absence of care
which can be
inflicted upon either
the sick or well."
Florence
Nightingale 1859*

Akoestiek in de gezondheidszorg

Hester Thoen 0839912

Colofon

Document : Scriptie
Versie : 2
Datum : 16 juni 2014

Auteur : Hester Thoen
Studentnummer : 0839912

Hogeschool : Hogeschool Rotterdam
Instituut : Gebouwde Omgeving (IGO)
Opleiding : Bouwkunde
Minor : Duurzaam Integrale Bouwtechniek
Begeleider : Dhr. C van Kranenburg
E-mail : c.van.kranenburg@hr.nl

Afstudeerbedrijf : Adviesbureau Deerns
Bedrijfsbegeleider (1) : Dennis Faas
E-mail : dennis.faas@deerns.com
Bedrijfsbegeleider (2) : Marten Valk
E-mail : marten.valk@deerns.com
Adres : Fleminglaan 10
Postcode : 2289 CP Rijswijk
Telefoon : +31 (88) 3740000
Internet : www.deerns.nl

In samenwerking met : 2 double you
Contactpersoon : Tom Vooges
E-mail : t.vooges@2doubleyou.nl
Adres : Nieuweweg Noord 314B-15
Postcode : 3905 LX Veenendaal
Telefoon : +31 (318) 668844
Internet : www.2doubleyou.nl

Betreffende partijen

Hogeschool Rotterdam



Deerns



2 double you



Voorwoord

Voordat ik vier jaar geleden mijn studie Bouwkunde aan de Hogeschool Rotterdam begon had ik nog geen idee wat ik er van moest verwachten. Ik vond wiskunde en tekenen erg leuk, dus Bouwkunde leek een logische stap. Tijdens de opleiding werd bij verschillende cursussen en trainingen mijn interesse in duurzaamheid en bouwfysica gewekt. Na het volgen van de minor Duurzaam Integrale Bouwtechniek, besloot ik mij tijdens mijn afstudeerperiode nog wat meer te verdiepen in de bouwfysica.

Akoestiek leek mij een erg interessant onderwerp om op af te studeren, maar ook erg lastig. Tijdens de cursussen bouwfysica was hier weinig aandacht aan besteed en het is een complex onderwerp om in 20 weken alles over te leren. Ook wilde ik dat mijn afstudeeronderzoek een maatschappelijke vraag zou beantwoorden. Na wat research bleek dat de healing environment nog veel open einden had en dan vooral in de akoestiek, het onderwerp dat ik eigenlijk al van mijn lijstje had geschrapt. Dus na een gesprek bij Deerns, die toevallig ook een onderzoeksvraag had liggen over dit onderwerp is de knoop doorgehakt, het zou Akoestiek in de gezondheidszorg worden.

Om een goede onderzoeksvraag op te kunnen stellen was al heel wat vooronderzoek nodig; de gezondheidszorg is een erg breed onderwerp. Hieruit bleek dat er sinds de jaren 80 al veel onderzoek is gedaan naar de meest optimale omgeving voor patiënten. Het was duidelijk dat er veel problemen zijn op het gebied van geluid in zorginstellingen en dat dit patiënten belemmert in hun genezingsproces. Er waren echter maar weinig studies waarbij zelf geluidmetingen waren gedaan. Door de koppeling tussen subjectieve gegevens over de beleving van geluid en objectieve data van geluidmetingen werd het onderzoek pas echt interessant!

Het tot stand komen van deze afstudeerscriptie had niet gekund zonder de nodige ondersteuning. Ten eerste wil ik Dennis Faas bedanken voor zijn begeleiding en hulp tijdens mijn afstudeerperiode. Ook wil ik Marten Valk en mijn begeleider vanuit de hogeschool Kees van Kranenburg bedanken voor hun input. Tom Vooges en het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis in Nijmegen voor de samenwerking en de kans om het onderzoek in de praktijk toe te passen. Bastiaan Beerens voor zijn hulp en geduld bij het uitleggen van het programma Odeon, wat soms niet al te gemakkelijk ging via Lync. Richard de Bruijn voor zijn hulp met het maken van de richtlijn. Als laatste zijn de grafiekjes die in deze scriptie te zien zijn mede mogelijk gemaakt door de Excel cursus van Jeroen Sap. Verder wil ik alle collega's bij Deerns bedanken voor de ondersteuning en gezelligheid in de afgelopen vijf maanden.

Hester Thoen
Rijswijk, juni 2014

Samenvatting

Een probleem van ziekenhuizen is dat de geluidniveaus de laatste jaren sterk zijn toegenomen. Rondom de patiënt zijn veel geluidbronnen aanwezig die geluiden veroorzaken en deze geluiden worden slecht opgenomen in de ruimte. Dit komt doordat in verband met de reiniging ervan de toegepaste materialen hard moeten zijn, waardoor deze veel geluid reflecteren.

Voor het ontwerp van nieuwe ziekenhuizen wordt tegenwoordig vaak de healing environment als uitgangspunt gebruikt. Hierbij wordt het welzijn, herstel en de genezing van de patiënt gestimuleerd door natuurlijke elementen. In 1984 gaf een studie door Roger Ulrich het eerste wetenschappelijke bewijs voor gezondheidseffecten van een healing environment. Sinds dit onderzoek zijn ook in andere landen onderzoeken gedaan en zijn zorginstellingen met deze data (Evidence Based Design) overtuigd geraakt van het belang van een genezende omgeving voor de patiënt.

Dit onderzoek gaat in op het thema geluid van de healing environment. Geluid kan een positieve bijdragen leveren aan de gezondheid door het verminderen van stress. In tegenstelling tot lawaai, dat ernstige schade aan de gezondheid van mensen kan brengen en mensen belemmert in hun dagelijkse activiteiten. Een van de meest ernstige problemen voor patiënten als gevolg van omgevingsgeluid is slaapverstoring. Een goede ononderbroken nachtrust speelt een essentiële rol in het herstel van de patiënt.

Uit het onderzoek blijkt dat het gemiddelde geluidniveau overdag ongeveer tussen de 50 en 60 dB(A) ligt. Er zijn overdag veel mensen aanwezig, die door spreken en overige activiteiten dit geluidniveau veroorzaken. 's Nachts worden geluidniveaus vooral bepaald door de regelmaat waarin alarmsystemen afgaan en geluiden van patiënten. Of geluiden als hinderlijk worden ervaren, hangt in grote mate samen met de akoestische waarden van het geluid, de tijd en de duur van het geluid en de mogelijkheid om er zelf iets aan te doen. Geluidbronnen op een verpleegafdeling die als het meest hinderlijk worden ervaren zijn medische apparatuur, bezoekers, verplegend personeel, de spoelruimte en medepatiënten. Bezoekers vormen een grote mate van hinder bij patiënten. Spraakoverlast op de afdelingen is dan ook een probleem doordat patiënten in dezelfde ruimte alles letterlijk kunnen verstaan. Naast gesprekken in de ruimten bevinden een groot deel van de geluidbronnen zich op de gang. Toch zijn deze ook goed hoorbaar in patiëntenkamers, doordat van veel kamers de deur open staat. De meerderheid van de patiënten gaf, ondanks de hinder, aan liever de deur van de patiëntenkamer open te laten in verband met zicht op wat 'leven' en het gevoel dat er beter gecontroleerd wordt.

Aan de hand van de probleemstelling in ziekenhuizen is voor verpleegafdelingen en afdeling neonatologie een advies uitgebracht over de gewenste akoestiek. Met toepassing van de richtlijn zal het huidige akoestische klimaat in ziekenhuizen verbeterd worden. Deze richtlijn is gebaseerd op de uitgangspunten van healing environment. Aan geluidniveaus (LA_{eq}) en piekgeluiden (LAF_{max}) worden in de richtlijn eisen gesteld ter bevordering van het genezingsproces van patiënten. Uitgangspunten hierin zijn het garanderen van een goede nachtrust en voorkomen van hinder. Op de afdeling neonatologie zullen strengere eisen gesteld worden om de ontwikkeling van de baby's te beschermen en hun voldoende rust te geven.

Inhoud

Voorwoord	5
Samenvatting.....	7
Inhoud	9
Symbolen.....	13
Begrippen.....	14
Toegepaste normen	14
1. Inleiding.....	15
1.1 Het onderzoek.....	16
2. Toelichting op de akoestiek.....	18
2.1 Akoestiek.....	18
2.2 Akoestische parameters	20
3. Situatie.....	22
3.1 De verpleegafdeling	22
3.2 Afdeling neonatologie	23
4. Healing environment.....	25
4.1 De betekenis van healing environment	25
4.2 Het doel	26
4.3 Uitgangspunten.....	27
4.4 Evidence Based Design	27
4.5 Conclusie.....	28
5. Akoestiek en gezondheid.....	29
5.1 Het gehoororgaan	29
5.2 Geluidhinder	30
5.3 Effecten op de gezondheid	31
5.4 Effect van geluid op de prematuur	32
5.5 Slaapverstoring.....	32
5.6 Spraakverstaanbaarheid.....	33
5.7 Positief geluid	34
5.8 Conclusie.....	34
6. Evidence Based	35
6.1 Geluidmetingen.....	35
6.2 Geluidonderzoeken in andere ziekenhuizen	38
6.3 Conclusie.....	41
7. De beleving van geluid.....	42
7.1 Geluidbronnen.....	42
7.2 Deuren	45
7.3 Soorten kamers.....	46
7.4 Ervaring van geluid	48
7.5 Conclusie.....	48
8. Richtlijn.....	49
8.1 Omgevingsgeluiden.....	49
8.2 Nagalmtijd.....	50
8.3 Speech Transmission Index.....	50
8.4 Ruimtelijk verval.....	50

8.5 Geluidisolatie	51
8.6 Conclusie.....	51
9. Toepassing in het CWZ	52
9.1 Streefwaarden	52
9.2 Oplossingsrichtingen.....	59
9.3 Conclusie.....	64
10. Conclusies en aanbevelingen	65
10.1 Conclusie.....	65
10.2 Canisius Wilhelmina Ziekenhuis	66
10.3 Neonatologie	67
10.4 Vervolgonderzoeken.....	68
Literatuurlijst	69

Tabellen

Tabel 1: Klassen van spraakverstaanbaarheid en privacy in STI-waarden (8).....	21
Tabel 2: Blootstelling in uren en effecten op de lange termijn (23).....	32
Tabel 3: Geluidniveaus en bijbehorende effecten (29).....	33
Tabel 4: LAeq voor dag, avond en nachtperiode	36
Tabel 5: Gemeten nagalmtijden.....	38
Tabel 6: Richtlijn omgevingsgeluiden verpleegafdeling	49
Tabel 7: Richtlijn omgevingsgeluiden neonatologie	49
Tabel 8: Richtlijn nagalmtijd.....	50
Tabel 9: Richtlijn STI-waarden	50
Tabel 10: Richtlijn DL2 en D2S	50
Tabel 11: Richtlijn geluidisolatie.....	51
Tabel 12: Equivalent geluidniveau, gemeten en gewenst.....	52
Tabel 13: Piekgeluiden, gemeten en gewenst.....	52
Tabel 14: Nagalmtijden, gemeten en gewenst.....	53
Tabel 15: Berekende nagalmtijd in de gang	53
Tabel 16: Berekende nagalmtijd bij de entree	53
Tabel 17: Gewenste absorptiecoëfficiënt per ruimte	53
Tabel 18: Absorptiecoëfficiënt per ruimte.....	54
Tabel 19: Berekende nagalmtijd in de gang met absorptie	54
Tabel 20: Berekende nagalmtijd in de entree met absorptie.....	54
Tabel 21: Geluidisolatie gewenste waarden en bestaande situatie	58
Tabel 22: STI van een gesprek binnen de ruimte.....	59
Tabel 23: STI van een gesprek binnen de ruimte met gordijnen.....	59
Tabel 24: STI van een gesprek binnen de ruimte met gordijnen en absorptie.....	60
Tabel 25: STI van een gesprek binnen de ruimte met gordijnen, absorptie en sound masking...	61
Tabel 26: Maatregelen voor het verlagen van de STI waarde.....	61
Tabel 27: STI van een gesprek binnen de ruimte met split en absorptie.....	62
Tabel 28: STI van een gesprek bij de balie	62
Tabel 29: STI van een gesprek bij de balie met absorberende wand.....	62
Tabel 30: STI van een gesprek bij de balie met absorberend materiaal.....	63

Figuren

Figuur 1: Verspreiding van geluid (2).....	18
Figuur 2: Opvallende geluidenergie op een oppervlak (3).....	19
Figuur 3: A-weging van geluid (5).....	19
Figuur 4: Luchtfoto CWZ.....	23
Figuur 5: Healing environment in het Sophia Kinderziekenhuis	26
Figuur 6: Invloed van omgevingsfactoren (15).....	26
Figuur 7: Uitgangspunten voor een healing environment (13) (14) (18)	27
Figuur 8: Ontwikkeling gehoororgaan foetus.....	29
Figuur 9: Relatie blootstelling aan lawaai en gezondheidseffecten (16)	31
Figuur 10: Geluidniveau metingen.....	36
Figuur 11: Hoogte van piekgeluiden per kamer	37
Figuur 12: Histogrammen van LAeq voor drie verschillende perioden (31)	38
Figuur 13: Geluidniveaus tijdens de nacht (32).....	39
Figuur 14: Geluidhinder door bronnen afdeling longziekten en cardiologie	43
Figuur 15: Geluidhinder door bronnen kort verblijf	45
Figuur 16: Voorkeur kamerdeur open of gesloten	45
Figuur 17: Voorkeur kamer van patiënten afdeling longziekten en cardiologie	46
Figuur 18: Voorkeur kamer van patiënten kort verblijf.....	47
Figuur 19: Absorptiecoëfficiënt Ecophon Hygiene Advance Wall C3.....	54
Figuur 20: STI versus distance binnen een ruimte.....	55
Figuur 21: STI versus distance van balie naar patiëntenkamer.....	56
Figuur 22: STI versus distance van gang naar patiëntenkamer.....	56
Figuur 23: D2S versus rD in een ruimte.....	57
Figuur 24: D2S versus rD van balie naar patiëntenkamer	58
Figuur 25: D2S versus rD in een ruimte met gordijnen.....	60
Figuur 26: Geluidabsorptiewaarden ruimtedeler Merford.....	62
Figuur 27: D2S versus rD van balie naar patiëntenkamer	63

Symbolen

A	Absorptie ($\text{m}^2 \cdot \text{O.R.}$)
D2,S	Ruimtelijk verval per afstandsverdubbeling ten gevolge van spraak (dB(A))
DnT	Op de nagalmtijd genormeerde luchtgeluidisolatie (dB)
I _{lu}	Isolatie-index voor luchtgeluid (dB)
L	Geluidniveau (dB)
L _p	Gemeten geluidniveau ten gevolge van een bron (dB)
L _{p,B}	Achtergrondgeluidniveau
L _w	Geluidvermogeniveau (dB)
L _A	Logaritmische optelling van geluiddruk niveaus volgens A-weging (dB(A))
L _{AFmin}	Het minimum A-gewogen geluidniveau, gemeten met een snelle integratietijd (Fast) (dB(A))
L _{AFmax}	Het maximum A-gewogen geluidniveau, gemeten met een snelle integratietijd (Fast) (dB(A))
L _{AFpeak}	De maximum waarde die bereikt wordt bij een geluidniveau, de werkelijke piek (dB(A))
L _{A,eq}	Equivalent geluidniveau (dB(A))
Q	Richtingsfactor van een geluidbron
S	Oppervlak (m^2)
STI	Speech Transmissie Index
T	Nagalmtijd (s)
V	Volume van een ruimte (m^3)
SEL	Sound Exposure Level (dB)
a	Deel van het opvallende geluid dat geabsorbeerd wordt
r	Deel van het opvallende geluid dat gereflecteerd wordt
α	Geluidabsorptiecoëfficiënt
r _D	Verstoringsafstand (Distraction distance)
r _P	Privacy afstand (Privacy distance)

Begrippen

A-weging	Gewogen geluidniveau, gecorrigeerd voor de gevoeligheid van het menselijk gehoor
Distraction Distance	Afstand van de spreker waar de STI onder de 0,5 valt
Equivalent geluidniveau	Het lange termijn gemiddelde van het wisselende geluidniveau, voorzien van de A-weging
Flutterecho	Snelle opeenvolging van echo's tussen twee parallelle geluidreflecterende oppervlakken
Frequentie	Aantal trillingen per seconde, eenheid: Hz.
Geluidabsorptiecoëfficiënt	Materialen en structuren met het vermogen om de akoestische energie(geluid) om te zetten in andere vormen van energie. Zij kunnen de ruimteakoestiek verbeteren door het verminderen van de reflectie van geluid.
Geluiddrukniveau	De drukvariatie veroorzaakt door geluidsgolven in de lucht wordt geluidsdruk genoemd, zonder A-weging gemeten.
Geluidsisolatie	Het vermogen van een gebouwelement of -structuur om de geluidsoverdracht te verminderen, $D_{n,f,w}$, R_w or $R'w$
Lawaai	Ongewenst geluid
Nagalmtijd	De tijd die nodig is om het geluiddrukniveau in een ruimte met 60 dB(A) te laten afnemen nadat een geluidsbron wordt uitgeschakeld.
Piekgeluidniveau	Het maximaal te meten geluidniveau (meterstand fast)
Privacy Distance	Afstand van de spreker waar de STI onder de 0,2 valt
SEL	De totale geluidenergie binnen een bepaalde meettijd, waarbij de tijd is teruggerekend naar 1 seconde
Speech Transmissie Index	Fysische grootheid die de transmissie van spraak met betrekking tot verstaanbaarheid weergeeft

Toegepaste normen

NEN 5077:2006	Geluidwering in gebouwen
NPR 5097:2006	Geluidwering in gebouwen
NEN-EN-ISO 3382-3	Acoustics – Measurement of roomacoustic parameters – Part 3: Open plan offices (ISO3382-3:2012,IDT)
ISO24	Installatiegeluid

1. Inleiding

Het binnenklimaat speelt een steeds grotere rol in het ontwerp van gebouwen. Mensen worden zich meer bewust van de invloed die de omgeving op hun gezondheid heeft. Ook in zorginstellingen ontstaat de vraag naar een omgeving die bijdraagt aan het genezingsproces van patiënten, ook wel healing environment genoemd. Een belangrijk aspect in de healing environment is de akoestiek. Vanuit het architectenbureau 2 double you kwam de vraag wat een optimale akoestische omgeving is voor patiënten op een verpleegafdeling. Sinds 2011 zijn zij bezig met de renovatie het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis in Nijmegen en dit zal meerdere jaren in beslag nemen.

Verschillende studies tonen aan dat patiënten in ziekenhuizen worden blootgesteld aan hoge geluidniveaus. Geluid heeft veel invloed op het herstel van patiënten. Te veel geluid kan vermoeiend zijn en stress veroorzaken. Hierdoor wordt de patiënt belemmerd in het genezingsproces. Essentieel voor een goede genezing is ook een goede, ononderbroken nachtrust. Hoewel voor geluidproblemen in ziekenhuizen recentelijk veel onderzoek is gedaan, zijn er slechts een paar studies die de bevindingen argumenteren aan de hand van geluidmetingen. Overigens zijn er ook weinig studies die de bronnen van de geluidhinder onderzoeken of een richtlijn als resultaat hebben. In dit onderzoek zullen subjectieve gegevens over de beleving van geluid verbonden worden aan objectieve gegevens als geluidmetingen en geluidberekeningen. Aan de hand van deze gegevens en literatuurstudie, zal een richtlijn opgesteld worden die als basis zal dienen voor het ontwerp van een verpleegafdeling.

De probleemstelling in dit onderzoek is als volgt: *Op welke manier kan het akoestische ontwerp van een verpleegafdeling in een ziekenhuis worden geoptimaliseerd?* Om dit te kunnen bepalen zijn eerst de effecten van de omgeving, met name van geluid, op de gezondheid bepaald. Voor het vaststellen van de problemen op verpleegafdelingen in ziekenhuizen zijn geluidmetingen gedaan in verschillende typen kamers. Vanwege verhoogde privacy eisen en ter voorkoming van geluidoverlast worden tegenwoordig alleen nog eenpersoonkamers gerealiseerd in nieuwe ziekenhuizen. Door middel van enquêtes wordt achterhaald wat de wens van patiënten op dit gebied is en hoe zij verschillende geluidbronnen ervaren. Alle data zal samengevoegd worden tot een richtlijn, waarin een advies geven zal worden voor een optimaal akoestisch klimaat op verpleegafdelingen in ziekenhuizen. De richtlijn zal gevalideerd worden met behulp van een simulatieprogramma. Aan de hand van dit programma zullen adviezen aan het betreffende ziekenhuis gegeven worden. Niet alleen zal aandacht besteed worden aan verpleegafdelingen in ziekenhuizen, ook wordt een uitstapje gemaakt naar de afdeling neonatologie, een intensive care afdeling voor te vroeg geboren baby's.

In hoofdstuk 2 zal eerst een inleiding gegeven worden op de akoestiek in het algemeen. In hoofdstuk 3 zal het belang van het onderzoek toegelicht worden en zullen beide casussen geïntroduceerd worden. Vervolgens zal het begrip healing environment toegelicht worden in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 gaat over de effecten van geluid op de gezondheid. De resultaten van het praktijkonderzoek in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis zullen in hoofdstuk 6 (metingen) en hoofdstuk 7 (enquêtes) gepresenteerd worden. Het resultaat van het onderzoek, de richtlijn, zal in hoofdstuk 8 samengevat zijn. De volledige richtlijn is terug te vinden in bijlage 6. Vervolgens zal de toepassing in het CWZ beschreven worden in hoofdstuk 9. Hierbij dienen berekeningen voor de validatie van de richtlijn. Als laatste zullen in hoofdstuk 10 conclusies en aanbevelingen gedaan worden. Overige informatie, resultaten van de metingen en enquêtes, berekeningen en plattegronden zijn te vinden in de bijlagen.

1.1 Het onderzoek

Achtergrond

Het binnenklimaat speelt een steeds grotere rol in het ontwerp van gebouwen. Mensen worden zich meer bewust van de invloed die de omgeving op hun gezondheid heeft. Sinds het einde van de jaren '80 wordt veel onderzoek gedaan naar 'healing environment' in zorginstellingen. Hierbij wordt een omgeving gecreëerd die bijdraagt aan het genezingsproces van patiënten, waarbij de natuur, daglicht, frisse lucht en geluid de hoofdthema's zijn.

Dit onderzoek gaat in op de akoestiek in ziekenhuizen. Een onderzoek door de John Hopkins University toont aan dat de geluidniveaus in ziekenhuizen over de hele wereld sinds 1960 stijgen. Overdag steeg het gemiddelde geluidniveau van 57 naar 72 dB en 's nachts van 42 naar 60 dB. (1) Dit onderzoek is de aanzet geweest tot vele andere onderzoeken naar geluidoverlast in ziekenhuizen.

Een oorzaak van deze hoge geluidniveaus zijn de vele geluidbronnen die zich in een ziekenhuisomgeving bevinden. Zo zorgen medische apparatuur, telefoons, ventilatie, patiënten en verplegend personeel voor veel geluidsoverlast. Een bijkomend probleem is dat vanwege eisen op het gebied van hygiëne veel harde (slecht geluidabsorberende) materialen toegepast moeten worden. Doordat deze geluiden slecht opgenomen worden in de ruimte ontstaan deze hoge geluidniveaus.

Aanleiding

Geluid heeft veel invloed op het herstel van patiënten. Te veel geluid is vermoeiend en heeft stress tot gevolg, waardoor de patiënt niet goed kan genezen. Daarnaast speelt een goede, ononderbroken nachtrust een grote rol in het genezingsproces van de patiënt, omdat het grootste deel van het herstel proces zich afspeelt tijdens de slaap. Bovendien is slapen bevorderlijk voor het welzijn en de weerstand van de mens.

Ondanks dat er veel onderzoek is gedaan naar wat de geluidproblemen zijn en waardoor deze worden veroorzaakt, zijn er maar weinig studies die oplossingen bieden. Het doel van dit onderzoek is een richtlijn te maken waarin bepaalde ruimteakoestische parameters zijn vastgelegd. Met toepassing van deze richtlijn zal het huidige akoestische klimaat in ziekenhuizen verbeterd worden.

Probleemstelling

Centrale onderzoeksvraag

“Op welke manier kan het akoestische ontwerp van een verpleegafdeling in een ziekenhuis worden geoptimaliseerd?”

Deelvragen

1. Wat wordt er verstaan onder een healing environment?
2. Wat is er al bekend over de relatie tussen akoestiek en gezondheid?
3. Welke specifieke eisen worden gesteld aan het ontwerp van ziekenhuizen?
4. Wat zijn de problemen op het gebied van akoestiek op de afdeling neonatologie in ziekenhuizen?
5. Wat zijn de problemen op het gebied van akoestiek op verpleegafdelingen in ziekenhuizen?
6. Welke akoestische parameters resulteren in een goede akoestiek op een verpleegafdeling?
7. Welke richtlijnen kunnen worden gesteld om een gunstige akoestiek voor een verpleegafdeling te ontwerpen?

Onderzoeksmethode

In dit onderzoek wordt aan de hand van literatuurstudie, metingen en enquêtes een richtlijn opgesteld die geschikt is voor verpleegafdelingen in ziekenhuizen. Healing environment is een subjectief begrip, welke gaat over de behaaglijkheid in bepaalde ruimten. Om de healing environment te kunnen toetsen moeten deze gegevens objectief worden gemaakt aan de hand van parameters. Deze objectieve benadering van healing environment wordt evidence based design genoemd.

De parameters die getoetst zullen worden zijn: geluidniveau (L_{Aeq}), piekgeluiden (L_{Amax}), nagalmtijd (T), spraakoverdracht (STI) en ruimtelijk verval (DL2 en D2S). Om de waarden van de L_{Aeq} en L_{Amax} te kunnen vaststellen wordt vier dagen lang een geluidmeting gedaan, 24-uur per dag, in vier verschillende typen kamers. Daarnaast wordt in vier verschillende typen kamers de nagalmtijd gemeten, en aan de hand van T20 bepaald. Na deze metingen wordt met een simulatieprogramma, Odeon, de bestaande situatie nagebootst en verbeterd. Deze waarden zullen opgenomen worden in de ontwerprichtlijn.

Randvoorwaarden

Dit onderzoek zal zich richten op verpleegafdelingen in ziekenhuizen. Het thema, healing environment, is een erg breed begrip. Daarom zal alleen ingegaan worden op het onderwerp akoestiek.

De richtlijn zal gaan over geluid van binnen. Overig geluid dat van buiten afkomstig is, wordt in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten worden.

Het uitgangspunt van dit onderzoek is een genezende omgeving te creëren voor patiënten. De behoefte van overige gebruikers zal hierin niet meegenomen worden.

2. Toelichting op de akoestiek

2.1 Akoestiek

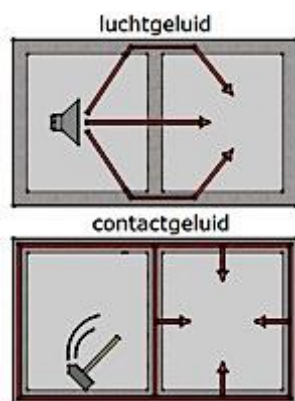
De akoestiek is een eigenschap van een ruimte die iets zegt over de manier van voortplanting en verspreiding van geluid. Elke ruimte heeft andere akoestische waarden die kenmerkend zijn voor die ruimte. Hierdoor zal het geluid in elke ruimte anders ervaren worden.

De akoestiek kan beïnvloed worden door het toevoegen of verwijderen van de hoeveelheid akoestisch materiaal in die ruimte. Dit kan gedaan worden door bouwkundige- of tijdelijke aanpassingen aan te brengen. Tijdens het ontwerpproces wordt de bouwfysisch adviseur vaak al ingeschakeld om advies te geven over het comfort van een gebouw, zo ook over het akoestisch comfort. In deze fase kan de akoestiek worden beïnvloed door middel van de bouwconstructie, indeling, inrichting, materialisering, grootte en vorm van de ruimten.

In verschillende ruimten zal een andere akoestiek noodzakelijk zijn. Door te kijken naar het gebruik van de ruimte kan ingespeeld worden op de eisen. Zo zal een muziekgebouw andere eisen stellen dan een collegezaal of vergaderruimte. Door rekening te houden met reflecties van de vloer, wanden en het plafond kan een optimale situatie gecreëerd worden voor elk type gebouw.

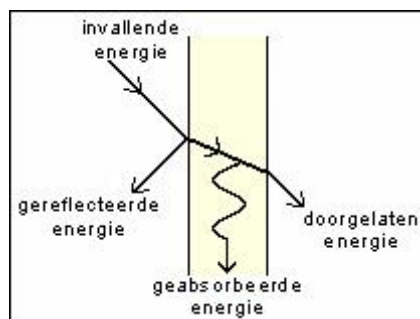
Geluid, en de daarbij horende akoestiek, is een complex begrip. In het Bouwbesluit worden weinig eisen gesteld om aan een comfortabele situatie te voldoen. Wel worden eisen gesteld voor het weren van geluid ten gevolge van industrie-, weg-, spoorweg-, of luchtvaartlawaai en minimale eisen voor het weren van geluid van buiten voor bepaalde functies. Binnen het gebouw zijn eisen gesteld voor bescherming tegen geluid van installaties. Gezien de hoeveelheid bronnen die geluid kunnen veroorzaken, zal door middel van deze eisen alleen geen comfortabele situatie ontstaan. (2)

Er kunnen twee soorten geluidbronnen onderscheiden worden, luchtgeluid en contactgeluid. Het verschil hierin is de manier waarop trillingen worden veroorzaakt in de ruimte. Bij luchtgeluid wordt de lucht in beweging gebracht, door middel van de stem, een muziekinstrument of een geluidbox. Contactgeluid wordt veroorzaakt door het in trilling brengen van de constructie, ten gevolge van lopen, het neerzetten van iets of het sluiten van een deur. Beide vormen van verspreiding komen voor in ziekenhuizen, maar de nadruk zal in dit onderzoek liggen op luchtgeluid. Deze geluiden worden in een ziekenhuis veroorzaakt door bijvoorbeeld gesprekken tussen personen, alarmsystemen en werkzaamheden, zoals het sluiten van laden.



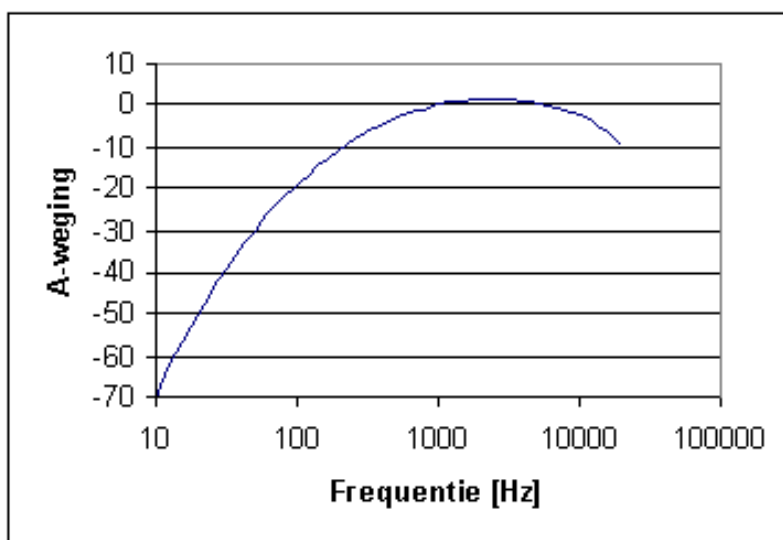
Figuur 1: Verspreiding van geluid (3)

Na het verspreiden van het geluid door de bron kunnen geluidgolven zich naar alle kanten uitbreiden. De golf bevindt zich dan in het 'vrije veld'. Bij de begrenzingen van de ruimte, zal het geluid worden weerkaatst. Het geluidniveau in de ruimte wordt bepaald door de absorptiewaarde van de vlakken waarop het geluid weerkaatst, oftewel gereflecteerd wordt. Naast reflectie en absorptie kan het geluid ook diffuus gereflecteerd worden. Hierbij wordt het geluid in verschillende richtingen gereflecteerd.



Figuur 2: Opvallende geluidenergie op een oppervlak (4)

Geluid is niet bij alle frequenties even goed hoorbaar voor mensen. Dit komt door de gevoeligheid van het gehoorzintuig. Hoge en lage tonen worden hierdoor minder goed waargenomen. De sterkte van geluid wordt daarom vaak weergegeven in de grootte dB(A). Deze is afgeleid van dB, maar gecorrigeerd voor de gevoeligheid van het menselijk gehoor. Ook bij geluidmetingen wordt vaak gebruik gemaakt van een A-filter. De gemeten niveaus worden dan gewogen niveaus genoemd. In Figuur 3 wordt de weging weergegeven. De grootste gevoeligheid van het gehoor bevindt zich rond de 1000 Hz. Andere frequenties worden minder sterk waargenomen dan de werkelijke geluidsterkte. Naast het A-filter, wordt ook de C-filter soms gebruikt voor zeer hoge niveaus. Het D-filter is ontwikkeld voor hinder van luchtverkeerlawaa. (5)



Figuur 3: A-weging van geluid (6)

2.2 Akoestische parameters

Dit onderzoek richt zich op de akoestiek van verpleegafdelingen in ziekenhuizen. De geluiden die geproduceerd worden in deze omgeving kunnen gekoppeld worden aan bepaalde akoestische parameters, namelijk geluidniveaus (L_{Aeq}) en piekgeluiden (L_{AFmax}). De ruimte akoestische parameters; nagalmtijd (T), Speech Transmission Index (STI), ruimtelijk verval (DL2 en DS2) zullen in dit onderzoek gebruikt worden om de akoestische kwaliteit van een verpleegafdeling in een ziekenhuis te bepalen.

Deze akoestische parameters zullen bepaald worden aan de hand van NEN-EN-ISO 3382-3.

Equivalent geluidniveau

Het equivalent geluidniveau is een meeteenheid, welke variërende geluidniveaus gemiddeld tot één waarde uitdrukt. De grootheid L_{Aeq} , welke in dit onderzoek gebruikt wordt, wordt gebruikt om het gewogen geluidniveau aan te geven. Het geluidniveau wordt gemeten in dB(A) en houdt rekening met de gevoeligheid van het menselijk oor. Wanneer het equivalente geluidniveau wordt bepaald zonder deze weging, spreekt men van een equivalent geluiddrukkniveau. (7)

Piekgeluid

Piekgeluiden zijn impulsachtige geluiden die optreden. Het is het maximale geluidniveau dat optreedt binnen een bepaalde tijd. Dit begrip kan aangegeven worden met L_{Apeak} en L_{Amax} . Hierbij is L_{Apeak} de absolute piek die optreedt en L_{Amax} het maximum level. L_{Amax} heeft dus een grotere tijdschaal en is minder exact. In dit onderzoek zal L_{Amax} gebruikt worden, gewogen met een Fast tijdweging (125 ms).

Nagalmtijd

De nagalmtijd is een belangrijke parameter in de ruimteakoestiek. Met deze nagalmtijd wordt de snelheid bedoeld, waarmee het geluid in een ruimte met 60 dB(A) afneemt, nadat de geluidbron is stop gezet. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van T_{20} , welke een afname van 20 dB(A) weergeeft. Deze tijd wordt vermenigvuldigd met een factor drie om de afname van 60 dB(A) te kunnen bepalen. Deze nagalmtijd zal invloed hebben op de spraakverstaanbaarheid en het geluidniveau.

Voor diverse functies is zal de gewenste nagalmtijd verschillen. Deze nagalmtijd is te beïnvloeden door de hoeveelheid absorberend materiaal en de inrichting van de ruimte.

Speech Transmission Index

De Speech Transmission Index (STI), is een grootheid die de geluidoverdracht van spraak weergeeft met betrekking tot verstaanbaarheid. Deze verstaanbaarheid is afhankelijk van het geluidsniveau van de spraak, achtergrondgeluid, reflecties, nagalmtijd en maskeereffecten.

De STI-waarde kan variëren tussen 0 en 1, waarbij STI = 0 een slechte verstaanbaarheid en STI = 1 een uitstekende spraakverstaanbaarheid betekent. De klassen van spraakverstaanbaarheid zijn volgens de norm NEN-EN-ISO 9921 en de richtlijn NPR 3438. In Tabel 1 zijn klassen van spraakverstaanbaarheid weergegeven. De omgekeerde grootheid van spraakverstaanbaarheid, privacy, speelt daarnaast ook een rol in een ziekenhuisomgeving. (8)

Tabel 1: Klassen van spraakverstaanbaarheid en privacy in STI-waarden (9)

	STI < 0.30	0.30 < STI < 0.45	0.45 < STI < 0.60	0.60 < STI < 0.75	STI > 0.75
Spraakverstaanbaarheid	slecht	matig	redelijk	goed	uitstekend
Privacy	zeer hoog	hoog	matig	laag	geen

Ruimtelijk verval

Het ruimtelijk verval, geluidafname per afstandsverdubbeling, bestaat uit twee parameters DL2 en D2S. Beide parameters hanteren het feit dat naarmate de afstand tot de geluidbron toeneemt, het geluidsniveau af zal nemen. Het ontwerp van de ruimte (vorm, meubilair, oppervlakte afwerking etc.) heeft invloed op deze mate waarmee het geluidsniveau afneemt. Beide zijn parameters die in kantoortuinen toegepast worden. Het verschil tussen de twee parameters bestaat uit de geluidbron. D2S, spatial decay rate of speech, wordt gebruikt voor ruimtelijk verval bij de geluidbron, welke gaat over spreken. Alle overige geluidbronnen zullen bij de parameter DL2 ondergebracht worden. Het verschil hiertussen is het spectrum waarin gesproken wordt. (10)

3. Situatie

Dit onderzoek richt zich op de akoestiek in ziekenhuizen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de standaard verpleegafdeling, de afdeling kort verblijf en de afdeling neonatologie. Deze verschillende afdelingen lopen sterk uiteen, met grote verschillen in het soort patiënten, de benodigde apparatuur en verzorging. Daarnaast zal ook de dagindeling verschillen per afdeling.

Een probleem van ziekenhuizen is dat de geluidniveaus de laatste jaren sterk zijn toegenomen. Hier zijn verschillende redenen voor aan te dragen. Ten eerste is er meer apparatuur rondom de patiënt aanwezig; beademingsapparatuur, infuuspompen en monitoren geven een constant geluid of een alarmsignaal af. Ten tweede is er meer personeel op de afdeling aanwezig. Voor elke soort hulp is een specialist, welke regelmatig de patiënt bezoekt. Als laatste is de druk op ziekenhuizen toegenomen. Er zijn meer patiënten, de verblijfsduur is verkort, waardoor meer drukte ontstaat op de afdeling. Deze geluiden, van gesprekken en activiteiten van mensen en pulsgeluid en alarmsignalen van apparatuur, worden slecht opgenomen door ziekenhuisomgevingen. De toegepaste materialen moeten voldoen aan de hygiënische eisen die in een ziekenhuis gesteld worden. Doordat deze materialen gemakkelijk te reinigen moeten zijn, zijn deze hard en reflecteren veel geluid.

Voor het realiseren van nieuwe ziekenhuizen wordt vaak healing environment als uitgangspunt gebruikt. Hierbij wordt de genezing van de patiënt gestimuleerd door natuurlijke elementen. Ook in dit onderzoek zal de basis in de healing environment liggen. Dit subjectieve begrip zal worden beargumenteerd met objectieve data, wat Evidence Based Design wordt genoemd.

3.1 De verpleegafdeling

Op verpleegafdelingen verblijven patiënten met een specifiek ziektebeeld voor een aantal dagen tot een aantal weken. Tijdens deze periode worden zij behandeld en zullen zij voldoende moeten herstellen om weer zelfstandig te kunnen wonen.

Voor deze gebruikers van het gebouw is akoestiek een belangrijk aspect. Patiënten zijn vaak niet in staat om zich van bepaalde geluiden af te sluiten. De bijkomende effecten van geluidhinder op de gezondheid zijn een grote last voor mensen die al ziek zijn. Patiënten die herstellen van een ziekte of revalideren hebben behoefte aan rust en stilte om stress te beperken en de slaap niet te verstoren.

Canisius Wilhelmina Ziekenhuis

Een deel van het onderzoek heeft plaats gevonden in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis in Nijmegen. De metingen en enquêtes die in dit ziekenhuis zijn gedaan hebben de basis gevormd voor de richtlijn voor de standaard afdelingen en de afdeling kort verblijf.

Het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis (CWZ) is een groot, algemeen ziekenhuis in Nijmegen. Twee jaar geleden is een uitbreiding gedaan voor de Spoed Eisende Hulp (SEH), huisartsenpost (HAP), tandartspraktijk (TAP), apotheek en bestralingsbunkers. Nu zijn zij bezig met een renovatie voor alle overige afdelingen in het gebouw. Deze renovatie is in 2011 gestart en zal nog een aantal jaren in beslag nemen.

Het architectenbureau, welke de renovatieplannen ontwerpt, is 2 double you. Zij houden zich bezig met het adviseren, ontwerpen en managen van projecten in de zorg. Voorgaande projecten stonden al eerder in het thema van healing environment, maar om projecten beter te onderbouwen ontstond de behoefte aan bewijs. In dit onderzoek zal dan ook ingegaan worden op die vraag.

Het ziekenhuis bestaat uit drie verdiepingen met de entree op de eerste verdieping. De onderzoeken hebben zich afgespeeld op drie verpleegafdelingen: afdeling longziekten (B22), cardiologie (B24) en kort verblijf (C42), welke zich in de zijvleugels van het gebouw bevinden. In het najaar van 2014 zullen deze afdelingen gerenoveerd worden.



Figuur 4: Luchtfoto CWZ

3.2 Afdeling neonatologie

Een ander deel van dit onderzoek speelt zich af op de afdeling neonatologie. Deze afdeling verschilt sterk van de verpleegafdeling, door de mate van kwetsbaarheid van de patiënten en het verschil in aanwezige apparatuur. De afdeling wordt ook wel NICU genoemd, Neonatale Intensive Care Unit.

De laatste jaren wordt veel onderzoek gedaan naar het optimaliseren van de afdeling neonatologie in ziekenhuizen. Op deze afdeling worden in hoog tempo vernieuwingen voor de optimale behandeling van te vroeg geboren baby's, ook wel prematuren genoemd, bedacht. Uit onderzoek blijkt dat bij premature baby's de effecten van geluid groter zijn als bij andere patiënten. Op dit moment zijn er nog geen normen vastgesteld voor de toegestane geluidsniveaus op deze afdelingen. Wel is bekend dat het huidige geluidsniveau op de afdelingen te hoog is en dat hierdoor problemen ontstaan in de ontwikkeling van de baby's.

Premature baby's worden geboren tussen de 23^e en de 37^e week van de zwangerschap. Zo'n 7 tot 8% van de kinderen te vroeg geboren. (11) Hoe eerder de baby wordt geboren, hoe minder het lichaam voorbereid is voor de buitenwereld. Doordat deze premature baby's niet het volledige groeiproces hebben doorgemaakt zullen ze een bepaalde tijd in een couveuse op de afdeling neonatologie moeten doorbrengen. Hier worden zij beschermd om de gemiste groeitijd alsnog te kunnen volbrengen. Premature baby's zijn erg kwetsbaar, omdat zij het risico lopen om een handicap te ontwikkelen die hen voor de rest van hun leven zal beïnvloeden. Deze invloed is sterk afhankelijk van hoe vroeg de baby geboren is en de kwaliteit van de zorg die het ontvangt. (12)

Naast te vroeg geboren baby's liggen er ook andere pas geboren baby's met gezondheidsproblemen waarvoor behandeling in het ziekenhuis noodzakelijk is. Dit zijn baby's met een te laag geboortegewicht, een infectie, te lage bloedsuikerspiegel, te lage lichaamstemperatuur, behoefte aan tijdelijke ademhalingsondersteuning, aangeboren afwijkingen of zuurstoftekort bij de bevalling. (13)

Ziekenhuis Curaçao

Het project waar de vraag over een optimale omgeving voor premature baby's speelt, is ziekenhuis Hospital Nobo Otrobanda in Curaçao. Het ziekenhuis is gelegen in de wijk Otrobanda in Willemstad. Het oude ziekenhuis voldoet niet meer aan de vraag en daarom wordt eind 2014 een nieuw ziekenhuis gebouwd.

Het ziekenhuis is een project van Ingenieursbureau Deerns. Zij geven advies over de akoestiek van het gebouw: geluidisolatie van de gevel, interne geluidisolatie en ruimteakoestiek van het atrium en overige binnenruimten. Er is een geluidmeting gedaan ter plaatse door deerns om te bepalen wat de geluidbelasting op de gevel is. In Nederland kan uitgegaan worden van waarden die de gemeente aangeeft, in Curaçao is de gemeente hiervan niet op de hoogte. Daarnaast hebben zij advies gegeven over overige bouwfysische vraagstukken (thermische isolatie, energieuinigheid, comfort) en brandveiligheid.

Aan Deerns is gevraagd een advies te geven over de gewenste akoestiek voor de afdeling neonatologie. In de huidige beroepspraktijk speelt de vraag wat nu een gewenste situatie is voor prematuren om optimaal te kunnen ontwikkelen. In dit onderzoek wordt ingegaan op deze vraag en wordt een advies gegeven voor de afdeling neonatologie.

4. Healing environment

Tijdens het ontwerp van een gebouw staat de gebruiker centraal. De gebruiker wil comfortabel gebruik maken van het gebouw, wat wil zeggen dat deze hierbij niet gehinderd wordt in zijn of haar activiteiten. Belangrijk hierin is de behaaglijkheid, wat betekent dat de omstandigheden voor de gebruiker optimaal zijn. Dit is een complex begrip, want vaak is er niet één, maar zijn er meerdere gebruikers, welke allemaal andere optimale omstandigheden ervaren.

Naast behaaglijkheid is ook gezondheid een belangrijk aspect. Aangenomen kan worden dat elk gebouw dat ontworpen wordt geen nadelige effecten heeft op de gezondheid. Maar er zijn gebouwen waarin de gezondheid een grotere rol speelt, bijvoorbeeld woningen voor mensen met longziekten (astma, COPD), bepaalde allergieën, maar ook verpleegtehuizen en ziekenhuizen.

Steeds meer mensen worden zich bewust van de omgeving waarin zij verblijven. Sinds het einde van de jaren '80 worden ook zorginstellingen zich bewust van de behoefte om een genezende omgeving te creëren. (14) De belangrijkste factor die dit tot stand heeft gebracht is het gegroeide aantal wetenschappelijk bewijs dat de fysieke omgeving, waarin de medische zorg wordt verleend, impact heeft op de gezondheid en het welzijn. Dit wetenschappelijk bewijs wordt Evidence Based Design genoemd. Het Evidence Based Design maakt het subjectieve begrip healing environment objectief met data dat aantoont dat de omgeving werkelijk een bijdrage levert aan de genezing van de patiënt.

De bestaande ziekenhuizen zijn vaak verouderd en leveren over het algemeen geen positieve bijdrage aan het herstel. Bij renovatie of vernieuwing wordt dan vaak de healing environment als uitgangspunt voor een nieuw ontwerp genomen.

4.1 De betekenis van healing environment

Gezondheidszorg instellingen zorgen over het algemeen voor stress bij patiënten en hun familie. Een opname of controle is vaak een ingrijpende gebeurtenis, mensen zijn onzeker over wat er gaat gebeuren. In de afgelopen jaren is de manier van zorg veranderd. Dit heeft ook gevolgen gehad voor de betekenis van healing environment. Patiënten regelen alles graag zelf en willen betrokken worden bij hun eigen genezingsproces. Hiervoor is een open structuur nodig; patiënten willen zicht hebben op de organisatie van het ziekenhuis. Hierdoor vertrouwen zij niet meer volledig op een dokter, maar houden zij zelf de controle over hun gezondheid. (15)

In de beleving van een ziekenhuis zijn er drie factoren die beïnvloedbaar zijn: de kwaliteit van de medische zorg, de manier van omgang van de medewerkers en de omgeving waarin de patiënt zich bevindt. (16) Door een omgeving te creëren die een gunstige invloed heeft op het welbevinden, herstel en genezing van de patiënt, kan een healing environment bijdragen aan een positieve beleving van een ziekenhuis.



Figuur 5: Healing environment in het Sophia Kinderziekenhuis

Een prettige omgeving, waarin de minste stress wordt ervaren, moet begrijpelijk, beïnvloedbaar en betekenisvol zijn. Door dit te combineren met de eisen voor behaaglijkheid, worden gebouwen gecreëerd waar mensen zich zowel lichamelijk als psychologisch goed in voelen. Om goed te kunnen functioneren, moet de omgeving voor een groot deel voorspelbaar (begrijpelijk) zijn. Ten tweede willen mensen graag controle hebben over hun eigen omgeving. Dit komt enerzijds doordat mensen onderling verschillen in de door hen gewenste omstandigheden, anderzijds omdat deze omstandigheden van moment tot moment kunnen verschillen: meer of minder licht, hogere of lagere temperatuur etc. Als laatste kan met inspirerende (betekenisvolle) elementen de aandacht getrokken worden, waardoor angst wordt verminderd en positieve emoties bevordert. (17)

“Met een healing environment wordt een omgeving gecreëerd die een positieve invloed heeft op het welbevinden, herstel en genezing van de patiënt.”

De vier thema's binnen de healing environment zijn natuur, daglicht, frisse lucht en stilte. Deze omgevingsfactoren hebben direct invloed op het waarnemen van het binnenmilieu door de zintuigen en hebben een effect op de lichamelijke en geestelijke toestand van gebruiker. (18) Dit kan het gedrag, de productiviteit en sociale interactie bepalen, zie Figuur 6. De natuur speelt een hoofdrol in de healing environment. Uit onderzoek (Ulrich, 1999) blijkt dat zicht op de natuur, zowel binnen als buiten, invloed heeft op het verminderen van angst en stress, verlagen van de bloeddruk en het verminderen van pijn. (14)



Figuur 6: Invloed van omgevingsfactoren (17)

4.2 Het doel

Het directe doel van het toepassen van een healing environment is de gezondheid van patiënten. In ziekenhuizen komt dit tot uitdrukking in de genezingsduur en het aantrekken van patiënten. Patiënten zullen minder lang in het ziekenhuis verblijven, minder medicatie gebruiken en de kans op infecties en sterfte zal verminderen. (14) (19) Daarnaast wordt ook een prettig werkklimaat gecreëerd voor medewerkers. Hierdoor stijgt de productiviteit en daalt het ziekteverzuim. (17)

4.3 Uitgangspunten

De omgeving heeft niet alleen invloed op de lichamelijke gezondheid, ook psychisch levert de omgeving een bijdrage aan het herstel van patiënten. Om dit te bereiken zijn de volgende uitgangspunten in een ontwerp van toepassing, zie Figuur 7.



Figuur 7: Uitgangspunten voor een healing environment (14) (16) (20)

Door deze omgevingsfactoren te creëren worden negatieve emoties die de fysieke omgeving kan oproepen voorkomen, zoals crowding (drukbeleving), agressie en angst. Ook kan de omgeving een gezonde leefwijze stimuleren, of negatieve gewoonten doorbreken. (16)

4.4 Evidence Based Design

Van oudsher is het ontwerp van de healing environment gebaseerd op praktische ervaring en filosofische overwegingen, in plaats van op wetenschappelijk bewijs. In 1984 kwam hier verandering in, doordat een studie door Roger Ulrich het eerste wetenschappelijke bewijs leverde voor gezondheidseffecten van een healing environment. Patiënten die een operatie hadden ondergaan en op een kamer lagen met uitzicht op natuur leden minder complicaties, gebruikten minder pijnmedicatie en hadden een korter verblijf dan degenen met een uitzicht op een bakstenen muur.

Deze wetenschappelijke benadering van het ontwerpen van een healing environment wordt 'Evidence Based Design' genoemd. Bij het ontwerpen een ziekenhuis wordt hierbij gebruik gemaakt van wetenschappelijk bewijs over de effectiviteit van het comfort. Subjectieve gegevens van patiënten, zoals stemming en slaapkwaliteit worden aangevuld met gegevens van medicijngebruik, verblijfsduur, kans op infecties en medische fouten. (14)

Sinds het onderzoek van Roger Ulrich in 1984 is ook in andere landen onderzoek gedaan naar healing environment. Een aantal studies toont inmiddels aan dat verschillende aspecten van de fysieke omgeving, zoals de opzet van de afdeling, gereduceerd geluid, toegang tot buitenruimten gerelateerd worden aan betere resultaten op het gebied van de gezondheid. Dit wordt ervaren door een betere slaap, betere oriëntatie, minder agressie en ontregeld gedrag, meer sociale interactie en een algemene toename van de tevredenheid van zowel patiënten als familie en medewerkers. (16)

4.5 Conclusie

Een ziekenhuisomgeving brengt voor veel mensen stress met zich mee. Door het ontwerp te baseren op de ideeën van de healing environment wordt een omgeving gecreëerd die een positieve invloed heeft op het welbevinden, herstel en genezing van de patiënt. Om ziekenhuizen te overtuigen van het belang van een goede omgeving is wel harde data nodig. Hierdoor wordt de beleving van de healing environment meetbaar (Evidence Based Design). Wanneer ziekenhuizen hun medische zorg en de omgeving hierop aanpassen geven zij hun patiënten een betere ervaring bij een bezoek aan het ziekenhuis en kunnen kosten bespaard worden door een korter verblijf en minder medicatie.

5. Akoestiek en gezondheid

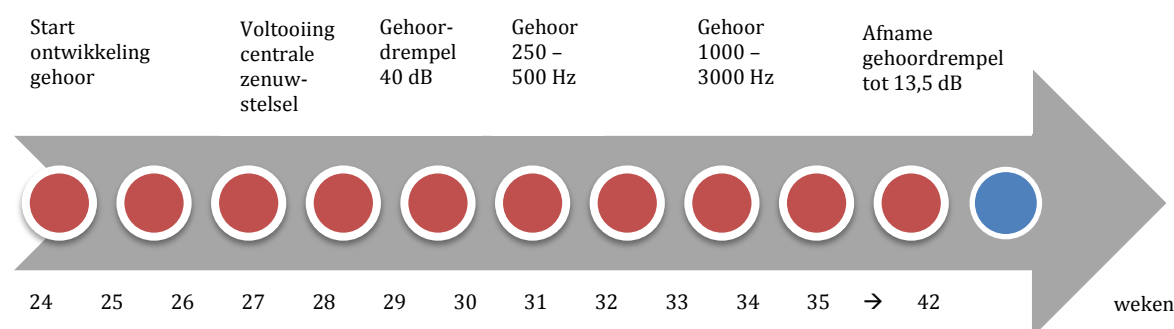
Het onderdeel van de healing environment waar dit onderzoek verder op ingaat is geluid. Geluid kan een positieve bijdragen leveren aan de gezondheid door het verminderen van stress. In tegenstelling tot lawaai, dat ernstige schade aan de gezondheid van mensen kan brengen en mensen belemmert in hun dagelijkse activiteiten. (18) Ook kan blootstelling aan hard geluid schade toebrengen aan het gehoor. Hier wordt in dit hoofdstuk niet verder op ingegaan, omdat dit geen rol speelt in de gezondheidszorg.

Ongewenste geluiden kunnen tot fysieke en mentale klachten leiden, welke zich zowel op de korte als op de lange termijn kunnen ontwikkelen. Of een geluid daadwerkelijk tot hinder leidt, kan per persoon en per situatie verschillen. De ervaring van geluid is vaak subjectief, waardoor geluid voor de ene persoon als prettig wordt ervaren en door de ander als bron van irritatie. (21)

5.1 Het gehoororgaan

Het menselijk oor is gevoelig voor frequenties tussen de 20 Hz en 20000 Hz, met de grootste gevoeligheid van 1000 Hz tot 5000 Hz. (22) Dit gehoorspectrum verschilt per persoon en kan veranderen door ouderdom en omgevingsinvloeden. (18)

Tijdens de zwangerschap wordt het gehoororgaan in verschillende stadia ontwikkeld. Voor premature baby's, die tussen de 23^e en 37^e week van de zwangerschap worden geboren, zullen geluiden per baby anders ervaren worden. De ontwikkeling van het gehoor is dus een belangrijke basis om een goede akoestische omgeving te creëren voor de afdeling neonatologie. (23) (24)



Figuur 8: Ontwikkeling gehoororgaan foetus

In Figuur 8 is de ontwikkeling van het gehoor van de foetus weergegeven.

- De ontwikkeling van het gehoor begint bij 24 weken zwangerschap. Tijdens de 15 opvolgende weken heeft geluid invloed op het gedrag van de foetus en de ontwikkeling van het zenuwstelsel. De foetus luistert met een veel kleiner bereik dan volwassenen, namelijk van 300 tot 3000 Hz.
- Het centrale zenuwstelsel zal bij 28 weken geheel voltooid zijn.
- De gehoordrempel bij 27 tot 29 weken zwangerschap is ongeveer 40 dB(A).
Bij 27 weken beginnen foetussen te reageren op tonen van 250 tot 500 Hz.
Bij 29 tot 31 weken reageren de meeste foetussen op tonen van 1000-3000 Hz.
Tussen 33 en 35 weken zwangerschap reageert 100% op tonen van 1000-3000 Hz.
- Bij 42 weken zwangerschap neemt de gehoordrempel af tot een bijna volwassen niveau van 13,5 dB(A).

In de baarmoeder worden door de foetus vooral laag frequente geluiden waargenomen, kleiner dan 500 Hz. Geluiden vanaf 500 Hz worden geluiden gedempt met 40 tot 50 dB. De geluidomgeving van de foetus wordt veroorzaakt door enkele gedempte ritmische achtergrondgeluiden, zoals de hartslag, en geluiden uit de omgeving waarin de moeder zich bevindt.

Tijdens het verblijf op de afdeling neonatologie zal de ontwikkeling van de hersenen en orgaansystemen, zoals het gehoor, op dezelfde wijze gestimuleerd moeten worden als in de baarmoeder. Op deze manier wordt voorkomen de baby een achterstand krijgt in de ontwikkeling en een handicap ontwikkelt voor de rest van zijn leven.

5.2 Geluidhinder

Niet al het geluid dat wordt waargenomen is hinderlijk. Dit hangt in grote mate samen met de akoestische waarden van het geluid, de tijd en de duur van het geluid en de mogelijkheid om er zelf iets aan te doen. Deze factoren kunnen gesplitst worden in twee groepen: akoestische factoren en niet-akoestische factoren. (21)

Akoestische factoren

- Hoogte van het geluidniveau
- Frequentie van het geluid
 - Laagfrequent geluid met frequenties tussen de 20-125 Hz is extra hinderlijk, omdat het zich sterk van gewoon hoorbaar geluid onderscheidt.
- Regelmaat van optreden van het geluid
 - Hoe vaker het geluid optreedt hoe eerder het als hinderlijk wordt ervaren.
- Tijdstip op de dag waarop het optreedt (dag, avond, nacht)
 - Overdag wordt belemmering van de werkzaamheden vaak als storend ervaren, 's nachts is de nachtrust erg belangrijk.
- Duur van de maximale geluidniveaus
 - Hoe langer het geluidniveau aanhoudt hoe hinderlijker het wordt ervaren.
- Maskerend effect van het overige geluid in de omgeving
 - Als het geluid wegvalt ten opzichte van het omgevingsgeluid wordt het minder snel als hinderlijk ervaren.
- Karakter van het geluid (impulsachtig, herkenbaarheid, tonaal, muziek)

Niet-akoestische factoren

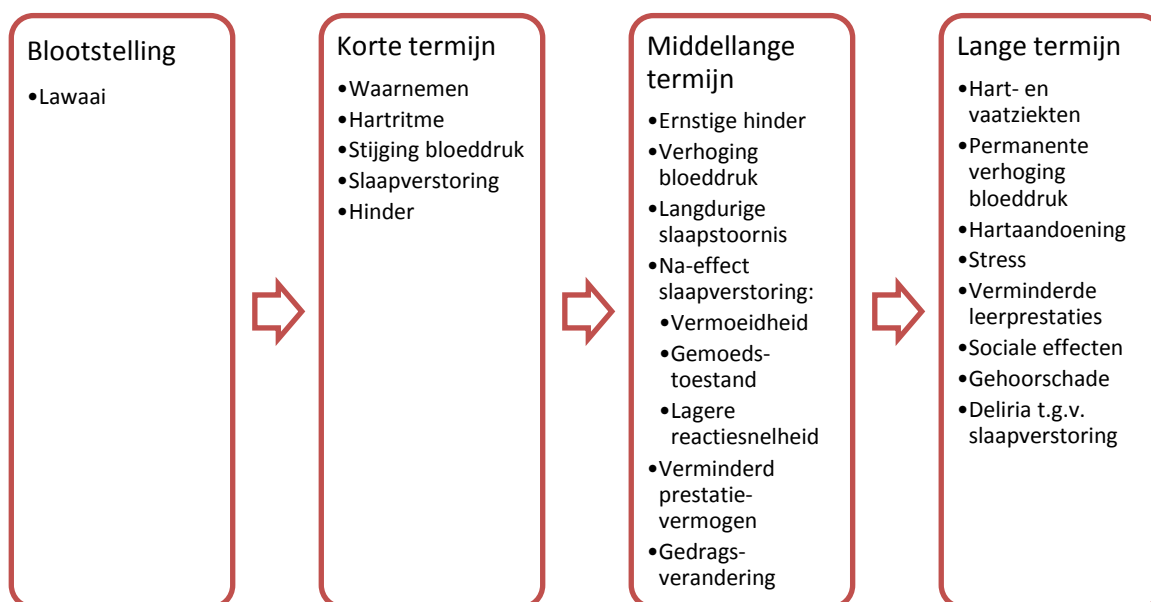
- De mogelijkheid om zich kunnen onttrekken aan de geluidbron
- Voorspelbaarheid van het geluid (hinderbeleving is lager als het geluid valt te voorspellen qua tijdstip, karakter en duur, hierdoor kan men zich erop instellen)
- Algemene houding ten opzichte van de geluidbron (het sociale en economische belang van de geluidbron)
- De mate waarin het geluid beheerst kan worden (naarmate er meer mogelijkheden zijn om wat aan het geluid te doen wordt er minder geaccepteerd)

5.3 Effecten op de gezondheid

Het waarnemen van geluid is de directe reactie van geluid op de gezondheid. Onbewust wordt ingeschat of het geluid negatieve gevolgen heeft op de gezondheid. Via de zenuwen wordt deze informatie doorgegeven aan de hersenen, waar het wordt verwerkt en wordt gebruikt om reacties te geven aan specifieke delen van menselijk lichaam.

Naast het waarnemen van geluid, kunnen geluiden ook tot fysieke en mentale klachten leiden. Lichamelijke klachten ten gevolge van geluidhinder kunnen zich uiten in pijn en vermoeidheid, slechthorendheid, slaapverstoring, hormonale reacties (stress hormonen) en er kunnen mogelijke consequenties voor de stofwisseling en het immuunsysteem optreden. Mentale klachten kunnen zich uiten in irritatie en belemmeren in sociaal gedrag (agressiviteit, protest en hopeloosheid), communicatie en prestaties. (18)

Geluid heeft vele verschillende effecten. In Figuur 9 wordt aangegeven in welke mate en in welke stappen geluid effect heeft op de gezondheid. Grote groepen van de bevolking worden blootgesteld aan lawaai. Een groot deel zal hiervan lichamelijke effecten ondervinden, welke als een natuurlijke reactie op het geluid kunnen worden beschouwd. Deze reactie hoeft niet schadelijk te zijn. Bij een kleiner deel zullen deze natuurlijke reacties overgaan in lichamelijke en psychologische effecten, welke als nadelig kunnen worden beschouwd. Deze effecten doen een aanslag op het welbevinden en de gezondheid. Als laatste zullen voor een paar mensen deze effecten tot ziektebeelden leiden.



Figuur 9: Relatie blootstelling aan lawaai en gezondheidseffecten (18)

Zoals eerder genoemd spelen bij de beleving van geluid persoonlijke factoren een rol. Zo zijn individuele beïnvloedingsfactoren als roken, drinken, erfelijkheid, sociale status, gemoedstoestand en persoonlijk karakter van invloed op de reactie op geluid.

Voor het ervaren van effecten op de lange termijn zijn minimale tijden van blootstelling aan dat geluid bepaald, zie Tabel 2.

Tabel 2: Blootstelling in uren en effecten op de lange termijn (25)

Effect	Blootstelling (eenheid)	Uren	Waarde (dB(A))
Gehoorschade	LAeq	8	80
Bloeddruk	LAeq	8	<85
Hartaandoening	LAeq	16	70
Hinder	Ldn	24	42
Schoolprestatie	LAeq	8	70

5.4 Effect van geluid op de premature

Op premature baby's zijn de effecten van geluid groter dan op baby's, kinderen en volwassenen. Doordat de premature te vroeg geboren is, zijn de hersenen en ook het gehoororgaan nog niet volledig ontwikkeld. De premature kan wel al horen, maar harde geluiden of drukke situaties kunnen schrikreacties veroorzaken. De couveusetijd staat dan ook in het teken van de verdere ontwikkeling van de hersenen. (26) (11)

Effecten van geluid zijn terug te zien in lichamelijke- en gedragsreacties van de premature. (27) (26) (28)

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Lichamelijk <ul style="list-style-type: none"> o Snelle hartslag o Hoge bloeddruk o Snakken naar adem/onregelmatige ademhaling o Kleurverandering van de huid: donker, gemarmerd, grijs, bleek | <ul style="list-style-type: none"> - Gedrag <ul style="list-style-type: none"> o Gespannen uitrekken en strekken o Stuiptjes/ trillen/ schrikachtige bewegingen o Spierspanning (hypertonie) o Wilde, ongecoördineerde bewegingen |
|---|---|

Ook in de latere jaren kunnen nog effecten van geluid ervaren worden. Er zijn testen gedaan met kinderen en volwassenen die na geboorte zijn opgenomen op de afdeling neonatologie. Zij hebben vaak meer last van gehoorproblemen dan anderen die niet na de geboorte zijn opgenomen. Zo heeft 52% van de kinderen die in die periode nog wel goed kon horen later problemen gekregen met het gehoor. (23)

5.5 Slaapverstoring

Een van de meest ernstige problemen als gevolg van omgevingsgeluid is slaapverstoring. Effecten tijdens de slaaperiode zelf zijn moeilijk in slaap vallen, wakker worden en veranderingen in slaapfasen of diepten van slaap, toenemen van bloeddruk, veranderingen in ademhaling en onregelmatige hartslag. De effecten de volgende dag zijn verminderde ontvangen slaapkwaliteit, toegenomen vermoeidheid, dag/nacht ritmeverstoring, verminderde weerstand, verhoogde stress, onrust, depressieve stemming of welzijn, verminderde prestaties en concentratiestoornis. Verstoring van de REM slaap kan leiden tot (IC) deliria en te weinig slaap kan hart- en vaatziekten veroorzaken. (18) (29)

Het gehoor is het enige zintuig dat 's nacht actief is, en ons kan waarschuwen voor naderend gevaar. Het gehoor filtert continu de zinvolle geluiden uit de omgeving. Bij veel geluiden is dit erg vermoeiend en kan dit stress tot gevolg hebben. (30) Een goede ononderbroken nachtrust speelt juist een essentiële rol in het herstel van de patiënt. Het heeft een genezende werking en is bevorderlijk voor het welzijn en de gezondheid. De aanmaak van deze stoffen tijdens de slaap moet zo veel mogelijk gestimuleerd worden voor een goed herstel van de patiënt.

Naast het belang van slaap voor oudere patienten, heeft slaapverstoring grote gevolgen voor premature baby's. Slapen is belangrijk voor de prematuur, omdat dit een periode is om te herstellen en om te groeien. Op de afdeling is vaak geen vast slaap- en waakritme, terwijl de baby's in de baarmoeder ongeveer 80% van de tijd slapen en 20% wakker zijn. (28) Daarom is het voorkomen van slaapverstoring vooral op de afdeling neonatologie van belang.

In Tabel 3 zijn de geluidniveaus en bijbehorende effecten tijdens de slaap weergegeven.

Tabel 3: Geluidniveaus en bijbehorende effecten (31)

Effect		Symbool	Waarde in dB(A)
Biologische effecten	Ontwaking uit REM slaap	LAmax	35
	Toename van beweeglijkheid	LAmax	32
	Veranderingen in duur van variërende slaapstadia, slaapstructuur en slaapfragmentatie	LAmax	35
Slaapkwaliteit	Ontwaken	LAmax	42

5.6 Spraakverstaanbaarheid

Een tegenstrijdig aspect in gezondheidszorginstellingen is spraakverstaanbaarheid. Enerzijds is verstaanbaarheid nodig voor een goede informatieoverdracht en sociale activiteiten en anderzijds is privacy gewenst vanwege eventuele gevoelige informatie. Dit is moeilijk te combineren, vooral in kamers waar meerdere patiënten verblijven.

Spraakverstaanbaarheid kan resulteren in een groot aantal persoonlijke handicaps en gedragsveranderingen; het veroorzaakt sociale isolatie en eenzaamheid. (29) Daar tegenover staat dat bij onvoldoende akoestische privacy een deel van de patiënten niet open is over zijn klachten. Een goede privacy is daarom een noodzakelijke voorwaarde voor een goede diagnose. Situaties in de gezondheidszorg die kritisch zijn qua privacy zijn balies, wachtruimtes met aangrenzende spreekkamers, omkleedruimtes grenzend aan behandelkamers, zustersposten, aan elkaar grenzende spreek- en behandelkamers en meerbedskamers. (32)

5.7 Positief geluid

Niet alle geluid heeft negatieve effecten. In de healing environment spelen ook positieve geluiden een rol. Positieve geluiden zorgen voor rust en hebben stressreductie tot gevolg.

Muziek bijvoorbeeld, kan een stressverlagende invloed hebben. Afhankelijk van de eigen muzikale voorkeur werkt het hartslag- en bloeddrukverlagend en veroorzaakt een verminderde pijnbeleving. Muziek kan ook, net als andere geluiden van bijvoorbeeld ventilatie of verkeer, een maskerende werking hebben voor andere geluiden, die je niet wilt horen of verstaan.

Natuurlijke geluiden hebben ook een positieve invloed op de gezondheid. Deze geluiden moeten wel beïnvloedbaar zijn door patiënten, omdat positieve geluiden erg persoonsafhankelijk zijn. Baby's, en zo ook premature baby's, zijn erg gevoelig voor positieve geluiden. Naast muziek wordt praten met een zachte stem door de baby ervaren als een vorm van positief geluid.

Een aandachtspunt is dat mensen graag hun visuele waarnemingen willen koppelen aan auditieve waarnemingen. Hierdoor willen mensen graag de dingen die zij horen ook kunnen zien en andersom. Soms worden achtergrondgeluiden gebruikt om het geluidsniveau te verhogen waardoor minder geluidprikkels gehoord worden. Als hiervoor bijvoorbeeld een natuurlijk geluid gebruikt wordt, zoals vogels, zullen mensen zich eraan storen dat zij die vogels niet zien. Andersom willen mensen, als zij buiten kinderen zien spelen, dat geluid ook graag horen.

5.8 Conclusie

Geluid heeft veel invloed op de gezondheid en het welzijn van mensen. Ongewenste geluiden kunnen leiden tot fysieke en mentale klachten, die zich zowel op korte als op lange termijn kunnen ontwikkelen. Vooral voor patiënten is de invloed van geluid op de gezondheid erg groot. Genezing gebeurt vooral tijdens de slaap. Het is dan ook belangrijk dat geluidsniveaus die de slaap verstoren voorkomen moeten worden. Naast dat geluiden invloed hebben op de gezondheid, zijn ook de spraakverstaanbaarheid en privacy van belang. Het welzijn van de patiënt tijdens een gesprek is belangrijk voor een goede diagnose en een goede informatieoverdracht. Positieve geluiden in een omgeving kunnen de genezing stimuleren door stress te verminderen. Muziek en natuurlijke geluiden kunnen op deze manier slim gebruikt worden voor een positieve beleving van een ziekenhuisomgeving.

6. Evidence Based

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de geluidniveaus in ziekenhuizen te hoog zijn. Om een goed beeld te krijgen van de geluidniveaus, zijn in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis verschillende geluidmetingen gedaan. Deze geluidmetingen hebben plaatsgevonden op de afdelingen B22 afdeling longziekten en C42 kort verblijf. Ook in andere ziekenhuizen zijn geluidonderzoeken gedaan. Door deze onderzoeken te vergelijken, kan een beeld geschetst worden over de ziekenhuisomgevingen in Nederland.

6.1 Geluidmetingen

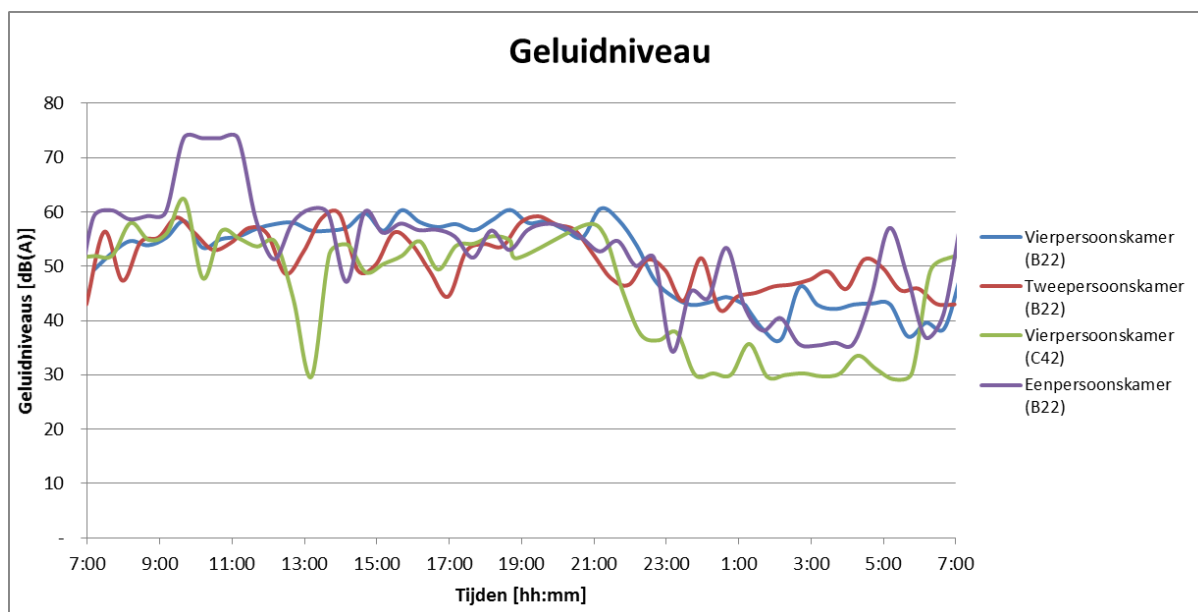
In het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis is vier dagen lang het geluidniveau geregistreerd. Met een interval van 24 uur is in vier typen kamers het geluidniveau gemeten. Aan de hand van deze meting zijn de parameters L_{Aeq} en L_{Amax} bepaald. Er is tijdens de meting niet vastgesteld wat de geluidpieken hebben veroorzaakt. Naderhand is een vergelijking gemaakt door de geluidbronnen apart op te meten en het geluidniveau te bepalen.

De nagalmtijd heeft veel invloed op het geluidniveau in de ruimte. Deze verschilt per type kamer, afhankelijk van het volume en de hoeveelheid absorberend materiaal in de ruimte. De kamers die zijn gemeten, waren een vierpersoonskamer, tweepersoonskamer en twee eenpersoonskamers. Het verschil tussen de eenpersoonskamers is dat de een standaard is en de ander wordt gebruikt voor de slaapttest. In de kamer van de slaapttest zijn zwaardere gordijnen aanwezig en heeft de deur een hogere isolatiewaarde. In bijlage 1 is op een plattegrond aangegeven welke metingen in welke kamers zijn uitgevoerd.

De metingen zijn gedaan aan de hand van de richtlijn NPR 5097 en NEN3382-3. Hierin wordt voorgeschreven welke apparatuur gebruikt moet worden en welke regels gelden voor een goede meting.

Geluidniveau

In Figuur 10 wordt een overzicht van de 24-uur metingen die in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis zijn gedaan per type kamer weergegeven. De figuur toont een equivalent geluidniveau, welke gemiddeld is per 30 minuten, om een geleidelijk verloop te kunnen weergeven. Aan de hand van deze figuur kunnen enkele eerste opmerkingen worden gemaakt over het akoestisch klimaat op de verpleegafdelingen van het CWZ.



Figuur 10: Geluidniveau metingen

In de grafiek is te zien dat het gemiddelde geluidniveau overdag tussen de 50 en 60 dB(A) ligt. Er zijn overdag veel mensen aanwezig, die door spreken en overige activiteiten dit geluidniveau veroorzaken.

De eerste afwijking die opvalt in de grafiek is van 10:30 tot 12:00 uur in de eenpersoonskamer. Deze afwijking wordt veroorzaakt door het vele bezoek dat op dat moment in de kamer aanwezig was, in verband met een verjaardag van de patiënt zelf. Op dit moment was er een geluidniveau van ongeveer 73 dB(A) in de kamer. De tweede afwijking in de grafiek is in de vierpersoonskamer op de afdeling kort verblijf (C42). Rond 13:00 uur waren alle patiënten uit deze kamer in de operatiekamers. Deze kamer was op dit tijdstip dus leeg.

's Nachts zijn grote afwijkingen te zien tussen de verschillende kamers. De tweepersoonskamer is het meest luidruchtig. Eén van de twee patiënten in die kamer was erg ziek en lag aan de beademing. Door deze apparatuur en mogelijke andere incidenten 's nachts bleef het geluidniveau redelijk hoog. De vierpersoonskamer is als tweede erg luidruchtig. Hier zal veel overlast overlast zijn van medepatiënten. Tussen 3:00 en 5:00 uur is het geluidniveau erg hoog. De eenpersoonskamer is over het algemeen rustig. Er zijn een paar afwijkingen te zien voor 3:00 uur en rond 5:00 uur. Dit valt te verklaren door het alarmsysteem. Deze is rond deze tijdstippen een half uur lang regelmatig afgegaan, met een geluidniveau van ongeveer 70 dB(A). Op de afdeling kort verblijf is het 's nachts erg rustig. Er overnachten maar weinig patiënten op deze afdeling. Deze nacht waren er twee patiënten in de kamer aanwezig. Door deze afdeling te vergelijken met de anderen, kan geconcludeerd worden dat het verhoogde geluidniveau wordt veroorzaakt door bronnen die zich buiten de kamer bevinden en door het ziektebeeld van de patiënten die in die kamer verblijven.

In Tabel 4 is het geluidniveau per dagdeel weergegeven. De waarden lopen overdag tussen de verschillende typen kamers sterk uiteen. Het geluidniveau overdag in de vierpersoonskamer is erg hoog. Ondanks dat er veel drukte is op de afdeling kort verblijf met de ontvangst en het vertrek van patiënten is dit de rustigste afdeling. De vierpersoonskamer op de afdeling longziekten heeft een gemiddeld geluidniveau. 's Nachts is het een stuk rustiger in de kamers. Hier worden geluidniveaus van 42 tot 48 dB(A) bereikt, afhankelijk van het type kamer.

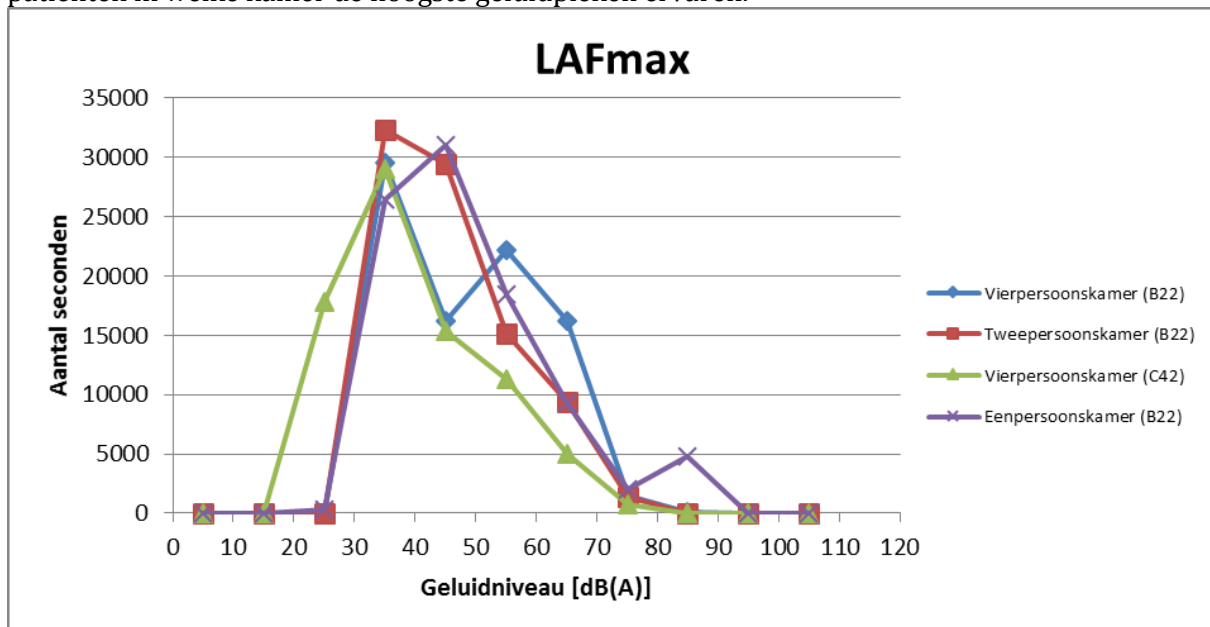
Tabel 4: LAeq voor dag, avond en nachtperiode

Dag 7:00 – 19:00	Avond 19:00 –	Nacht 23:00 – 7:00
------------------	---------------	--------------------

	dB(A)	23:00 dB(A)	dB(A)
Vierpersoonskamer (B22)	57	57	42
Tweepersoonskamer (B22)	55	55	47
Eenpersoonskamer (B22)	67	55	48
Vierpersoonskamer (C42)	51	51	42
Gemiddeld	58	55	45

Piekgeluiden

In voorgaande paragraaf is het verloop van het equivalente geluidniveau in 24 uur in een figuur weergegeven. In dit equivalente geluidniveau worden ook geluidpieken meegenomen. In Figuur 11 wordt het aantal geluidpieken in die 24 uur weergegeven per type kamer. Het aantal geluidpieken binnen een bepaalde luidheid wordt hier bij elkaar opgeteld, om te bepalen welke patiënten in welke kamer de hoogste geluidpieken ervaren.



Figuur 11: Hoogte van piekgeluiden per kamer

In Figuur 11 is te zien dat de vier- en eenpersoonskamers op de afdeling longziekten de hoogste piekgeluiden ervaren. De vierpersoonskamer op de afdeling kort verblijf heeft de minste piekgeluiden. Dit betekent dat deze afdeling de laagste geluidniveaus zal hebben en dus de meest rustige afdeling/kamer is. Er zijn op deze afdeling geen alarmsystemen, welke hoge geluidpieken veroorzaken, waardoor minder piekgeluiden ontstaan.

Nagalmtijd

Nagalmtijd is vaak een probleem in ziekenhuizen. Dit komt doordat er strenge eisen zijn gebonden aan hygiëne. Om de hygiëne te kunnen garanderen, worden veel harde materialen gebruikt. Deze materialen moeten een paar keer per week nat gereinigd kunnen worden. Door de toepassing van harde materialen worden geluiden vaak gereflecteerd, waardoor geluiden lang in de ruimte blijven en weinig afnemen.

In Tabel 5 zijn de nagalmtijden, welke in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis zijn gemeten, weergegeven. De tabel geeft de gemiddelde nagalmtijd per kamer en de nagalmtijd per

octaafband in seconden weer. De nagalmtijden lopen uiteen van 0,38 tot 0,46 seconden. Dit is erg laag voor een ziekenhuis, wat positief is voor het geluidniveau.

Tabel 5: Gemeten nagalmtijden

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	T20
Vierpersoonskamer	0,48	0,39	0,37	0,34	0,33	0,38
Tweepersoonskamer	0,45	0,48	0,4	0,37	0,37	0,41
Eenpersoonskamer	0,58	0,55	0,42	0,38	0,37	0,46
Eenpersoonskamer voor slaapttest	0,48	0,5	0,46	0,4	0,38	0,44

Over het algemeen hebben kamers met een groter volume een langere nagalmtijd. In dit geval is dat niet zo, de vierpersoonskamer heeft een nagalmtijd van 0,38 s en de eenpersoonskamer een nagalmtijd van 0,46 s. Dit komt door de hoeveelheid akoestisch materiaal dat in de ruimte is aangebracht. Een vierpersoonskamer heeft meer bedden, gordijnen en stoelen, welke de nagalmtijd verkorten. Ook is een verschil te zien tussen de kamer voor de slaapttest en de standaard eenpersoonskamer. De kamer voor de slaapttest heeft zwaardere gordijnen en een dikkere deur, welke een akoestische werking hebben op de kamer.

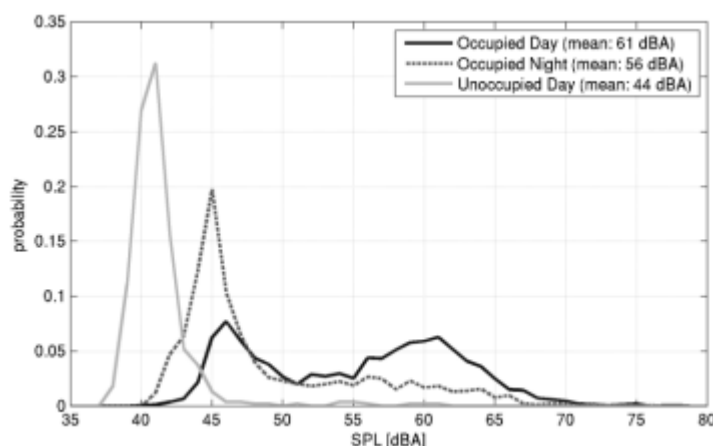
Het is gebruikelijk dat de lage octaafbanden een langere nagalmtijd hebben als de hogere octaafbanden. Ook in deze ruimten is dat het geval. Dit is positief voor de parameters die laag scoren in dit ziekenhuis, namelijk piekgeluiden en spraakoverlast. Deze parameters bevinden zich in de octaafbanden tussen 250 en 2000 Hz, met de grootste hoeveelheid tussen 500 en 1000 Hz.

6.2 Geluidonderzoeken in andere ziekenhuizen

Er zijn een aantal studies die zelf geluidmetingen hebben gedaan om de problemen in ziekenhuizen te kunnen vaststellen. Om een vergelijking te kunnen met andere ziekenhuizen worden deze onderzoeken bekeken.

Jeroen Bosch Ziekenhuis

In het Jeroen Bosch Ziekenhuis is een overeenkomstig onderzoek gedaan als in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis. Er is drie dagen lang een 24-uur opname gedaan in een patiëntenkamer op de intensive-care afdeling, zie Figuur 12.



Figuur 12: Histogrammen van LAeq voor drie verschillende perioden (33)

De piek van de histogram is gelegen op ongeveer 42 dB(A) op een onbezette dag en de piek voor een bezette nacht op 45 dB(A). Interessant zijn de geluidpieken op de bezette dagen. De ene op

47 dB(A) ligt dicht bij de piek die is waargenomen op de bezette nacht. De tweede piek rond 62 dB(A) kan verbonden worden aan spraak en andere activiteiten.

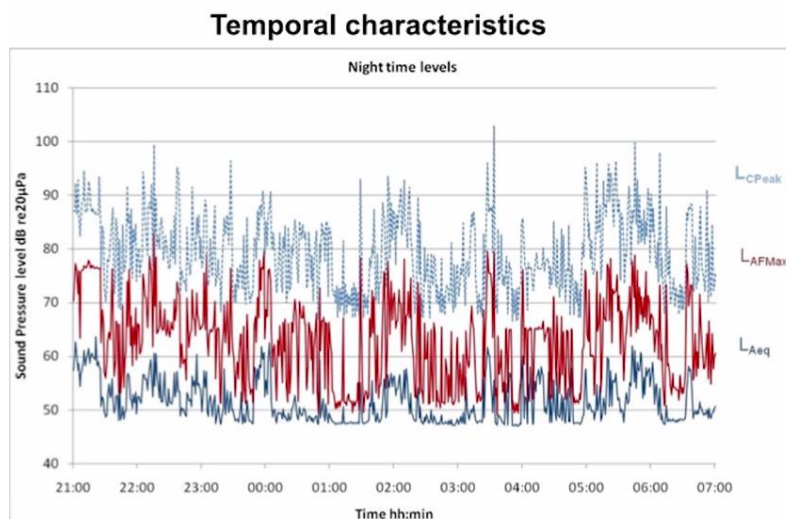
Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er een duidelijk verschil is in de bezette en onbezette kamers. Aangezien de deur van de patiëntenkamer doorgaans open wordt gehouden, betekent dit dat de belangrijkste ruisbronnen zich binnen de kamer bevinden.

Het onderzoek is gestart op het moment dat de patiënt opgenomen werd op de afdeling. Uit de geluidmeting blijkt dat de eerste paar uur na deze opname het geluidniveau hoog is, mogelijk als gevolg van controles en behandelingen. (33)

Belangrijk hierbij is om de mate van hinder te vergelijken met de hoeveelheid geluiden die geproduceerd worden door een bepaalde bron. Zo is 57% van de geluiden afkomstig van personeel, tegenover 30% van alarmen. (33)

University of Gothenburg

De University of Gothenburg heeft onderzoek gedaan naar het geluidniveau op een intensive-care unit tijdens de nacht. Uit het onderzoek blijkt dat het gemiddelde geluidniveau 's nachts ongeveer 53 dB(A) is, met een minimum van ongeveer 48 dB(A) en een maximum van ongeveer 63 dB(A).



Figuur 13: Geluidniveaus tijdens de nacht (34)

Patiënten hebben aangegeven dat zij in het ziekenhuis minder goed slapen als thuis. 61% van de ondervraagde patiënten gaf aan dat slaapverstoring de slechtste ervaring van hun verblijf in het ziekenhuis is. Dit geldt niet alleen voor 's nachts. Ook overdag hebben patiënten behoefte aan slaap.

De universiteit heeft een slaapttest gedaan onder patiënten. 28% van de slaapverstoringen wordt veroorzaakt door geluid, waarvan 11% veranderingen in hersenactiviteit en 17% ontwakking veroorzaakt. De bronnen die het meest bijdragen aan het ontwaken van patiënten zijn het sluiten van deuren en het overgaan van telefoons.

Volgens het onderzoek zijn conversaties (vooral tussen personeel), alarmen en medische apparatuur de meest hinderlijke geluidbronnen in een ziekenhuis. Niet alle alarmen zijn noodzakelijk. Daarnaast hoeven ook niet alle alarmen hoorbaar te zijn in patiëntenkamers en in de gang. Het is mogelijk deze alarmsystemen te vervangen door visuele alarmen (60%) of door vibrerende alarmen (30%). (34)

University Hospital Umea

De University Hospital Umea in Zweden doet veel onderzoek naar een goede omgeving voor premature baby's. Op het moment dat er een baby te vroeg geboren wordt, wordt deze gelijk al blootgesteld aan hoge geluidniveaus. Vaak moet de premature baby vervoerd worden naar een ander ziekenhuis, welke gespecialiseerd is in neonatologie, in een helikopter met geluidniveaus binnen van 80 tot 100 dB(A).

Tijdens het verblijf op de afdeling neonatologie zijn er verschillende fasen die de baby moet ondergaan:

1. Openen van de longen
2. Goede bloedcirculatie
3. Vermijden van stress/pijn om de hersenen te beschermen

In de omgeving van de premature baby bevinden zich veel bronnen die geluid veroorzaken. Over het algemeen worden geluidniveaus bereikt van 55 tot 60 dB(A) met pieken van 90 dB(A). Dit verschilt per ziekenhuis en het komt dan ook wel eens voor dat geluidniveaus van 60 tot 75 dB(A) bereikt worden. Dit heeft te maken met de grootte van de kamer, het aantal patiënten per kamer, soort apparatuur, bezoekregeling en werkmethoden van het ziekenhuis. Op de afdeling is continu geluid van hoge en lage frequenties. Het nadeel van deze geluiden is dat ze onvoorspelbaar zijn en dat er geen invloed op uitgeoefend kan worden.

In vergelijking met een verpleegafdeling zijn er in de omgeving van premature baby's veel meer geluidbronnen in de vorm van apparatuur aanwezig. Hierdoor zullen veel hogere geluidniveaus bereikt worden.

Tijdens de couveusetijd is het belangrijk dat de band tussen moeder en kind gestimuleerd worden. Het kindje wordt hiervoor voor een aantal uur uit de couveuse gehaald. Tijdens deze activiteit praat de moeder vaak ook met andere mensen om haar heen. Dit is niet goed voor de rust van de premature baby. Op de nieuwe afdeling van de University Hospital Umea zijn deze ruimten verder uit elkaar gehaald en afgeschermd. Moeders moeten nu roepen om in contact te komen met anderen en dit doen zij niet.

Medewerkers kunnen ook het geluidniveau verminderen door geen spullen op de incubator te leggen, alarmen tijdens werkzaamheden uit te zetten, zacht te praten, de deur te sluiten en hun handelingen snel te verrichten. Om het zachte praten te stimuleren kan licht gedimd worden. Uit onderzoek blijkt dat mensen hierdoor automatisch zachter gaan praten. (27)

Universitair Medisch Centrum Groningen

Een ander onderzoek is gedaan door het Universitair Medisch Centrum Groningen. Hieruit blijkt dat het alarm van de infuuspomp en de monitor en het praten van de medewerkers de belangrijkste geluidbronnen zijn. Overdag was het praten van de medewerkers het meest storend (88%) en 's nachts het alarm van de infuuspomp (80%). Voorstellen van artsen en verpleegkundigen tot vermindering van geluid waren: zachtere alarmsignalen (27%), mentaliteitsverandering (14%), en sneller reageren op alarmen (11%). (35)

Long et al.

Long et al. heeft drie verschillende studies met elkaar vergeleken. Bij de eerste werden door premature baby's oorbeschermers gedragen waarbij het effect op de slaaptijd werd onderzocht. Er werden hoge geluidsniveaus geproduceerd terwijl de baby's rustig doorsliepen. In de tweede studie werden de individuele omgevingsfactoren bij baby's met een te laag geboortegewicht onderzocht in combinatie met het verminderen van geluiden bij werkzaamheden op de NICU, zoals het minder openen en sluiten van de couveuse. De groep die op deze manier behandeld is heeft minder dagen gebruik gemaakt van beademingsapparatuur voor het toedienen van zuurstof. In de derde studie die zorgde voor langere perioden van rust, waren grote verschillen te zien in hersenactiviteit. Door deze baby's te vergelijken (twee weken na de geplande natuurlijke geboorte) met op tijd geboren baby's, was er geen verschil te zien in hersenactiviteit. Dit betekent de neurologische ontwikkeling van premature baby's op deze afdeling meer lijkt op de ontwikkeling die optreedt in de baarmoeder. (27)

6.3 Conclusie

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de geluidsniveaus in ziekenhuizen te hoog zijn om optimaal te kunnen genezen. Overdag worden de geluidsniveaus vooral bepaald door gesprekken en activiteiten van bezoekers, patiënten en personeel. De fijnste kamers op de afdeling eenpersoonskamer op de standaard afdeling en de vierpersoonskamer op kort verblijf. In dit onderzoek is alleen op de afdeling kort verblijf de vierpersoonskamer gemeten. Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat deze afdeling veel rustiger is dan de standaard verpleegafdeling. Dit heeft vooral te maken met de mogelijkheid om 's avonds en 's nachts voldoende rust te krijgen. Hoewel de eenpersoonskamer hoge geluidsniveaus heeft, is dit toch een fijne kamer om te verblijven omdat deze geluiden veroorzaakt worden door de patiënt zelf. De vierpersoonskamer op de standaard afdeling is het meest luidruchtig. In vergelijking met verpleegafdelingen is het geluidsniveau op de afdeling neonatologie veel hoger. Hier is meer apparatuur aanwezig wat een constant of alarmerend geluid produceert.

7. De beleving van geluid

Healing environment is per persoon en per situatie anders. Om hier meer over te kunnen zeggen is een enquête onder patiënten en medewerkers in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis gehouden. Hierbij is de beleving van patiënten bij bepaalde geluiden vastgesteld en wordt bepaald in welke mate geluiden als hinderlijk worden ervaren. Ondanks dat nagalmtijden vaak een probleem zijn in ziekenhuizen, is dit in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis niet het geval.

De enquêtes zijn gehouden op drie afdelingen, longafdeling (B22), cardiologie (B24) en kort verblijf (C42). Voor een voorbeeld van de enquête, zie bijlage 5.

7.1 Geluidbronnen

In een ziekenhuisomgeving zijn verschillende geluidbronnen aanwezig, welke bij elkaar hoge geluidsniveaus veroorzaken. Wel worden deze geluiden apart van elkaar gehoord en zijn bepaalde geluiden hinderlijker dan andere. De geluidbronnen kunnen worden onderverdeeld in de volgende groepen:

- Medische apparatuur: alarmsystemen, infuuspomp, bloeddrukmeter, beademingsapparatuur
- Overige apparatuur: po spoelsysteem, koffiezet apparaat
- Personeel
 - o Verplegend personeel
 - o Roomservice
 - o Arts
 - o Helpenden
 - o Schoonmaakwerkzaamheden
 - o Overige medewerkers: diëtist, fysio
 - o Baliepersoneel
- Medepatiënten
- Bezoekers

In de enquête is de mate van hinder door verschillende geluidbronnen vastgesteld. De afdelingen longziekten en cardiologie komen overeen, op beide afdelingen verblijven patiënten voor een langere tijd en op de afdeling is dezelfde apparatuur aanwezig. De afdeling kort verblijf verschilt erg van deze twee afdelingen. Hierdoor kan niet één conclusie getrokken worden en zullen deze afdelingen afzonderlijk beschreven worden.

Afdeling longziekten en cardiologie

De afdelingen longziekten en cardiologie lijken erg op elkaar. Op de afdeling longziekten verblijven patiënten die een aandoening aan de longen en luchtwegen hebben en daarvoor behandeld worden. Op de afdeling cardiologie verblijven patiënten die hartkatheterisatie of een dotterbehandeling moeten ondergaan. Beide afdelingen bestaan uit 15 kamers, waaronder één-, twee-, drie- en vierpersoonskamers. Patiënten verblijven gemiddeld een week op deze afdelingen.

Binnen deze afdeling een klein verschil te zien in de mate van hinderlijkheid per geluidbron. Medewerkers krijgen vooral klachten over het geluid van:

1. Bezoekers
2. Pospoeler
3. Medische apparatuur

Patiënten ervaren vooral het geluid van de volgende bronnen als hinderlijk:

1. Medische apparatuur
2. Bezoekers
3. Verplegend personeel

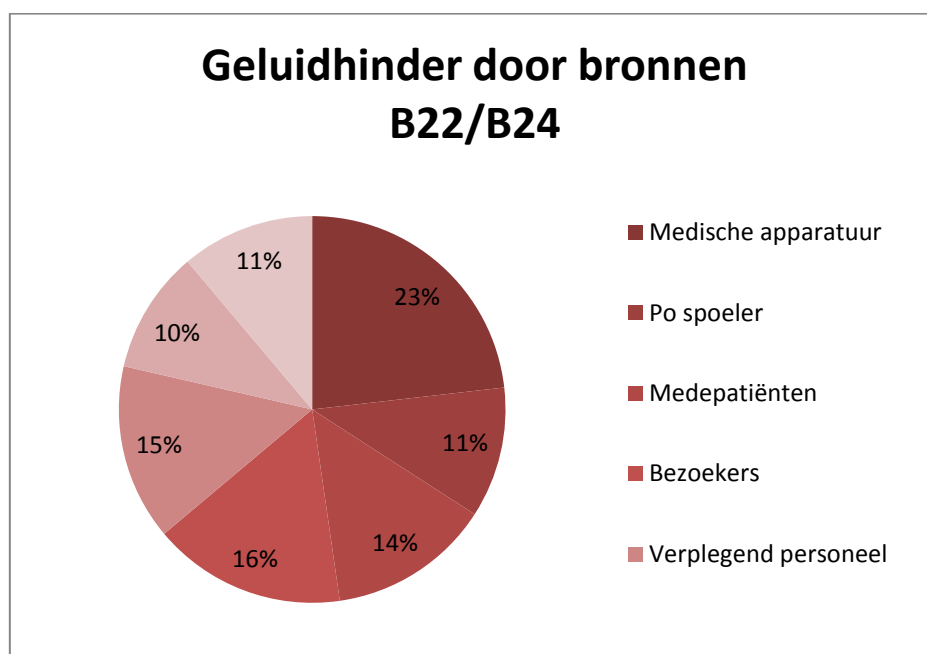
In tegenstelling tot de afdeling kort verblijf wordt op deze afdeling minder hinder ondervonden van medepatiënten. Doordat patiënten op deze afdeling langer verblijven accepteren zij meer van elkaar. Als er hinder ondervonden wordt, geven patiënten aan dat dit vooral 's nachts is.

De hinderlijke bronnen die door medewerkers en patiënten aangegeven worden komen redelijk met elkaar overeen. Medische apparatuur ervaren patiënten als meer hinderlijk dan verwacht wordt door medewerkers. Ook op deze afdeling wordt veel hinder ondervonden door bezoekers. Er is weinig privacy op de afdeling en in meerpersoonkamers ontstaat snel hinder door spraakoverlast.

Verplegend personeel wordt ervaren als een bron van hinder door patiënten. Ondanks dat zij aangeven tevreden te zijn over het verplegend personeel. Vooral de werkzaamheden zijn hierin storend en het piepersysteem scoort hoog. Lopen en praten wordt als minder hinderlijk ervaren.

Over het algemeen kan aangenomen worden dat de hinder op standaard verpleegafdelingen, zoals de afdeling longziekten en cardiologie, door de volgende bronnen wordt veroorzaakt:

1. Medische apparatuur
2. Bezoekers
3. Verplegend personeel
4. Pospoeler
5. Medepatiënten



Figuur 14: Geluidhinder door bronnen afdeling longziekten en cardiologie

Afdeling kort verblijf

De afdeling kort verblijf is voor patiënten die een onderzoek of behandeling moeten ondergaan bij de specialismen heelkunde, KNO, gynaecologie, oogheelkunde, interne of plastische chirurgie. Ongeveer een uur voor de operatie arriveren de patiënten op de afdeling. Zij verblijven er vaak maar een dag en eventueel de nacht ter observatie. Er zijn geen vaste tijden aan gebonden, waardoor het altijd erg druk is op de afdeling.

Binnen deze afdeling is de mate van hinderlijkheid per geluidbron verschillend. Medewerkers krijgen vooral klachten over het geluid van:

1. Pospoeler
2. Medische apparatuur
3. Bezoekers

Patiënten ervaren vooral het geluid van de volgende bronnen als hinderlijk:

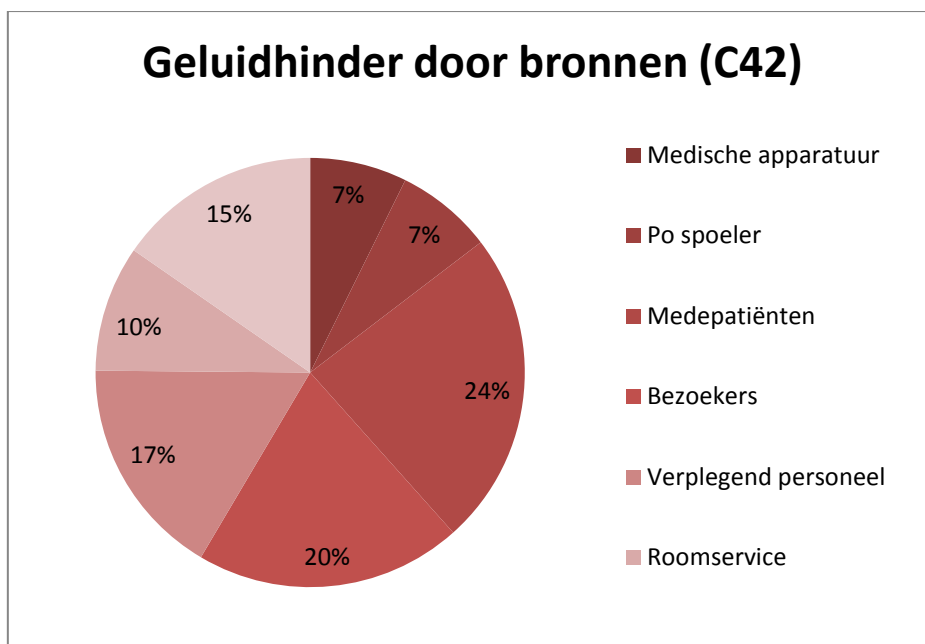
1. Medepatiënten
2. Bezoekers
3. Verplegend personeel

Medewerkers geven aan weinig klachten te krijgen. Wel worden soms opmerkingen gemaakt over bepaalde geluidbronnen. Dit zijn dan vooral de geluidbronnen waar die specifieke medewerker invloed op heeft. Hierdoor geven medewerkers vooral opmerkingen te krijgen over het geluid van de pospoelmachine. Ook denken medewerkers dat patiënten het geluid van alarmsystemen erg hinderlijk vinden. Deze apparatuur is weinig aanwezig op de afdeling, waardoor patiënten dit niet als erg hinderlijk ervaren. Wel is een bloeddrukmeter en een infuussysteem aanwezig, maar dit wordt nauwelijks gebruikt.

Een geluidbron welke medewerkers en patiënten beiden aangeven als hinderlijk zijn bezoekers. Patiënten die de dag op deze afdeling doorbrengen hebben een bezoeker bij zich die de hele dag aanwezig mag zijn. Deze bezoeker is een steun voor de patiënt zelf, maar wordt als bron van hinder gezien door medepatiënten. Doordat deze patiënten niet echt ziek zijn, wordt geen rekening gehouden met eventueel geluidoverlast.

Spraakoverlast op de afdelingen is een probleem. Hierdoor wordt de mate van de hinder van bezoekers en medepatiënten vergroot. Medepatiënten vormen een probleem hierdoor, maar ook doordat patiënten weinig van elkaar accepteren. Zij verblijven slechts een dag in het ziekenhuis en bouwen geen band op met anderen, waardoor de mate van hinder groot is. Over het algemeen kan gesteld worden dat op de afdeling kort verblijf hinder ondervonden wordt door:

1. Bezoekers
2. Verplegend personeel
3. Pospoeler
4. Medepatiënten
5. Medische apparatuur

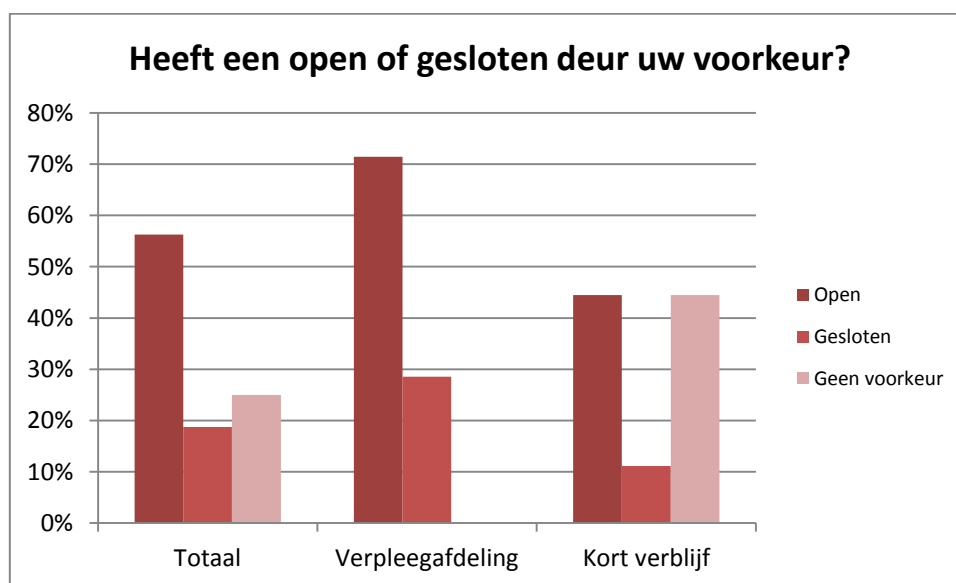


Figuur 15: Geluidhinder door bronnen kort verblijf

7.2 Deuren

Een groot deel van de geluidbronnen bevinden zich op de gang. Toch zijn deze goed hoorbaar in patiëntenkamers, doordat van veel kamers de deur open staat. Per afdeling zijn er ongeveer twee tot vijf kamerdeuren gesloten. Deze deuren zijn van eenpersoonskamers waarin patiënten verblijven die ernstig ziek zijn of isolatiekamers. Overige deuren staan open.

In de enquête is aan patiënten de vraag gesteld wat hun voorkeur is, een open of gesloten deur. De meerderheid van de patiënten gaf aan liever de deur van de patiëntenkamer open te laten, zie Figuur 16. De reden die zij hiervoor aangeven is dat patiënten op deze manier wat leven van de gang meekrijgen, ze hebben behoefte aan dynamiek. Ook een klein deel van de patiënten gaf aan dat zij op deze manier het gevoel hebben dat er een betere controle mogelijk is door verpleging. De reden dat een aantal patiënten de deur liever dicht heeft is vanwege de rust en privacy.



Figuur 16: Voorkeur kamerdeur open of gesloten

7.3 Soorten kamers

Vanwege aangescherpte eisen op het gebied van privacy worden tegenwoordig vaak alleen nog eenpersoonkamers gerealiseerd in ziekenhuizen. Een groot deel van de hinder door geluidbronnen zou hierdoor opgelost zijn. In de enquête is de vraag gesteld of patiënten dit zouden waarderen.

Er is een verdeling zichtbaar in het aantal patiënten en de voorkeur voor kamertype. De keuze voor een een- en vierpersoonkamer is vrijwel gelijk. Twee en driepersoonkamers scoren lager. Maar één persoon wil op een zespersoonkamer verblijven, wat tegenwoordig ook vaak toegepast wordt bij de afdeling kort verblijf.

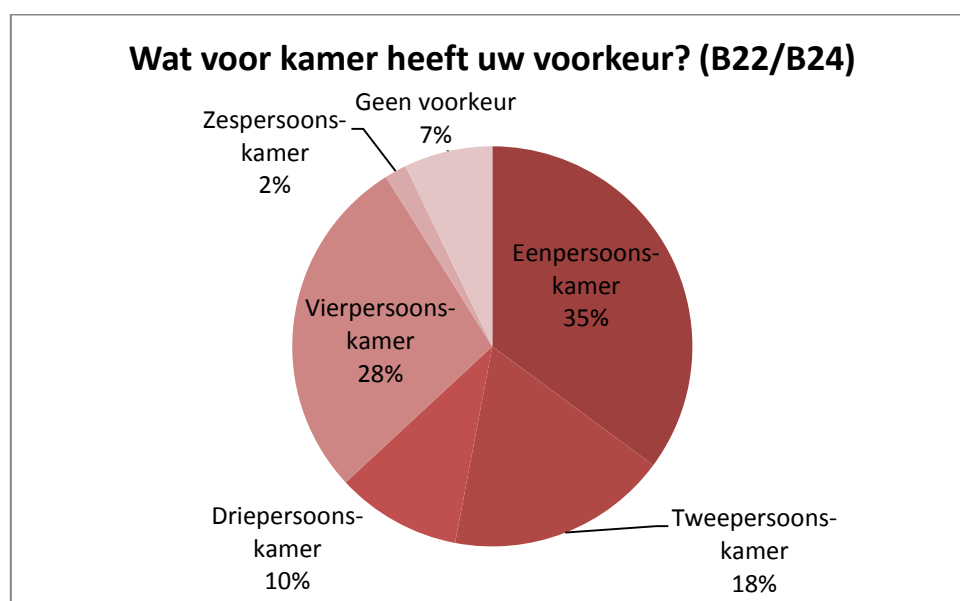
27% van de patiënten wil graag op een vierpersoonkamer verblijven. De redenen hiervoor zijn dat patiënten het prettig vinden om met meerdere mensen in een kamer te verblijven. Hierdoor ontstaat meer contact en kunnen zij praten met anderen. Patiënten geven aan dat zij zich eenzaam zouden voelen als zij in een eenpersoonkamer zouden verblijven.

Daarnaast is te zien dat 33% ook graag in eenpersoonkamers verblijft. Dit was vooral op de afdeling kort verblijf het geval, waar de mate van hinderlijkheid van medepatiënten erg hoog was. Reden om voor een eenpersoonkamer te kiezen is dat patiënten gesteld zijn op hun privacy en behoefte hebben aan rust. Veel patiënten hebben last van bezoek van kamergenoten en vooral geluiden 's nachts kunnen storen, zoals snurken, hoesten en toiletbezoeken. Patiënten hebben daarnaast geen behoefte om gesprekken tussen artsen en patiënten te horen. Als laatste reden wordt aangedragen dat men verwacht om met veel pijn liever alleen te zijn.

Afdeling longziekten

Op de afdeling longziekten verblijven patiënten graag op een eenpersoonkamer. Patiënten zijn erg gehecht aan hun privacy. In afwijking tot dit argument wil ook een groot aantal van de patiënten op een vierpersoonkamer verblijven, vanwege sociale contacten. Patiënten voelen zich snel eenzaam, alleen in een kamer.

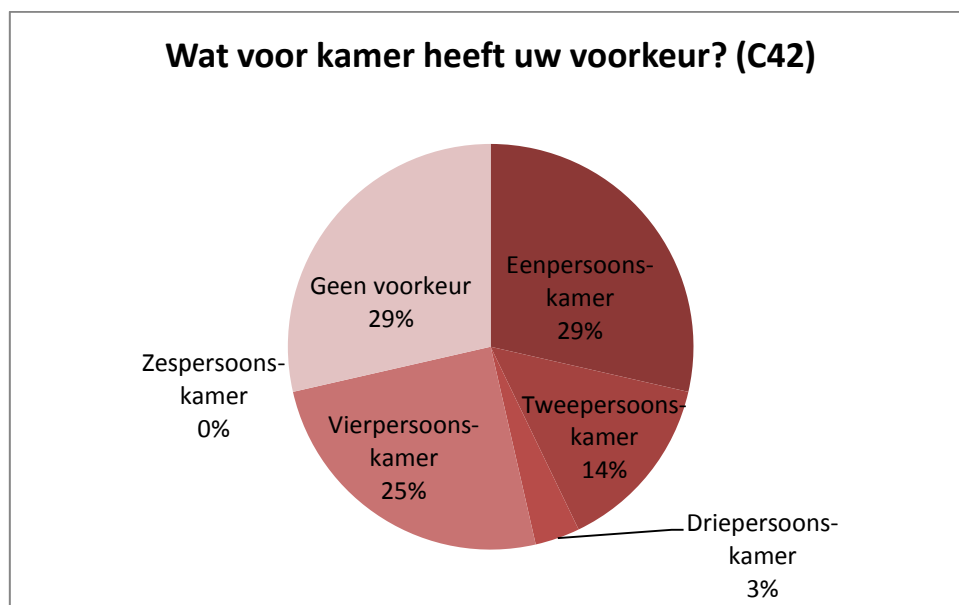
Ook een aantal patiënten zouden graag op een tweepersoonkamer verblijven. Patiënten verwachten dat het rustiger is dan een vierpersoonkamer, maar dat er toch mogelijkheid is tot contact met medepatiënten. Wel geeft de helft van de patiënten die op een tweepersoonkamer verblijft aan last te hebben van de kamergenoot.



Figuur 17: Voorkeur kamer van patiënten afdeling longziekten en cardiologie

Kort verblijf

Op de afdeling kort verblijf, verblijft het grootste deel van de patiënten graag op een eenpersoonskamer. Redenen hiervoor zijn dat deze patiënten rust willen en geen last willen hebben van medepatiënten. Ook is privacy een belangrijk argument. De patiënten kennen elkaar niet en willen aan de ene kant graag hun gesprekken privé houden en aan de andere kant willen andere patiënten niet op de hoogte zijn van deze gesprekken. Afhankelijk van de ingreep willen sommige patiënten ook graag op een vierpersoonskamer verblijven. Zij zouden niet alleen op een kamer willen verblijven in verband met sociale contacten.



Figuur 18: Voorkeur kamer van patiënten kort verblijf

Bevindingen van de kamer

Uit de enquête blijkt dat niet alleen het type kamer de mate van hinder per type geluidbron bepaald, maar ook de ligging van de kamer op de afdeling. Patiënten in eenpersoonskamers die dicht bij de entree, de teamkamer en de balie geplaatst zijn, hebben veel overlast van personeel. Personeel houdt vaak gesprekken aan het begin van de gang, welke in de kamer zelf letterlijk verstaan kunnen worden. De twee en vierpersoonskamers zijn verder op de afdeling gelegen en hebben meer last van geluiden binnen de kamer. Zie bijlage 1.

Hinder die niet afhankelijk is van de locatie is de hinder van bezoekers en medepatiënten. 24% van de patiënten geeft aan hinder te ondervinden van bezoekers. Daarnaast zorgen medepatiënten voor hinder bij 21% van de patiënten. De mate van hinder verschilt per type kamer, afhankelijk van het aantal medepatiënten in de kamer.

Vooraf in vierpersoonskamers wordt hinder van bezoekers, medische apparatuur en medepatiënten ondervonden. Ook patiënten in tweepersoonskamers geven aan last te hebben van medepatiënten. Doordat er maar één andere patiënt in de kamer aanwezig is, is men erg afhankelijk van deze persoon. Vaak wordt daarom niet gekozen voor tweepersoonskamers. De stemming of status van de ene patiënt kan de andere beïnvloeden, zowel positief als negatief. Deze patiënten geven aan last te hebben van bezoekers, medepatiënten en medische apparatuur. Patiënten in eenpersoonskamers ondervinden weinig hinder van medepatiënten. Zij hinderen zich het meest aan medische apparatuur en verplegend personeel.

7.4 Ervaring van geluid

Belangrijk voor dit onderzoek is om te weten of patiënten geluid op een andere manier ervaren dan mensen die niet ziek zijn. 36% van de patiënten heeft aan het geluid op een andere manier te ervaren als toen zij niet ziek waren. Dit percentage verschilt per soort afdeling. Op de afdeling longziekten/cardiologie zegt 43% geluid op een andere manier te ervaren dan toen zij niet ziek waren. Dit zou komen doordat patiënten gevoeliger zijn voor geluid, behoefte hebben aan rust of door bijwerkingen van medicijnen. Op de afdeling kort verblijf is dit percentage veel kleiner, namelijk 21%. Dit zou vooral komen doordat zij niet veel anders te doen hebben dan luisteren en kijken.

7.5 Conclusie

Niet alle geluiden worden als even hinderlijk ervaren. Over het algemeen kan aangenomen worden dat de hinder op standaard verpleegafdelingen door de volgende bronnen wordt veroorzaakt:

1. Medische apparatuur
2. Bezoekers
3. Verplegend personeel
4. Pospoeler
5. Medepatiënten

Deze bronnen komen overeen met de hinderlijke geluidbronnen op de afdeling kort verblijf, hoewel patiënten daar de mate van hinderlijkheid op een andere manier ervaren. Op de afdeling kort verblijf wordt meer hinder ondervonden door bezoekers en medepatiënten. Doordat patiënten maar één dag op de afdeling verblijven, ontstaat er geen band en accepteren zij minder van elkaar. Bij een langer verblijf vinden patiënten het al snel fijn om een gesprek te kunnen houden met medepatiënten op de kamer. Hoewel duidelijk is dat veel hinderlijke geluiden zich via de gang verspreiden willen patiënten graag hun kamerdeur open houden. Bij het sluiten van de deur zouden zij zich opgesloten voelen, omdat ze geen zicht meer hebben op wat 'leven' op de gang. Veel patiënten geven aan dat zij geluiden op een andere manier ervaren nu zij in het ziekenhuis verblijven. Dit komt doordat ze behoefte hebben aan rust en gevoeliger zijn voor prikkels.

8. Richtlijn

Nu de problemen in ziekenhuisinstellingen vastgesteld zijn, kan een richtlijn opgesteld worden voor de akoestiek op verpleegafdelingen. In dit onderzoek zijn de parameters geluidniveau (L_{Aeq}), piekgeluiden (L_{Amax}), nagalmtijd (T), Speech Transmission Index (STI), ruimtelijk verval (DL2 en DS2) onderzocht. Het advies zal een bijdrage leveren aan de verbetering van de akoestische kwaliteit van een verpleegafdeling in een ziekenhuis.

Met toepassing van deze richtlijn zal het huidige akoestische klimaat in ziekenhuizen verbeterd worden. De richtlijn is gebaseerd op de uitgangspunten van healing environment. Patiënten worden hierbij positief beïnvloed in hun welbevinden, herstel en genezingsproces.

8.1 Omgevingsgeluiden

Een goede ononderbroken nachtrust is essentieel in het herstel van de patiënt. Uit een onderzoek door de World Health Organization blijkt dat de meeste effecten tijdens de slaap ondervonden worden vanaf 35 dB(A). Boven de 40 dB(A) worden effecten ondervonden op de gezondheid, zoals slaapverstoring, slapeloosheid en gebruik van slaapmedicatie. Daarnaast geldt voor geluidniveaus overdag, maximaal 55 dB(A) wordt aangehouden, voor het voorkomen van hinder. (31) Aan de hand van deze waarden is een richtlijn opgesteld voor omgevingsgeluid op verpleegafdelingen in ziekenhuizen, zie Tabel 6.

Tabel 6: Richtlijn omgevingsgeluiden verpleegafdeling

	Dagperiode (7.00 – 19.00 uur)	Avondperiode (19.00 – 23.00 uur)	Nachtperiode (23.00 – 7.00 uur)
L_{Aeq}	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)
L_{Amax}	55 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)

- de in bovenstaande tabel opgenomen waarden voor equivalente geluidniveaus zijn niet van toepassing op geluid ten gevolge van spraak, er kan weinig invloed op uitgeoefend worden. Gesprekken dienen in de omgeving van patiënten tot een minimum beperkt te worden.
- De in bovenstaande tabel opgenomen waarden voor piekgeluiden zijn niet van toepassing op geluid ten gevolge van alarmsystemen, de werking van deze systemen zal afnemen bij het afnemen van deze geluidniveaus.

Op de afdeling neonatologie verblijft een extra kwetsbare groep. Omdat foetussen 80% van de tijd slapen zijn hier lagere geluidniveaus gewenst (25). De World Health Organization schrijft voor dat het geluidniveau in kamers waar patiënten worden verzorgd of geobserveerd niet hoger mag zijn dan 35 dB(A). (31) Dit is niet haalbaar voor standaard verpleegafdelingen, maar zal wel gebruikt worden als uitgangspunt voor de afdeling neonatologie.

Tabel 7: Richtlijn omgevingsgeluiden neonatologie

	Dagperiode (7.00 – 19.00 uur)	Avondperiode (19.00 – 23.00 uur)	Nachtperiode (23.00 – 7.00 uur)
L_{Aeq}	35 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
L_{Amax}	40 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)

- de in bovenstaande tabel opgenomen waarden voor equivalente geluidniveaus zijn niet van toepassing op geluid ten gevolge van spraak, er kan weinig invloed op uitgeoefend worden. Gesprekken dienen in de omgeving van patiënten tot een minimum beperkt te worden.
- De in bovenstaande tabel opgenomen waarden voor piekgeluiden zijn niet van toepassing op geluid ten gevolge van alarmsystemen, de werking van deze systemen zal afnemen bij het afnemen van deze geluidniveaus.

8.2 Nagalmtijd

Een parameter die veel invloed heeft op de geluidniveaus is de nagalmtijd. Voor een goede spraakverstaanbaarheid is een nagalmtijd onder de 0,6 gewenst; dit geldt voor een ingerichte ruimte. In Tabel 8 wordt de gewenste gemiddelde nagalmtijd over de octaafbanden met middenfrequenties van 125 tot en met 2000 Hz. Deze eisen gelden voor een lege (niet ingerichte) ruimte; hierbij zijn scheidingswanden, vloerbedekking en plafonds wel aanwezig.

Tabel 8: Richtlijn nagalmtijd

Ruimte	Nagalmtijd
Bedkamers	0,6 – 0,8 s
Activiteitenruimte / behandel en onderzoeksruimte / spreekkamer	0,6 – 0,8 s
Kantoorruimte / vergaderruimte	0,6 – 0,8 s
Balie / wachttruimte	< 0,5 s
Verkeersruimte	< 0,5 s

8.3 Speech Transmission Index

Binnen dezelfde ruimte zal nooit volledige privacy gegarandeerd kunnen worden. Doordat meerdere personen zich in dezelfde ruimte bevinden, zullen zij elkaar altijd kunnen verstaan. Door een verschil kleiner dan 5 dB(A) tussen de spraak en het achtergrondgeluidniveau zal een andere persoon in diezelfde ruimte niet meer gestoord worden door het gesprek. Hierbij daalt de STI-waarde onder de 0,5 (10).

Personen buiten de ruimte moeten over een bepaalde privacy kunnen beschikken. Bij een geluidniveau van spraak, welke 10 dB(A) lager is dan het achtergrondgeluidniveau zijn gesprekken niet verstaanbaar. Dit komt overeen met een STI-waarde van $\leq 0,2$ (10).

Tabel 9: Richtlijn STI-waarden

	STI
STI binnen dezelfde ruimte	$\leq 0,5$
STI buiten dezelfde ruimte	$\leq 0,2$

8.4 Ruimtelijk verval

Binnen dezelfde ruimte is het niet mogelijk grote geluidafnamen te realiseren. Wel is uitgangspunt dat patiënten zo min mogelijk gestoord worden door medepatiënten. Door het toepassen van een standaard geluidabsorberend systeemplafond kan een geluidafname per afstandsverdubbeling gerealiseerd worden van 5 dB(A). Over grotere afstanden met mogelijke scheidingsconstructies en afschermingen is het mogelijk om een groter ruimtelijk verval te realiseren. Hier zal een geluidafname per afstandsverdubbeling van 11 dB(A) gerealiseerd worden. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen het geluid ten gevolge van spraak (D2S) of overige bronnen (DL2).

Tabel 10: Richtlijn DL2 en D2S

	DL2 en D2S dB(A)
DL2 en D2S binnen dezelfde ruimte	5
DL2 en D2S buiten dezelfde ruimte	11

8.5 Geluidisolatie

Een goede isolatie is belangrijk voor het verminderen van geluidsoverdracht tussen ruimten. De kwaliteit van de constructie bepaalt hierbij de grootte van het doorgelaten geluid. Deze isolatie is verhoudingsgewijs, alle delen van de samengestelde constructie hebben invloed. Voorwaarde is dus dat deuren gesloten zijn. In Tabel 11 is de gewenste geluidisolatie voor verschillende ruimten weergegeven. Onderstaande waarden zijn in labwaarden uitgedrukt.

Tabel 11: Richtlijn geluidisolatie

Kwaliteitsklasse	Ruimte	Tussen verblijfsruimten onderling	Tussen verblijfsruimte en gang
Normale privacy	Kantoorruimte Werkvertrek	40 dB(A)	28 dB(A)
Verhoogde privacy	Vergaderruimte	42 dB(A)	34 dB(A)
Hoge privacy	Dokterskamer Directiekamer	46 dB(A)	34 dB(A)
Verhoogde geluidproductie	Bedkamer	44 dB(A)	28 dB(A)
Hoge geluidproductie	Werkruimten	46 dB(A)	40 dB(A)

Voor meer achtergrondinformatie over deze richtlijn, zie bijlage 6.

8.6 Conclusie

De World Health Organization heeft een onderzoek gedaan naar wat de maximale omgevingsgeluiden (equivalent geluidniveau en piekgeluiden) in een ziekenhuisomgeving mogen zijn. Deze eisen zijn erg streng en niet realistisch als wordt gekeken naar de geluidmetingen die zijn gedaan. Ondanks dat er een aantal oplossingsrichtingen mogelijk zijn, blijft het wel een omgeving waar mensen invloed op hebben en die dus nooit voorspelbaar is. Voor deze richtlijn is dus gekeken naar de uitersten voor een goede nachtrust 's nachts en het voorkomen van hinder overdag. Aandacht is nodig voor korte nagalmtijden, om de geluiden in de omgeving goed op te kunnen nemen. Vooral in de verkeersruimten is dit van belang, voor het belemmeren van verspreiding van geluid. De Speech Transmission Index binnen de ruimte is moeilijk te beïnvloeden, terwijl patiënten wel aangeven dat zij hinder ondervinden van gesprekken van andere patiënten.

9. Toepassing in het CWZ

9.1 Streefwaarden

De richtlijn, samengevat in hoofdstuk 8 en in het geheel te zien in bijlage 6, is opgesteld aan de hand van literatuuronderzoek en akoestische metingen. Belangrijk aan de richtlijn is de toepassing in de praktijk. In dit hoofdstuk wordt beoordeeld of deze richtlijn te realiseren is in ziekenhuizen en worden aanbevelingen gedaan aan het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis in Nijmegen om een beter akoestisch klimaat te realiseren.

Omgevingsgeluiden

Hoge geluidniveaus in ziekenhuizen moeten voorkomen worden ter bevordering van het genezingsproces van patiënten. Het equivalente geluidniveau, aangegeven met L_{Aeq} , is een gemiddelde van alle geluiden die geproduceerd worden. Deze parameter wordt dan ook het meest direct wordt waargenomen door patiënten. Ook piekgeluiden, L_{Amax} , worden meegenomen in dit gemiddelde.

Equivalent geluidniveau

Het equivalente geluidniveau, L_{Aeq} , is op dit moment te hoog in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis. Dit is niet uitzonderlijk, ook in andere ziekenhuizen is dit het geval. In Tabel 12 zijn de waarden die in het ziekenhuis zijn gemeten en de gewenste waarden weergegeven.

Tabel 12: Equivalent geluidniveau, gemeten en gewenst

L_{Aeq}	Gewenste waarden dB(A)	Gemeten waarden dB(A)
Dag	45	60
Avond	40	56
Nacht	35	46

Zoals te zien is in bovenstaande tabel moeten de geluidniveaus sterk afnemen. Het gemiddelde geluidniveau overdag ligt tussen de 50 en 60 dB(A). Om te voldoen aan de richtlijn zal deze met 5 tot 10 dB(A) moeten afnemen. 's Avonds is een groot verschil te zien tussen de typen kamers. Hierbij liggen de geluidniveaus tussen de 30 en 60 dB(A). Er zal een afname van maximaal 20 dB(A) benodigd zijn om te voldoen aan de richtlijn. Ook 's nachts is een groot verschil te gemeten. Het geluidniveau zal minimaal moeten zijn om goed te kunnen slapen. Een afname van 20 dB(A) is hier gewenst. Uit de metingen blijkt dat het wel mogelijk is om een geluidniveau van $L_{Aeq} = 35$ dB(A) 's nachts te halen. Op de eenpersoonskamer is dit op een bepaald moment gehaald en op de vierpersoonskamer op kort verblijf was dit ruim voldoende.

Piekgeluiden

Door de hoeveelheid mensen die overdag op de afdeling aanwezig zijn worden veel geluidpieken veroorzaakt. Naast piekgeluiden die worden veroorzaakt door werkzaamheden, zoals het sluiten van laden en deuren en het neerzetten van spullen, zorgen ook bezoekers voor geluiden door het schuiven van stoelen en overige activiteiten. Zie Tabel 13 voor de gemeten en gewenste waarden.

Tabel 13: Piekgeluiden, gemeten en gewenst

L_{Amax}	Gewenste waarden dB(A)	Gemeten waarden dB(A)
Dag	55	101,61
Avond	45	87,94
Nacht	40	81,57

Veel van de piekgeluiden kunnen voorkomen worden door de bron weg te nemen. Bij andere geluiden zal de overdracht belemmerd moeten worden. Mogelijkheden hiervoor zullen worden besproken in hoofdstuk 9.2.

Nagalmtijd

Om een goed beeld te vormen van de situatie zijn de nagalmtijden in verschillende ruimten gemeten. De nagalmtijden in de bedkamers voldoen al aan de richtlijn; het zijn een prettige ruimten met weinig galm. In de verkeersruimte ontstaan echter problemen, doordat maar weinig absorberend materiaal is aangebracht. De toegepaste materialen zijn hard en er worden veel geluiden geproduceerd en verspreid in de gang. In de richtlijn worden de volgende waarden gesteld aan de gemiddelde nagalmtijd over de octaafbanden met middenfrequenties van 125 tot en met 2000 Hz, zie Tabel 14.

Tabel 14: Nagalmtijden, gemeten en gewenst

T	Gewenste waarden s	Gemeten waarden s
Bedkamers	0,6 – 0,8	0,58 – 0,66
Verkeersruimte	< 0,5	0,62

De nagalmtijden in bedkamers zijn gemeten in de ruimten zelf. Deze situatie is gesimuleerd in Odeon, zodat overige berekeningen die worden gedaan ook gebaseerd zijn op de realiteit. Aan de hand van deze nagalmtijden zijn ook de nagalmtijden in de gang en bij de entree berekend. De resultaten zijn te zien in Tabel 15 en Tabel 16.

Tabel 15: Berekende nagalmtijd in de gang

Berekend	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	T20
Positie 1	0,93	0,77	0,56	0,55	0,56	
Positie 2	0,77	0,66	0,49	0,46	0,46	
Gemiddeld	0,85	0,72	0,53	0,51	0,51	0,62

Tabel 16: Berekende nagalmtijd bij de entree

Berekend	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	T20
Positie 1	0,73	0,65	0,43	0,38	0,38	
Positie 2	0,75	0,64	0,49	0,45	0,45	
Gemiddeld	0,74	0,64	0,46	0,41	0,41	0,53

De nagalmtijden zijn in de bestaande situatie te lang. Hierdoor worden geluiden niet goed opgenomen in de ruimte en ontstaan hoge geluidsniveaus. In Tabel 17 is berekend wat de hoeveelheid absorptie in de ruimte (in m² O.R.) en de absorptiecoëfficiënt van de constructie moet zijn om te voldoen aan de richtlijn.

Tabel 17: Gewenste absorptiecoëfficiënt per ruimte

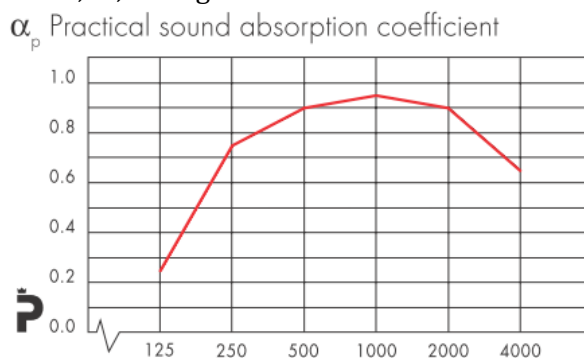
Berekeningsgegevens	T20 [s]	S [m2]	H [m]	V [m3]	A [m2.O.R.]	α
Eenpersoonskamer	0,6	15,67	2,75	43,09	11,97	0,76
Vierpersoonskamer	0,6	33,60	2,75	92,40	25,67	0,76
Vierpersoonskamer	0,6	36,06	2,75	99,17	27,55	0,76
Gang	0,5	29,00	2,45	71,05	23,68	0,82
Entree	0,5	79,93	2,45	195,83	65,28	0,82

Om de hinder vanuit de gang te verminderen zal meer absorberend materiaal aangebracht moeten worden. Dit is afhankelijk van de situatie, in verband met het volume van de ruimte. De volgende absorptiecoëfficiënten zullen dan minimaal benodigd zijn voor deze ruimten. In Tabel 18 is weergegeven wat de benodigde hoeveelheid absorptie minimaal moet zijn in de gang en de entree.

Tabel 18: Absorptiecoëfficiënt per ruimte

Berekeningsgegevens	T20 [s]	S [m ²]	H [m]	V [m ³]	A [m ² .O.R.]	α
Gang	0,62	29,00	2,45	71,05	19,10	0,66
Entree	0,69	79,93	2,45	195,83	47,30	0,59

De gemakkelijkste optie voor het verkorten van de nagalmtijd is het plaatsen van akoestische wandpanelen. Een voorbeeld hiervan is de Ecophon Hygiene Advance Wall C3 met een absorptiecoëfficiënt van $\alpha = 0,85$, zie Figuur 19.


Figuur 19: Absorptiecoëfficiënt Ecophon Hygiene Advance Wall C3

De nagalmtijd in de ruimten zal met toepassing van akoestische wandpanelen dalen tot 0,46 in de gang en 0,36 in de entree, zie Tabel 19 en Tabel 20. Voor de entree is de hoeveelheid absorptie nu overgedimensioneerd. Deze absorptie zal dus niet in de gehele entree toegepast hoeven worden in deze situatie, maar meer absorptie is wel positief voor het verlagen van het geluidniveau.

Tabel 19: Berekende nagalmtijd in de gang met absorptie

Berekend	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	T20
Positie 1	0,61	0,36	0,41	0,43	0,43	
Positie 2	0,54	0,42	0,46	0,49	0,50	
Gemiddeld	0,58	0,39	0,43	0,46	0,46	0,46

Tabel 20: Berekende nagalmtijd in de entree met absorptie

Berekend	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	T20
Positie 1	0,68	0,37	0,19	0,17	0,18	
Positie 2	0,64	0,33	0,25	0,28	0,26	
Positie 3	0,72	0,43	0,34	0,32	0,29	
Gemiddeld	0,68	0,38	0,26	0,26	0,24	0,36

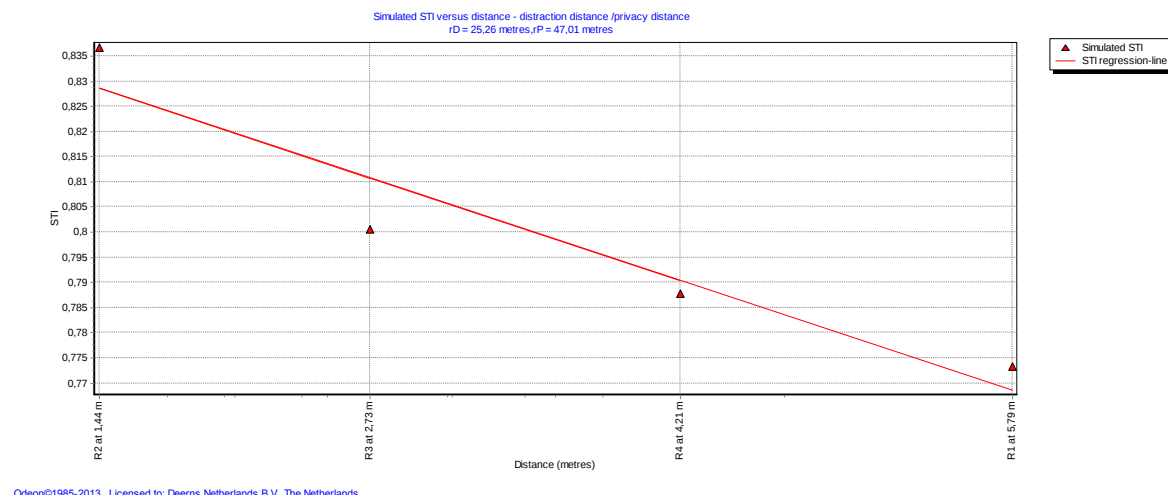
Speech Transmission Index

Zoals in de richtlijn al is gezegd is het erg moeilijk om de STI waarde binnen dezelfde ruimte zo ver te laten dalen, dat medepatiënten geen hinder ondervinden door spraak. In de bestaande situatie zijn er verschillende mogelijkheden om hieraan te kunnen voldoen.

In een situatie met vier patiënten in een kamer, wordt veel hinder ondervonden door gesprekken van medepatiënten. Ondanks dat deze gesprekken in de toekomst zo veel mogelijk voorkomen moeten worden, zullen er wel gesprekken gevoerd blijven worden. Om deze hinder zo veel mogelijk te beperken zal de STI waarde moeten dalen. De patiënt direct naast de spreker is hierbij maatgevend. In de bestaande situatie is de STI waarde bij deze persoon ten gevolge van een gesprek bij het bed ernaast 0,74.

In onderstaande grafiek is in een curve weergegeven hoe de speech transmissie index van geluidbron daalt wanneer de afstand toeneemt. Hierin is te zien dat de STI waarde pas met een

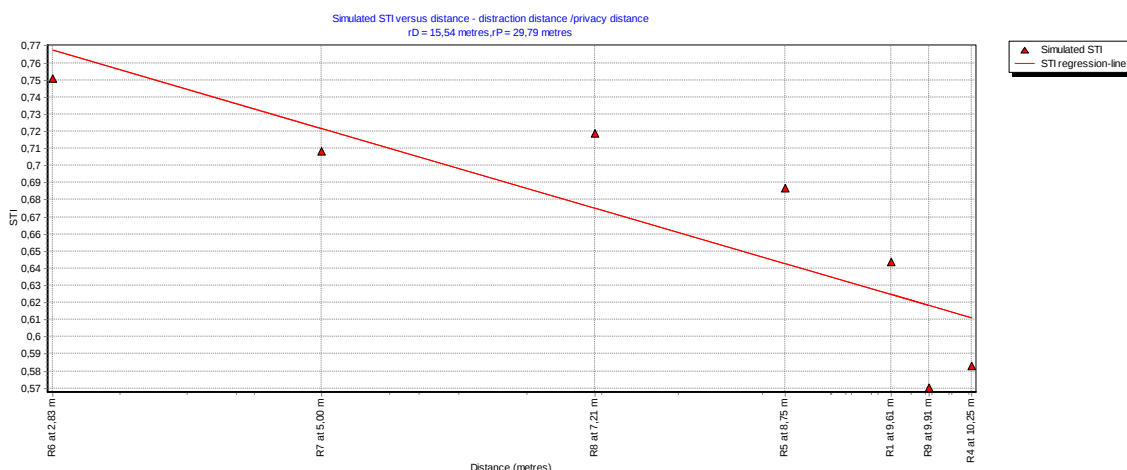
afstand van 25,26 meter tussen de bron en de ontvanger binnen dezelfde ruimte onder de 0,5 zal vallen. Hierbij zullen alle omstandigheden in de ruimte onveranderlijk moeten blijven, omdat verschillende waarden met elkaar in verhouding staan (nagalmtijd, volume van de ruimte, achtergrondgeluidniveau). Dit is niet haalbaar binnen één ruimte; het is niet mogelijk een kamer van dit formaat te realiseren. Er zullen dus maatregelen in de ruimte genomen moeten worden om deze afstand te laten afnemen.



Figuur 20: STI versus distance binnen een ruimte

Aan privacy buiten de ruimte worden hogere eisen gesteld. Hierbij zal de STI waarde onder de 0,2 moeten zijn. In het CWZ zijn twee situaties die hiermee berekend kunnen worden. De eerste is de spraakverstaanbaarheid, oftewel privacy, van een spreker bij de balie ter plaatse van een patiënt die op zijn kamer verblijft. In de bestaande situatie wordt hiervan hinder ondervonden. De STI waarde was hier 0,58, wat betekent dat het gesprek redelijk verstaanbaar is in de patiëntenkamer.

In onderstaande grafiek is in een curve weergegeven hoe de speech transmissie index van geluidbron daalt wanneer de afstand toeneemt. Hierin is te zien dat de STI waarde bij een afstand van 30 meter tussen de bron bij de balie en de ontvanger in een patiëntenkamer onder de 0,2 zal vallen. Alle omstandigheden in de ruimte zullen hierbij onveranderlijk moeten blijven, omdat verschillende waarden met elkaar in verhouding staan (nagalmtijd, volume van de ruimte, achtergrondgeluidniveau). In een andere kamer zal dus een andere STI waarde zijn, maar in deze kamer wordt de meeste hinder ondervonden door gesprekken bij de balie. Deze 30 m kan behaald worden door patiëntenkamers verder op de afdeling gelegen te maken. Het is ook mogelijk deze afstand te verkleinen door maatregelen te nemen, ter plaatse van de bron, de overdrachtsweg of de ontvanger.

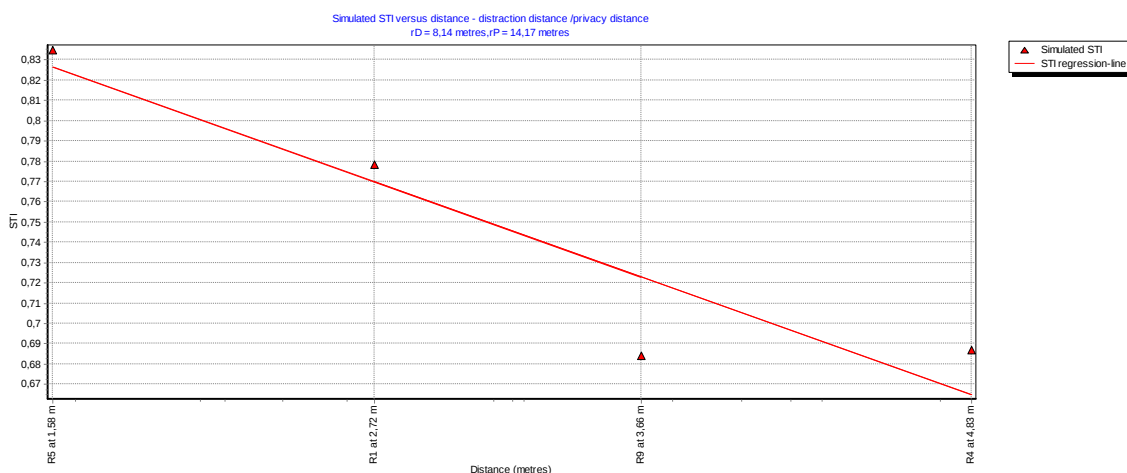


Odeon©1985-2013 Licensed to: Deerns Netherlands B.V., The Netherlands

Figuur 21: STI versus distance van balie naar patiëntenkamer

De tweede situatie waarbij spraakoverlast wordt ervaren is van een gesprek in de gang. Omdat dit gesprek ook buiten de ruimte gevoerd wordt zal deze STI waarde onder de 0,2 moeten komen. De STI waarde in de bestaande situatie is 0,69, wat betekent dat het gesprek goed verstaanbaar is.

In onderstaande grafiek is in een curve weergegeven hoe de speech transmissie index van geluidbron daalt wanneer de afstand toeneemt. Hierin is te zien dat de STI waarde bij een afstand van 14,17 meter tussen de bron bij in de gang en de ontvanger in een patiëntenkamer onder de 0,2 zal vallen. Alle omstandigheden in de ruimte zullen hierbij onveranderlijk moeten blijven, omdat verschillende waarden met elkaar in verhouding staan (nagalmtijd, volume van de ruimte, achtergrondgeluidniveau). In een andere kamer zal dus een andere STI waarde zijn, maar ook de gesprekken kunnen op meerdere plaatsen in de gang gevoerd worden. Afhankelijk van de locatie van het gesprek is het mogelijk de STI waarde te verlagen door het sluiten van deuren of het aanbrengen van absorberend materiaal.



Odeon©1985-2013 Licensed to: Deerns Netherlands B.V., The Netherlands

Figuur 22: STI versus distance van gang naar patiëntenkamer

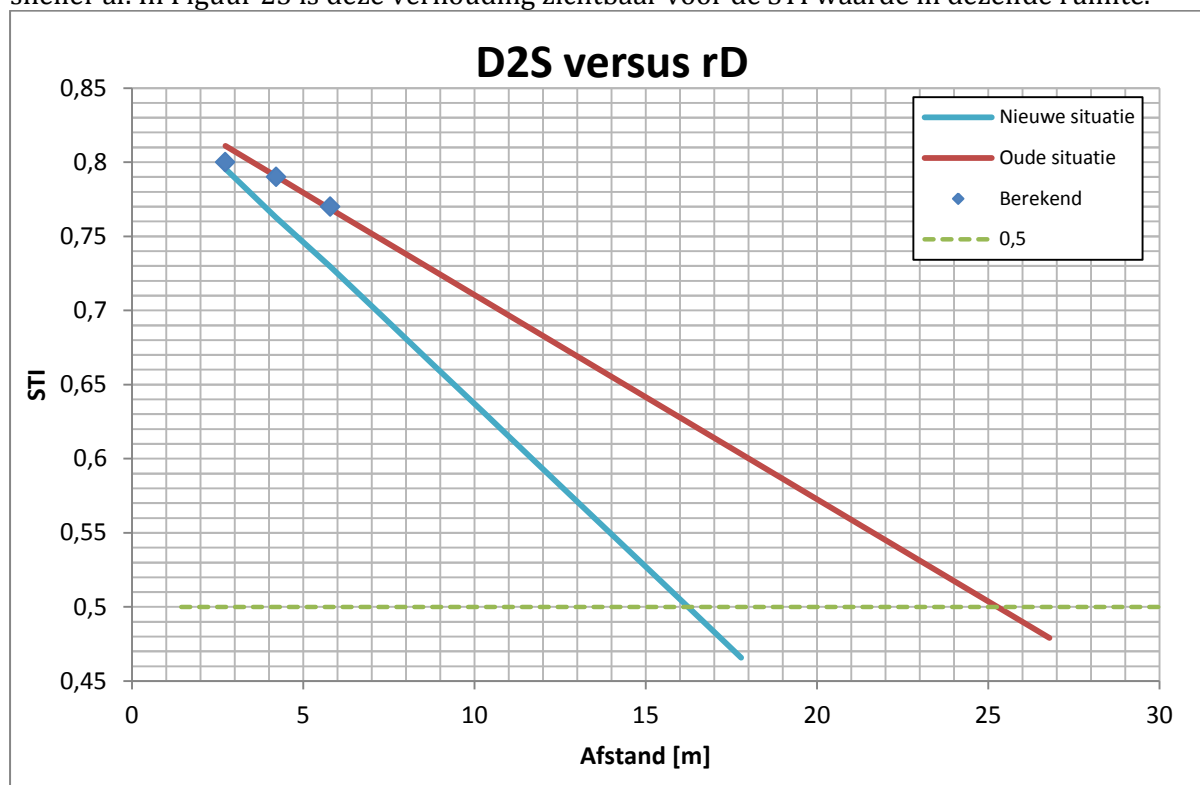
Ruimtelijk verval

De in de richtlijn opgenomen waarden voor geluidafname per afstandsverdubbeling, ook wel ruimtelijk verval genoemd, zijn veel hoger als in de bestaande situatie. Binnen dezelfde ruimte is het niet mogelijk grote geluidafnamen te realiseren. Wel is uitgangspunt dat patiënten zo min mogelijk gestoord worden door medepatiënten. Binnen de kamer is in de bestaande situatie een D2S van 2,09 dB(A) en een DL2 van 2,88 dB(A) (bij een alarmsysteem). Om deze waarde te verhogen naar 5 dB(A), zal meer absorptie in de ruimte aangebracht moeten worden en/of obstakels in de ruimte om de overdracht te belemmeren.

Buiten de ruimte worden hogere waarden gesteld aan het ruimtelijk verval. Over grotere afstanden met mogelijke scheidingsconstructies en afschermingen is het mogelijk om een groter ruimtelijk verval te realiseren. In de bestaande situatie is de D2S 6,62 dB(A) en de DL2 rond de 9 dB(A) van geluiden uit de gang. In de nieuwe situatie zal hier een geluidafname per afstandsverdubbeling van minimaal 11 dB(A) gerealiseerd worden. Dit kan door het sluiten van deuren, het aanbrengen van absorberend materiaal of obstakels in de overdrachtsweg.

STI versus D2S

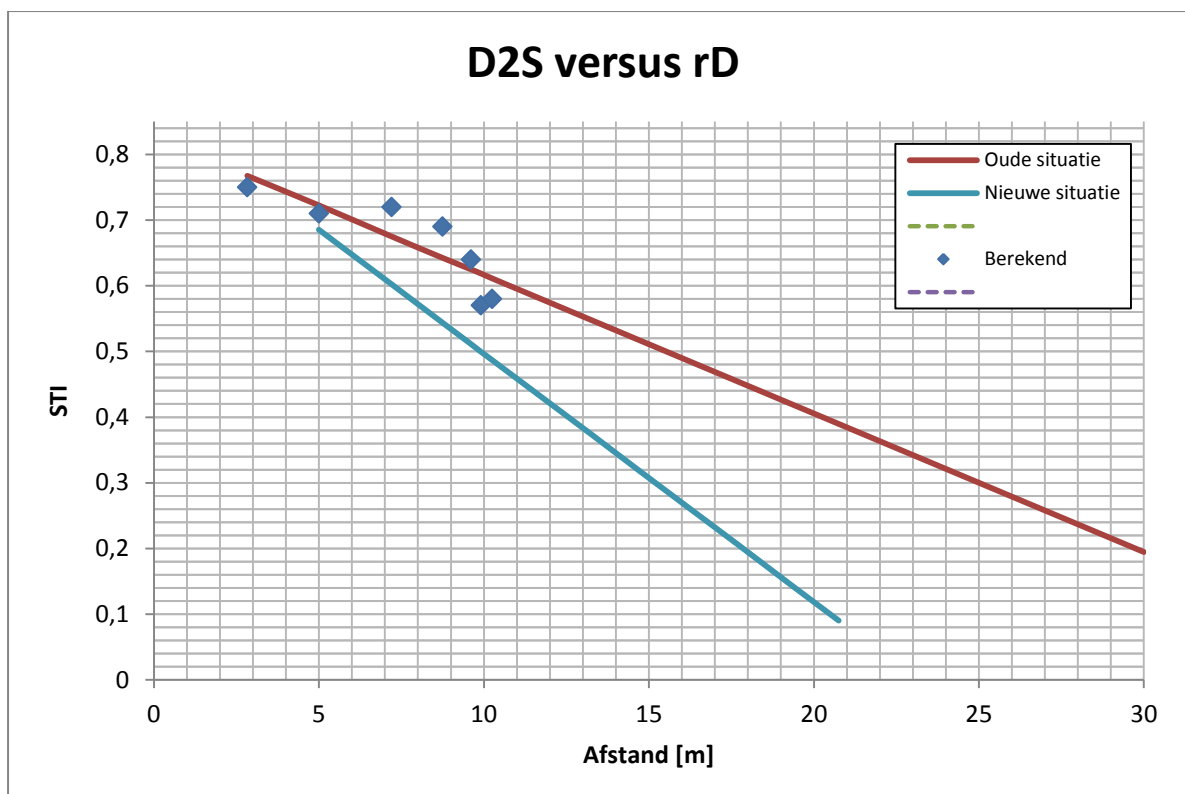
De parameter D2S staat in verhouding tot de STI waarde. Bij een hogere D2S zal de rD, die bij de STI waarde hoort afnemen; als het geluidniveau sneller afneemt, neemt de STI waarde ook sneller af. In Figuur 23 is deze verhouding zichtbaar voor de STI waarde in dezelfde ruimte.



Figuur 23: D2S versus rD in een ruimte

De benodigde afstand om de STI waarde binnen de ruimte onder de 0,5 te laten vallen is in de oude situatie 25,26 m. Bij een D2S van 5 dB(A), wat geadviseerd wordt in de richtlijn, zal deze afstand afnemen tot 16,29 m.

In Figuur 24 is een grafiek weergegeven die de verhouding tussen D2S en de STI waarde buiten de ruimte weergeeft.



Figuur 24: D2S versus rD van balie naar patiëntenkamer

De benodigde afstand om de STI waarde van de balie naar een patiëntenkamer onder de 0,2 te krijgen is in de oude situatie 30 m. Bij een D2S van 11 dB(A), wat geadviseerd wordt in de richtlijn, zal deze afstand afnemen tot 17,75 m. Dit zou haalbaar zijn in de bestaande situatie.

Isolatie

In de bestaande situatie is weinig geluidisolatie in de scheidingswanden aanwezig. Het gebouw is erg oud en er is hier toen niet voldoende aandacht aan besteed. Voor de gewenste waarden en de waarden in de bestaande situatie, zie Tabel 21. Deze waarden zijn in praktijkwaarden weergegeven.

Tabel 21: Geluidisolatie gewenste waarden en bestaande situatie

Rw (lab)	Gewenste waarden dB		Bestaande situatie dB	
	Tussen verblijfsruimten onderling	Tussen verblijfsruimte en gang	Tussen verblijfsruimten onderling	Tussen verblijfsruimte en gang
Kantoorruimten	40	28	44	26
Werkvertrekken	40	28	44	26
Onderzoekskamer	46	34	40	26
Directiekamer	46	34	44	26
Bedkamer	44	28	42	25
Werkruimten	46	40	40	26

De geluidisolatie in de bestaande waarde is in de praktijk zelfs nog slechter dan wat in bovenstaande tabel is genoemd. Bijna alle deuren naar bedkamers, werkruimten en werkvertrekken staan open. Hierdoor is de geluidisolatie van de wand te verwaarlozen en zal een directe geluidoverdracht mogelijk zijn. Heel belangrijk is dus om in de nieuwe situatie deuren te sluiten, zo niet dan heeft een investering in een goed isolerende scheidingswand geen voordelen.

Er zijn verschillende geluidbronnen die door middel van geluidisolatie opgelost kunnen worden. In de werkruimten bevindt zich een spoelkeuken, voorzien van een pocrusher. Deze pocrusher wordt door patiënten gezien als bron van hinder, dus deze moet weggenomen worden. Het geluidniveau van de pocrusher in de werkruimte is 78,9 dB(A). In de kamer is dit geluidvermogen met een open deur nog 54,8 dB(A). Dit geluid valt onder de L_{Aeq} , waarvan in de richtlijn het advies is gegeven voor maximaal 35 dB(A). In de nieuwe situatie zal het geluidniveau ten gevolge van de pocrusher in de gang afnemen tot 38,9 dB(A), hierbij ruimtelijk verval niet meegerekend, met een geluidisolatie van 28 dB nog dalen tot onder de 30 dB(A). Het geluid zal hierdoor niet meer hoorbaar zijn.

9.2 Oplossingsrichtingen

Voor verschillende oplossingen die in de richtlijn vermeld staan is validatie nodig. Hiervoor is het simulatieprogramma Odeon gebruikt. In dit hoofdstuk zullen deze oplossingsrichtingen toegelicht worden.

Terugbrengen van de STI waarde binnen de ruimte

Zoals in hoofdstuk 9.1 al is toegelicht is de STI waarde binnen ruimten moeilijk omlaag te brengen. Personen zullen elkaar altijd blijven horen. Het geluidvermogen van een pratend op bed is 68,4 dB(A). Ter plaatse van vier personen in diezelfde ruimte is dit geluidvermogen nog minimaal 54 en maximaal 54,6 dB(A). De STI waarde is minimaal 0,74, wat betekent dat deze persoon goed verstaanbaar is.

Tabel 22: STI van een gesprek binnen de ruimte

Geluidniveau 1 Medepatiënt gesprek											
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{Amax}	
L_{Amax}	Bron	-	60,9	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	$SPL(A)$	STI
SPL (Af)	Ontvanger 1	-36,4	34,2	45,6	51,8	47,2	40,2	34,4	26,2	54,1	0,77
	Ontvanger 2	-35,9	34,6	46,0	51,7	47,0	40,0	34,1	25,9	54,0	0,74
	Ontvanger 3	-36,1	34,5	46,1	52,3	47,8	40,6	34,7	26,6	54,6	0,78

Er zijn verschillende mogelijkheden om dit op te lossen, namelijk:

- Akoestisch gordijn (zwaar velours, geplooid); heeft vooral effect bij de bedden die verderop in de kamer gelegen zijn.
- Akoestische wandsystemen; geluidisolatie
- Absorberend materiaal op de wand waar de bedden aan liggen
- Soundmasking

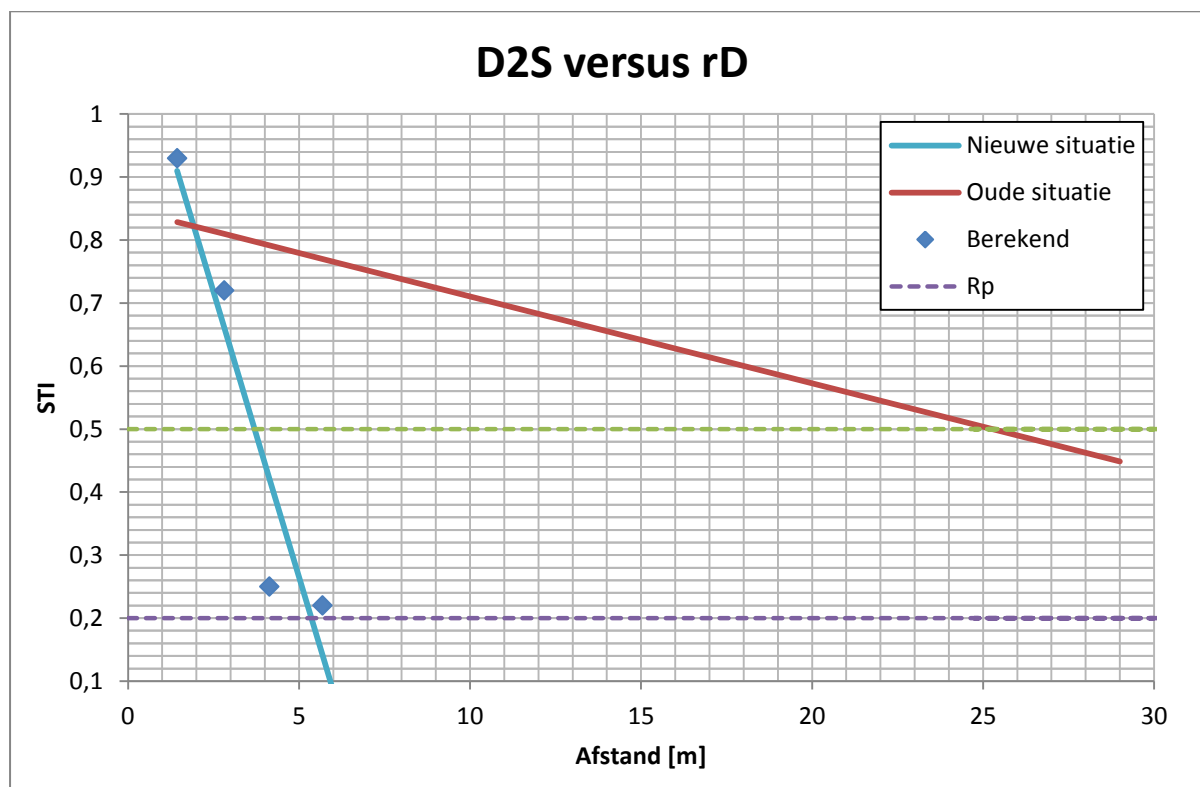
In de richtlijn is benoemd dat flexibele elementen in de ruimte de akoestiek kunnen verbeteren. Door akoestische gordijnen of een akoestische schuifwand te plaatsen, wordt de overdrachtsweg van geluid gehinderd. Door middel van een akoestisch gordijn zal de STI waarde bij de patiënt direct naast de sprekende persoon dalen tot 0,69.

Het geluidniveau ter plaatse van de patiënt daalt hiermee met gemiddeld 14 dB(A). De STI waarde daalt hiermee met minimaal 0,05 bij de dichtstbijzijnde patiënt en maximaal 0,26 bij de verste patiënt, zie Tabel 23. Gesprekken in dezelfde ruimte zijn hierdoor nog steeds goed verstaanbaar.

Tabel 23: STI van een gesprek binnen de ruimte met gordijnen

Geluidniveau 1 Medepatiënt gesprek											
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{Amax}	
L_{Amax}	Bron	-	60,9	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	$SPL(A)$	STI
SPL (Af)	Ontvanger 1	-45,9	24,3	31,2	34,6	27,4	20,4	15,8	7,6	37,2	0,51
	Ontvanger 2	-38,4	31,8	39,3	42,4	34,9	27,4	22,6	14,8	45,0	0,69
	Ontvanger 3	-43,1	27,4	33,3	35,7	28,5	22,1	17,3	9,1	38,6	0,56

Naast het verminderen van de STI waarde heeft het gordijn ook invloed op de parameter D2S, zie Figuur 25.



Figuur 25: D2S versus rD in een ruimte met gordijnen

Door toepassing van het gordijn zal de STI in 5 m dalen tot 0,5. Hierdoor zullen patiënten niet meer gestoord worden door het gesprek. Na 5,7 m is de STI waarde onder de 0,2 en zal de patiënt die het gesprek voert privacy hebben. Wel moet hieruit geconcludeerd worden dat alleen met toepassing van gordijnen of andere akoestische scheidingswanden de richtlijn gehaald kan worden. Doordat deze elementen flexibel zijn, is het afhankelijk van de keuze van de patiënt of er hinder ondervonden wordt van gesprekken in de kamer.

De STI waarde voldoet nog niet aan de norm door toepassing van gordijnen. Er zal ook absorberend materiaal op de wanden aangebracht worden. In deze situatie zal dit alleen nodig zijn op de wanden die direct aan de bedden liggen. Doordat patiënten vanuit hun bed zullen praten en bezoekers in deze richting praten wordt het geluid direct geabsorbeerd.

Het geluidniveau ter plaatse van de patiënt daalt hiermee met gemiddeld nog 4,7 dB(A). De STI waarde daalt hiermee met minimaal 0,06 bij de dichtstbijzijnde patiënt en maximaal 0,15 bij de verste patiënt, zie Tabel 23. Gesprekken in dezelfde ruimte zijn hierdoor nog steeds goed verstaanbaar.

Tabel 24: STI van een gesprek binnen de ruimte met gordijnen en absorptie

Geluidniveau 1 Medepatiënt gesprek		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LAFmax	
LAFmax	Bron	-	60,9	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	SPL(A)	STI
SPL (Af)	Ontvanger 1	-46,7	18,9	25,0	28,1	20,6	15,1	10,9	2,7	30,8	0,36
	Ontvanger 2	-38,9	27,9	35,4	39,0	31,7	24,3	19,5	11,7	41,4	0,63
	Ontvanger 3	-44,1	21,1	27,8	32,2	25,4	20,2	14,9	6,6	34,6	0,49

Binnen de ruimte zijn weinig mogelijkheden om aanpassingen te doen voor het verlagen van de STI waarde. Om de STI waarde onder de 0,5 te brengen zal sound masking nodig zijn. Door sound masking worden geluidprikkels geëgaliseerd en wordt spraakverstaanbaarheid gereduceerd. Dit wordt vooral toegepast in kantoorconcepten. Ook in een ziekenhuisomgeving is dit aan te raden overdag. Het installatiegeluid is erg laag in verband met het maximale geluidniveau 's nachts. Doordat overdag meer geluiden geproduceerd worden, en dit ook toegestaan is, vallen deze hierdoor eerder op. Door het achtergrondgeluidniveau te verhogen door middel van sound masking wordt minder hinder ondervonden door deze geluiden.

Met Odeon is een globale berekening gemaakt voor de effecten van sound masking. Voor gedetailleerd advies zal informatie vanuit de leverancier benodigd zijn, in verband met benodigde geluidniveaus per octaafband.

In Tabel 25 zijn de resultaten, welke berekend zijn met Odeon, weergegeven. Hierin wordt berekend wat de invloed is van het verhogen van het achtergrondgeluidniveau van 5 dB(A); hierdoor wordt het achtergrondgeluidniveau 35 dB(A). Deze maatregel heeft geen invloed op het geluidniveau ter plaatse van de ontvanger, zoals in de tabel te zien is, maar wel op de STI waarde.

Tabel 25: STI van een gesprek binnen de ruimte met gordijnen, absorptie en sound masking

Geluidniveau 1	Medepatiënt gesprek										
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LAFmax	
LAFmax	Bron	-	60,9	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	SPL(A)	STI
SPL (Af)	Ontvanger 1	-46,7	18,9	25,0	28,1	20,6	15,1	10,9	2,7	30,8	0,22
	Ontvanger 2	-38,9	27,9	35,4	39,0	31,7	24,3	19,5	11,7	41,4	0,50
	Ontvanger 3	-44,1	21,1	27,8	32,2	25,4	20,2	14,9	6,6	34,6	0,34

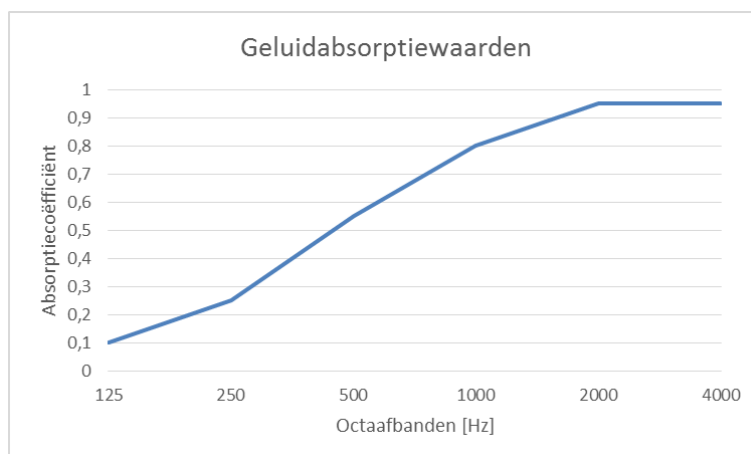
In onderstaande tabel is een overzicht van de maatregelen met het effect op de STI waarde weergegeven.

Tabel 26: Maatregelen voor het verlagen van de STI waarde

	Maatregel	STI
Bestaande situatie		0,74
Situatie 1	Gordijn	0,69
Situatie 2	Gordijn en absorberend materiaal	0,63
Situatie 3	Gordijn, absorberend materiaal en sound masking	0,50

Naast het toevoegen van gordijnen en geluidabsorberend materiaal in de ruimte, kunnen akoestische wandsystemen gebruikt worden als afscherming. Deze mobiele wandsystemen hebben een geluidsisolerende- en geluidabsorberende werking. Er moet wel rekening gehouden worden met geluid dat langs het wandsysteem zijn weg vindt.

Een voorbeeld van een mobiel wandsysteem is de split ruimtedeler van Merford. De absorptiewaarden zijn weergegeven in Figuur 26 voor een standaard van 25 mm.



Figuur 26: Geluidabsorptiewaarden ruimtedeler Merford

De STI waarde ten gevolge van absorptie zal hierdoor niet voldoende afnemen, zie Tabel 27. Geluidisolatie is hierbij niet meegerekend. Verwacht wordt dat de wand een isolatie van 21 dB zal hebben, hierdoor zal het geluidniveau onder de 0,5 komen. Dit is echter niet te valideren met Odeon, omdat hier geen isolatie mee berekend kan worden.

Tabel 27: STI van een gesprek binnen de ruimte met split en absorptie

Geluidniveau 1 Medepatiënt gesprek		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LAFmax	
LAFmax	Bron	-	60,9	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	SPL(A)	STI
SPL (Af)	Ontvanger 1	-44,4	21,3	30,2	32,9	25,7	18,8	14,3	6,5	35,6	0,33
	Ontvanger 2	-38,2	29,3	38,7	42,1	34,7	26,8	21,9	14,4	44,5	0,55
	Ontvanger 3	-38,4	29,1	38,3	43,6	37,8	31,1	25,7	17,8	45,8	0,66

Aanpassingen aan de balie

Gesprekken bij de balie worden door veel patiënten als hinderlijk ervaren. Naast de spraakoverlast die patiënten ervaren, hebben personen die het gesprek voeren geen privacy. Het geluidvermogen van een pratend persoon bij de balie is 68,4 dB(A). Ter plaatse van het bed van de patiënt in een eenpersoonskamer is dit geluidvermogen nog 42,5 dB(A). De STI waarde is 0,58, wat betekent dat deze persoon redelijk verstaanbaar is.

Tabel 28: STI van een gesprek bij de balie

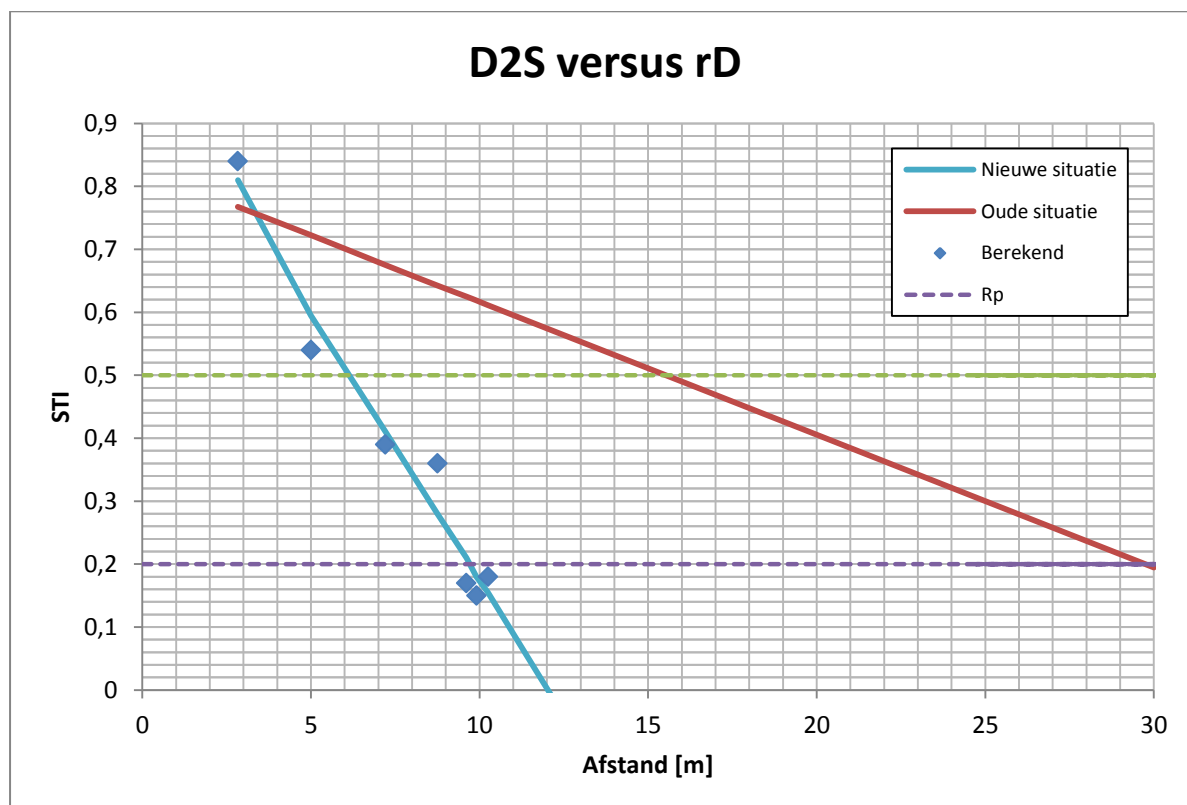
Geluidniveau 1 Balie		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Power		
Sound Power	Bron	-	60,9	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4		
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	SPL(A)	STI	D2S
SPL (Af)	Patiënt	-47,6	22,4	32,8	39,9	36,6	30,6	24,5	15,2	42,5	0,58	
	D2S											6,14

Een maatregel om hier iets aan te doen is het plaatsen van een absorberende wand voor de balie. Hierdoor wordt de verspreiding van geluid geblokkeerd en direct geabsorbeerd in de wand. Ter plaatse van het bed van de patiënt in een eenpersoonskamer is het geluidvermogen nog 26,0 dB(A). De STI waarde is 0,18, wat betekent dat deze persoon niet meer verstaanbaar is.

Tabel 29: STI van een gesprek bij de balie met absorberende wand

Geluidniveau 1 Balie		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Power		
Sound Power	Bron	-	60,9	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4		
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	SPL(A)	STI	D2S
SPL (Af)	Patiënt	-55,5	9,5	16,5	23,0	20,2	14,7	9,0	-1,5	26,0	0,18	
	D2S											13,17

Naast het verminderen van de STI waarde heeft de wand ook invloed op de parameter D2S, zie Figuur 27.



Figuur 27: D2S versus rD van balie naar patiëntenkamer

Door toepassing van een akoestische wand voor de balie zal de STI in 9,61 m dalen tot 0,2 in plaats van in 30 m. Hierdoor zullen patiënten die in hun kamer verblijven niet meer gestoord worden door gesprekken bij de balie. Hieruit blijkt dat de richtlijn haalbaar is, mits er voldoende absorberend materiaal in de gang wordt aangebracht of obstakels worden geplaatst.

Een andere mogelijkheid is het toepassen van absorberende wanden in de entree, gang en patiëntenkamer. Afzonderlijk hebben deze ruimten weinig invloed op de STI, gezamenlijk brengen ze de STI waarde terug naar 0,08. Doordat geluiden van de balie een lange afstand door de gang afleggen worden veel van deze geluiden geabsorbeerd. Bij geluidbronnen die dicht bij de toegang tot patiëntenkamers gelegen zijn heeft dit minder effect.

Door alleen absorptie in de kamer aan te brengen wordt daalt de STI waarde van 0,58 naar 0,42. Het aanbrengen van absorptie in de gang heeft meer effect, hierdoor wordt de STI waarde teruggebracht naar 0,21. Een combinatie van deze twee voldoet pas aan de richtlijn, zie Tabel 30.

Tabel 30: STI van een gesprek bij de balie met absorberend materiaal

Geluidniveau 1 Balie		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Power		
Sound Power	Bron	-	60,9	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4		
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	SPL(A)	STI	D2S
SPL (Af)	Patiënt	-49,3	7,6	13,0	13,4	6,5	-0,8	-1,7	-10,1	17,3	0,08	
	D2S											15,54

9.3 Conclusie

Om aan de richtlijn te kunnen voldoen zullen geluidniveaus sterk moeten afnemen. Ook aan hoge piekgeluiden zal aandacht geschonken moeten worden. Een manier om dit te realiseren is het verkorten van de nagalmtijden. Hierdoor worden geluiden beter opgenomen in de omgeving, waardoor deze minder lang blijven hangen in de ruimte en het geluidniveau zal afnemen. In de gang is de nagalmtijd in de bestaande situatie redelijk lang. Veel geluiden worden via verkeersruimten verspreid doordat deuren van werkruimten en patiëntenkamers open staan. Door hier de nagalmtijd te verkorten wordt de overdrachtsweg van geluid aangepakt. Het terugbrengen van de Speech Transmission Index binnen de ruimte is alleen mogelijk door het plaatsen van flexibele elementen. Door deze tijdelijke oplossing kunnen patiënten zelf bepalen wanneer zij niet gestoord willen worden door gesprekken van anderen. Permanente oplossingen voor het voorkomen van hinder door gesprekken in de ruimte zijn er niet. Voor het terugbrengen van de Speech Transmission Index buiten de ruimte zijn verschillende mogelijke oplossingsrichtingen. Spraakoverlast van gesprekken bij de balie kunnen al op een gemakkelijke manier voorkomen worden door het plaatsen van een absorberende wand voor de balie.

10. Conclusies en aanbevelingen

10.1 Conclusie

Geluid heeft veel invloed op de gezondheid en het welzijn van mensen. Vooral voor patiënten is de invloed van geluid op de gezondheid erg groot. Door het ontwerp te baseren op de ideeën van de healing environment wordt een omgeving gecreëerd die een positieve invloed heeft op het welbevinden, herstel en genezing van de patiënt. Genezing gebeurt vooral tijdens de slaap. Het is dan ook belangrijk dat geluidsniveaus die de slaap verstoren voorkomen moeten worden.

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de geluidsniveaus in ziekenhuizen te hoog zijn om optimaal te kunnen genezen. Overdag worden de geluidsniveaus vooral bepaald door gesprekken en activiteiten van bezoekers, patiënten en personeel. Hoewel duidelijk is dat veel hinderlijke geluiden zich via de gang verspreiden willen patiënten graag hun kamerdeur open houden om zich niet opgesloten te voelen.

De richtlijn is gebaseerd op de geluidsniveaus die een goede nachtrust 's nachts en het voorkomen van geluidhinder overdag tot doel hebben. Om aan de richtlijn te kunnen voldoen zullen geluidsniveaus sterk moeten afnemen. Het terugbrengen van de Speech Transmission Index binnen de ruimte is alleen mogelijk door het plaatsen van flexibele elementen. Door deze tijdelijke oplossing kunnen patiënten zelf bepalen wanneer zij niet gestoord willen worden door gesprekken van anderen. Voor het terugbrengen van de Speech Transmission Index buiten de ruimte zijn verschillende mogelijke oplossingsrichtingen. Spraakoverlast van gesprekken bij de balie kunnen al op een gemakkelijke manier voorkomen worden door het plaatsen van een absorberende wand voor de balie.

Wanneer ziekenhuizen hun medische zorg en de omgeving aan de patiënt aanpassen geven zij hun patiënten een betere ervaring bij een bezoek aan het ziekenhuis en kunnen kosten bespaard worden door een korter verblijf en minder medicatie.

10.2 Canisius Wilhelmina Ziekenhuis

Voor het terugbrengen van de geluidniveaus op de verpleegafdelingen van het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis zullen verschillende maatregelen getroffen moeten worden. De geluidniveaus zijn erg hoog, wat nadelige effecten heeft voor het genezingsproces van patiënten. De geluidniveaus overdag worden vooral bepaald door gesprekken en activiteiten van bezoekers, patiënten en personeel. 's Nachts worden de geluiden vooral veroorzaakt door alarmsystemen, overige medische apparatuur en geluiden van patiënten.

Alle oplossingsrichtingen die toegelicht zijn in de richtlijn, zijn toepasbaar in het Canisius Wilhelmina Ziekenhuis. Mijn advies is als eerste om waar mogelijk de geluidbronnen weg te nemen. Spraakoverlast van gesprekken bij de balie, van bezoekers en de arts in de patiëntenkamer wordt hierdoor verminderd. Geluiden van het schuiven van stoelen, het sluiten van kastdeuren en sanitaire ruimten kunnen hierdoor gedempt of weggenomen worden.

Vervolgens zullen de oplossingen in de overdrachtsweg de verspreiding van geluid belemmeren. Eerst is het sluiten van deuren heel belangrijk. De deur van patiëntenkamers is hierbij een oplossing die in de praktijk mogelijk niet zal werken, in verband met de voorkeur van de patiënt zelf. Het sluiten van deuren van werkruimten daarentegen kan toepasbaar worden door het gebruik van deurdrangers (met sluitvertraging). Het toevoegen van extra absorberend materiaal in de verkeersruimte zal hierbij ook een grote bijdrage leveren aan het verminderen van geluidverspreiding. Binnen dezelfde ruimte kan de overdrachtsweg alleen beïnvloed worden door de toepassing van akoestische gordijnen of andere akoestische afscheidingen.

Uit de geluidmetingen die zijn gedaan blijkt dat de geluidniveaus per type kamer verschillen. De eenpersoonskamer was erg luidruchtig, maar deze patiënt heeft hiervan weinig hinder ondervonden. Dit komt doordat de geluiden in deze ruimte veroorzaakt worden door de patiënt zelf of zijn bezoekers. Ondanks dat in vierpersoonskamers hoge geluidniveaus ervaren worden, willen patiënten toch graag in deze kamer verblijven. Mijn advies is om rekening te houden met deze wens. Het gevoel van eenzaamheid heeft ook geen positieve bijdrage aan het genezingsproces van de patiënt. Op de afdeling kort verblijf was meer voorkeur voor eenpersoonskamers. Er wordt hier veel hinder ondervonden van medepatiënten doordat patiënten elkaar niet kennen. Echter vanuit het ziekenhuis is de wens voor zespersoonskamers ontstaan. Geen van de patiënten op deze afdeling gaf aan te willen verblijven op een zespersoonskamer. Toch is het niet helemaal af te raden om kamer voor zes of eventueel meer patiënten te ontwerpen. Als voldoende rekening wordt gehouden met absorptie en de mogelijkheid om bedden van elkaar af te schermen zal hierdoor zelfs meer privacy zijn dan in de bestaande vierpersoonskamer.

Als laatste is mijn advies de organisatiestructuur bespreekbaar te maken. Personeel moet op de hoogte zijn van de invloed van geluid op het herstel van patiënten. Hierdoor zullen zij het belang inzien om de geluidniveaus op de afdeling te verminderen en kunnen zij hun werkwijze hiernaar aanpassen. Ook adviseer ik om de bezoekerstijden te wijzigen. Veel hinder is afkomstig van bezoekers. Als er meer rust gecreëerd wordt door kortere bezoekerstijden in te stellen zullen patiënten op andere momenten meer hinder accepteren.

10.3 Neonatologie

De patiënten van de afdeling neonatologie zijn een van de meest kwetsbare patiënten die in het ziekenhuis verblijven. Om de geluidniveaus te verminderen zijn al verschillende onderzoeken gedaan.

Alle oplossingsrichtingen die in de richtlijn beschreven worden zijn toepasbaar op deze afdeling. Mijn advies is als eerste om waar mogelijk de geluidbronnen weg te nemen. Uit een studie van Long et al. blijkt dat bij het verminderen van geluiden van werkzaamheden, zoals het minder openen en sluiten van de couveuse, de premature baby minder lang afhankelijk is van medische apparatuur. Veel geluiden in de ruimte kunnen gedempt of geminimaliseerd worden. Tijdens de verzorging van de prematuur kunnen bepaalde alarmsystemen uitgezet worden, zodat het afgaan van alarmsystemen voorkomen kan worden. In een andere studie van Long et al. is gezorgd voor langere perioden van rust. Door werkzaamheden sneller uit te voeren en in een handeling is er in de tussenpozen meer ruimte om te herstellen. Uit het onderzoek bleek dat deze manier van werken meer lijkt op de ontwikkeling in de baarmoeder; de baby had geen achterstand in hersenactiviteit in vergelijking met een op tijd geboren baby.

Voor de afdeling neonatologie zijn vaak geen specifieke getallen voor het aantal patiënten per kamer. In de University Hospital Umea in Zweden wordt onderzoek gedaan naar de optimale situatie voor de afdeling neonatologie. In de oude situatie waren kamers van 33 m² met 4 tot 9 baby's. Hier werd een geluidsdruk gemeten van 65 tot 70 dB(A). In de nieuwe situatie zijn kamers van 86 m² met maximaal 4 baby's gerealiseerd. Hier werd een geluidsdruk gemeten van 55 tot 65 dB(A). Hieruit blijkt dat het aantal patiënten per kamer duidelijk invloed heeft op het geluidniveau.

Ook is bewustwording erg belangrijk. Op de afdeling neonatologie komen veel verschillende mensen: bezoekers, artsen en verplegend personeel. De aanwezigen zullen moeten denken aan zacht praten. Eventueel kan dit gestimuleerd worden door middel van het dimmen van licht, waardoor automatisch zachter wordt gepraat. Daarnaast is het belangrijk deuren te sluiten om verspreiding van geluid te voorkomen.

Baby's zijn erg gevoelig voor positief stimulerend geluid, meer dan andere patiënten. Positieve geluiden zijn geluiden als muziek, natuur en praten met een zachte stem. Het vermindert stress, wat een lagere hartslag en lagere bloeddruk tot gevolg heeft. Tijdens werkzaamheden kan dit geluid gebruikt worden om andere geluiden te maskeren.

10.4 Vervolgonderzoeken

Zoals aan het begin van het onderzoek al duidelijk was, is akoestiek in de gezondheidszorg een erg breed onderwerp. Daarom zijn in de toekomst verschillende vervolgonderzoeken mogelijk om verdere conclusies te trekken.

- Het onderzoek heeft zich gericht op geluid van binnen. Niet alleen geluid van binnen zorg voor hoge geluidsniveaus, ook geluid van buiten speelt hierin een rol. Wel worden hier eisen aan gesteld in het bouwbesluit, maar het is mogelijk om het onderzoek uit te breiden op het gebied van buitengeluid.
- De afdeling neonatologie is nu opgenomen in dit onderzoek. Ondanks dat de parameters voor deze afdeling zijn vastgesteld in de richtlijn zou iemand hier een compleet afstudeeronderzoek naar kunnen doen. Uit dit onderzoek blijkt dat het belang van premature baby's bij het voorkomen van geluidprikkels groot is en dat op de afdeling nog veel aanpassingen kunnen worden gedaan naar de optimale omgeving voor de prematuur.
- De gezondheidszorg is erg groot en dit onderzoek heeft zich gericht op verpleegafdelingen en neonatologie. Binnen het ziekenhuis zijn er nog andere afdelingen waarbij een zelfde onderzoek gedaan kan worden, bijvoorbeeld voor comapatiënten of een kinderafdeling. Ook kan het onderzoek naar buiten het ziekenhuis verplaatst worden, zoals een verpleegtehuis of een instelling voor gehandicapten.

Literatuurlijst

1. Ecophon op Zorgtotaal. *Zorgtotaal*. [Online] 14 01 2014. <http://www.zorgtotaal.nl/nl-NL/Bezoeker/Nieuws/Ecophon-op-Zorgtotaal-Goed-geluid-in-ziekenhuis-beter-voor-patint-en-medewerkers.aspx>.
2. **Rijksoverheid**. *Bouwbesluit 2012*. www.bouwbesluitonline.nl : Bris, 2012.
3. Geluid en Akoestiek. *Technoconsult B.V.* [Online] Technoconsult B.V. [Citaat van: 10 05 2014.] http://www.technoconsult.nl/teksten.php?teksten_id=14.
4. Absorptie, reflectie en isolatie van geluid. *Sonus begrippenlijst*. [Online] Sonus bv raadgevende ingenieurs. [Citaat van: 10 05 2014.] <http://ftpso000.home.xs4all.nl/dutch/begrippen/toelichtingen/absorptie.html>.
5. Weegcurven: A-, B-, C- en D-weging van niveaus. *Sonus begrippenlijst*. [Online] Sonus bv raadgevende ingenieurs. [Citaat van: 10 05 2014.] <http://www.sonus.nl/dutch/begrippen/toelichtingen/abcdweging.html>.
6. dB(A). *Wikipedia*. [Online] Wikimedia Foundation inc., 12 09 2013. [Citaat van: 10 05 2014.] [http://nl.wikipedia.org/wiki/DB\(A\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/DB(A)).
7. **Linden, ir. A.C. van der**. *Bouwfysica*. Den Haag : Waltman, 1996. ISBN 90 212 9082 0.
8. Introducing Speech Intelligibility. *NTI-audio*. [Online] [Citaat van: 09 05 2014.] <http://www.nti-audio.com/Portals/0/data/en/NTi-Audio-AppNote-AL1-Introducing-STIPA.pdf>.
9. STI wat is dat? *Incatro*. [Online] Incatro room acoustics. [Citaat van: 10 05 2014.] <http://www.incatro.nl/informatie/informatie-over-akoestiek/sti-wat-is-dat/>.
10. *NEN-EN-ISO 3382-3*. sl : NEN, 2013.
11. **Msmmedia**. Te vroeg geboren. *Zwangerschap*. 29 augustus 2008.
12. What health challenges do preterm babies face? *World Health Organization*. [Online] 4 maart 2014. http://www.who.int/features/qa/preterm_health_challenges/en/.
13. **Ziekenhuis, Albert Schweitzer**. Neonatologie. *Albert Schweitzer Ziekenhuis*. [Online] 4 maart 2014. <http://www.asz.nl/specialismen/neonatologie/>.
14. **Berg, Agnes E. van den**. *Health Impacts of Healing Environments*. Wageningen : Wageningen University and Research Center, 2005.
15. **Hendriks, Mario**. Architect. EGM Architecten, Barendrecht : Hester Thoen, 20 05 2014.
16. **Frits Bovenberg, Jaco Takkenkamp, Laura Vennik & Gijs Francken**. Helende omgeving draagt bij aan herstel. *Vakblad Sociale Psychiatrie*. juli 2010, pp. 7-14.
17. **Nierman, ir. G.J. (Gerarda)**. Positieve elementen maken een gebouw beter. *TVVL Magazine*. maart 2012, pp. 30-33.
18. **Bluyssen, Philomena M.** *The Indoor Environmental Handbook*. Londen : Earthscan, 2009.
19. **Mens, Noor**. *Healing environment stel patiënt en welbevinden centraal*. sl : In perspectief; College bouw ziekenhuisvoorzieningen, 2003.
20. **zorginstellingen, College bouw**. *Kwaliteit van de fysieke zorgomgeving*. Utrcht : College bouw zorginstellingen, 2008. 978-90-8517-105-8.
21. Hinderbeleving en gezondheidseffecten. *Decentrale regelgeving overheid*. [Online] [http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/images/Groningen%20\(Gr\)/i45501.pdf](http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/images/Groningen%20(Gr)/i45501.pdf).
22. Wat is de gehoordrempel. *Pro licht beeld geluid*. [Online] Media Power. <http://lichtbeeldgeluid.nl/geluid/psychoakoestiek/wat-is-de-gehoordrempel/>.
23. *Noise: A Hazard for the Fetus and Newborn. Health, Committee on Environmental*. 724-727, sl : American Academy of Pediatrics, 4 oktober 1997, Vol. 4. 0031 4005.
24. *Fetal Exposures to Sound and Vibroacoustic Stimulation*. **Kenneth J. Gerhardt, Robert M. Abrams**. 20-29, sl : Journal of Perinatology, 2000, Vol. 10.
25. **gezondheid, Commissie 'Geluid en**. *Geluid en Gezondheid*. Den Haag : Gezondheidsraad , 15 september 1994. 90-5549-046-6.
26. **G. van den Brink, I. Hankes Drielsma, E. Jurrius, E. te Pas, A. van Rooijen**. *Leerboek intensive-care-verpleegkunde*. Maarssen : Elsevier Gezondheidszorg, 2001. 90 352 1703 9.

27. *Neonatal Intensive Care Sound Environment: Impact on the infant and preventative strategies.* **Berg, Johannes Van den en Zweden, University Hospital Umeå.** Lund (Zweden) : Care for Sound (symposium), 17 oktober 2013.
28. **Sint-Augustinus.** *Ontwikkelingsgerichte zorg op de dienst neonatologie.* Wilrijk : Gasthuis-Zusters Antwerpen, november 2011.
29. *Geluiden uit de gezondheidszorg.* **Jikke Reinten, Ecophon.** Rotterdam : sn, 12 november 2013. Seminar Akoestiek in de gezondheidszorg.
30. Normering geluid en relatie tot effecten. *NMP.* [Online] 3 maart 2014. <http://rigolett.home.xs4all.nl/GV/gezondheid/geluidengezondheid.htm>.
31. **Brigitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H Schwela.** *Guidelines for Community Noise.* Geneve, Zwitserland : World Health Organization, 1999.
32. **Peutz.** Slapen om beter te worden: Akoestiek in ziekenhuizen. *FMT Gezondheidszorg.* 04 09 2013, pp. 16,17.
33. **M. Park, A. Kohlrausch, W. de Bruijn, P. de Jager, K. Simons.** *Source-specific analysis of the noise in an intensive care unit.* Innsbruck, Oostenrijk : Internoise, 18 september 2013.
34. *A caring sound environment in hospitals?* **Waye, Kerstin Persson.** Lund, Zweden : Care for Sound Symposium, 17 oktober 2013.
35. **Nienhuis, A.F. Pettinga -.** Analyse van geluidsbronnen op een Neonatale Intensive Care Unit. *Kritiek, vakblad voor intensive-caremedewerkers.* [Online] juni 2006. [Citaat van: 4 maart 2014.] <http://www.kritiek.org/analyse-van-geluidsbronnen-op-een-neonatale-intensive-care-unit>.
36. **Dijk, P. van.** Omvang alternatieve geneeswijzen in Nederland. *Tijdschrift voor Integrale Geneeskunde.* Jaargang 21-22, 2006, Vol. 13-22, Inleiding.
37. Asclepeion. *Wikipedia.* [Online] Wikipedia, 8 april 2014. [Citaat van: 26 januari 2014.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Asclepeion>.
38. *Goede akoestiek als meerwaarde in de gezondheidszorg.* **Jos Reijnierse, EGM adviseurs.** Rotterdam : sn, 12 november 2013. Seminar Akoestiek in de gezondheidszorg.
39. Hoeveel Nederlanders zijn slechthorend en hoeveel daarvan gebruiken hoortoestellen? *Hoorwijzer.* [Online] Nederlandse Vereniging voor Slechthorenden, 2 april 2014. <http://www.hoorwijzer.nl/vraagbaak/veelgestelde-vragen/veelgestelde-vragen/hoorproblemen-in-nederland.html?categorie=3>.
40. **al., M. Gommer et.** *Gehoorschade en geluidsblootstelling in Nederland - inventarisatie van cijfers.* sl : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2013.
41. **Charlotte Hurtley, Layout by Dagmar Bengs.** *Night noise guidelines for Europe.* Kopenhagen : World Health Organisation, 2009. 978 92 890 4173 7.
42. **Nierop, Chris.** Stijgende belangstelling voor piekgeluiden. *Geluid.* 3, juli 2003, 98-102.
43. **Nursing, Redactie.** Meer aandacht voor slapen in het ziekenhuis. *Nursing.* [Online] 3 maart 2014. [Citaat van: 14 juli 2011.] <http://www.nursing.nl/Verpleegkundigen/Achtergrond/2011/7/Meer-aandacht-voor-slapen-in-het-ziekenhuis-NURS007126W/>.
44. **Rutten, Ellen.** Slaapweetjes. *Wetenschap 24.* [Online] 21 november 2012. [Citaat van: 3 maart 2014.] <http://www.wetenschap24.nl/programmas/labyrint/nieuws/2012/Lekker-slapen/Slaapweetjes.html>.
45. **Kinderziekenhuis, Juliana.** Neonatologie. *Juliana Kinderziekenhuis.* [Online] 4 maart 2014. <http://ouders.julianakinderziekenhuis.nl/a-tm-z/specialismen/neonatologie.aspx>.
46. **LUMC.** Neonatologie, Patiënt en zorg, De verpleegafdeling. *LUMC.* [Online] 4 maart 2014. <https://www.lumc.nl/con/2030/110215093548221/110310000218421/>.
47. **Ziekenhuis, Amphia.** *Uw baby op de afdeling neonatologie.* Breda : sn, 2013.
48. —. Neonatologie. *Amphia Ziekenhuis.* [Online] 4 maart 2014. <http://www.amphia.nl/Patienten/AfdelingenEnSpecialismen/Neonatologie/Pages/default.aspx>.
49. **Robert E. Lasky, Amber L. Williams,.** Noise and Light Exposures for Extremely Low Birth Weight Newborns During Their Stay in the Neonatal Intensive Care Unit. *Pediatrics.* [Online] 8

mei 2008. [Citaat van: 4 maart 2014.]

<http://pediatrics.aappublications.org/content/123/2/540.short>.

50. Premature baby stelt geluidloze zorg niet op prijs. *Vakblad Vroeg*. [Online] 4 maart 2014. [Citaat van: 17 oktober 2013.] <http://www.vakbladvroeg.nl/nieuws/artikel/205/>.

51. **Reyherd, Erica**. Too noisy to heal. *Healthcare Design Magazine*. 31 oktober 2010, 1.

52. **E. Ryherd, S. Okcu, T. Hsu, A. Mahapatra**. *Hospital Noise and Occupant Response*. sl : ASHRAE Transactions 117(1), 2011. 248-255.

53. **I. Bush-Vishniac, J. West, P. Kwon, J. Dunn**. *The challenges of noise control in hospitals*. Cairns, Australië : ICSV14, 9 juli 2007.

54. **enquête, Patiënten**. CWZ, Nijmegen : Hester Thoen, 22 04 2014.

55. **ISSO, Stichting**. *ISSO Publikatie 24 Installatiegeluid*. Rotterdam : ISSO, 1990. 90-5044-017-7.

56. **Instituut, Nederlands Normalisatie**. *NEN-EN-ISO 3382-3 (en)*. Delft : ISO copyright office, 2012.

57. Noisemeters Inc. *Maximum, Minimum and Peak Sound Level*. [Online] Noisemeters. <https://www.noisemeters.com/help/faq/min-max-peak.asp>.