

# Theater aan het Spui

## Den Haag

### Nagalmtijd zaal 1 en zaal 2

Opdrachtnummer : **14132-02**  
Document : Rap-01  
Status : Concept  
Datum : 3 oktober 2016



Project : Theater aan het Spui Den Haag  
Document : 14132-02 / Rap-01  
Datum : 3 oktober 2016



**Opdrachtgever:**

Samenwerkende Theaterspecialisten  
Sniep 95a  
1112 AJ Diemen

**Adviseur Bouwfysica:**

Ingenieursburo Ulehake  
Rossinistraat 40  
Postbus 402  
5340 AK Oss  
Tel. (0412) 63 49 45  
[www.ulehake.nl](http://www.ulehake.nl)

**Contactpersoon:**

Stephan Achten ([stephanachten@ulehake.nl](mailto:stephanachten@ulehake.nl))



## **INHOUDSOPGAVE**

<b>1.</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>SITUATIE</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>RICHTLIJNEN</b>	<b>6</b>
<b>5.</b>	<b>METINGEN</b>	<b>7</b>
5.1.	MEETPOSITIES	7
5.2.	MEETAPPARATUUR	7
5.3.	MEETRESULTATEN	8
5.4.	TOETSING	9
<b>6.</b>	<b>MAATREGELEN</b>	<b>11</b>
<b>7.</b>	<b>SAMENVATTING EN CONCLUSIES</b>	<b>14</b>
<b>BIJLAGE I</b>	<b>MEETPOSITIES</b>	<b>15</b>
<b>BIJLAGE II</b>	<b>MAATREGEL 1</b>	<b>18</b>
<b>BIJLAGE III</b>	<b>MAATREGEL 2</b>	<b>19</b>



## 1. INLEIDING

Op dinsdag 27 september 2016 zijn in opdracht van de Samenwerkende Theaterspecialisten geluidmetingen verricht in zaal 1 en zaal 2 van het theater aan het Spui in Den Haag. Met de geluidmetingen is de nagalmtijd in de zalen bepaald en getoetst.

De aanleiding van het onderzoek zijn gebruikersklachten over de akoestiek in de grote zaal (zaal 1). De klachten hebben betrekking op flutterecho's op het podium en ter plaatse van het publiek. Ook zijn er klachten over de spraakverstaanbaarheid. Door langs de wanden van de zaal gordijnen uit te schuiven kan de akoestiek verbeterd worden, maar tijdens een optreden is de gordijnen niet altijd gewenst. In de zaal dienen aanvullende voorzieningen aangebracht worden om de akoestiek te verbeteren.

De gebruikers zijn tevreden over de akoestiek in kleine zaal (zaal 2).

In dit rapport zijn de uitgangspunten en bevindingen van het uitgevoerde onderzoek samengevat.

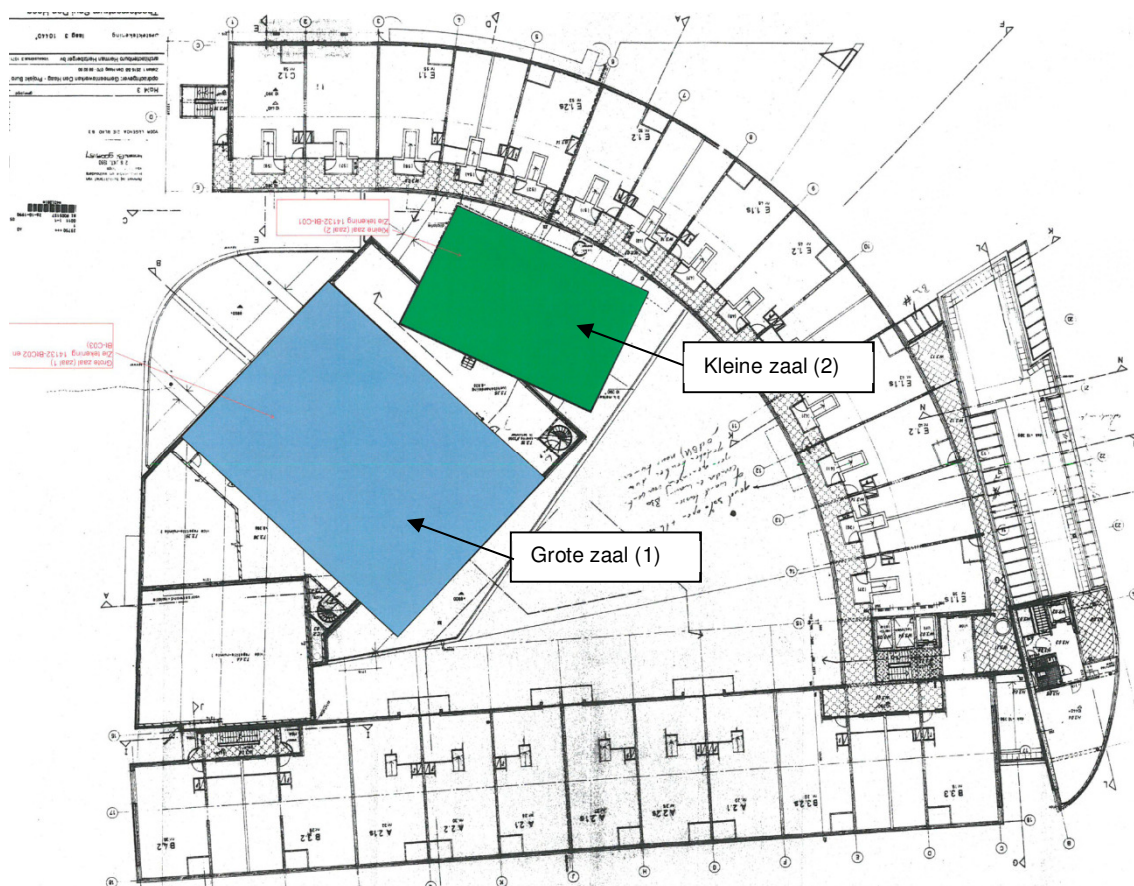


## 2. SITUATIE

De afmetingen van de grote zaal bedragen circa 25 x 18 x 10 meter. De wanden van de zaal zijn uitgevoerd in beton. De wanden kunnen door middel van gordijnen afgeschermd worden waarbij sprake is van drie opties: de gordijnen ter plaatse van het podium, de gordijnen ter plaatse van de publiek, of geen gordijnen. Op de vloer ligt een houten parketvloer. Boven de loopbruggen zijn akoestische panelen tegen de wanden aangebracht.

De afmetingen van de kleine zaal bedragen circa 18 x 11 x 8,5 meter. De wanden van de zaal zijn uitgevoerd in beton. De wanden kunnen door middel van gordijnen afgeschermd worden waarbij sprake is van twee opties: gordijnen ter plaatse van het podium, of geen gordijnen. Op de vloer ligt een houten parketvloer. Onder de loopbruggen zijn tegen de lange wanden akoestische panelen aangebracht.

In afbeelding 1 zijn de twee zalen aangeduid in het plattegrond.



Afbeelding 1: situatie



## 4. RICHTLIJNEN

De zalen worden multifunctioneel ingezet. Voor de gewenste nagalmtijd in de zalen zijn de richtlijnen van derden<sup>1</sup> gehanteerd. In de tabellen 1 en 2 zijn de richtlijnen opgenomen.

Tabel 1: richtlijn voor de gemiddelde nagalmtijd van de 500 Hz en de 1000 Hz octaafband

Omschrijving	Gemiddelde nagalmtijd [500 – 1000 Hz]	
	Muziek	Spraak
Grote zaal (zaal 1)	1,7 seconde	1,2 seconde
Kleine zaal (zaal 2)	1,5 seconde	1,0 seconde

Vanwege het grotere volume is een langere nagalmtijd in de grote zaal toegestaan. Ook is de nagalmtijd langer als de zaal voor een muzikoptreden wordt gebruikt.

Tabel 2: richtlijnen voor nagalmtijden per octaafband

Omschrijving	Richtlijn nagalmtijd per octaafband in seconde							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz
Grote zaal (zaal 1)								
Muziek	2,0 – 2,8	1,8 – 2,4	1,4 – 2,1	1,4 – 2,0	1,4 – 2,0	1,3 – 2,0	1,1 – 2,0	0,9 – 2,0
Spraak	0,9 – 1,8	1,0 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,0 – 1,8	0,8 – 1,8
Kleine zaal (zaal 2)								
Muziek	1,8 – 2,5	1,6 – 2,2	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,0 – 1,8	0,8 – 1,8
Spraak	0,5 – 1,2	0,6 – 1,2	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2	0,7 – 1,2	0,5 – 1,2

Voor een 'warm' geluid is bij muziekgeluid een langere nagalmtijd noodzakelijk in de 63 Hz en 125 Hz octaafbanden.

Voor spraak is het tegenovergestelde van toepassing en zijn kortere nagalmtijden in de 63 Hz en 125 Hz octaafbanden noodzakelijk voor de spraak verstaanbaarheid.

<sup>1</sup> 'Acoustics for Auditoriums and Concert Halls' in 'Handbook for Soundengineers', W. Ahnert en H.P. Tennhardt, 2008



## 5. METINGEN

### 5.1. MEETPOSITIES

Met de geluidmetingen zijn de nagalmtijden (T) bepaald volgens de voorschriften van de NEN 5077. In tabel 3 is het overzicht gegeven van de metingen in de grote zaal. In bijlage I zijn foto's opgenomen van de posities van de gordijnen tijdens een meting.

Tabel 3: Metingen grote zaal

Meting	Zendpositie	Ontvangstpositie	Positie Gordijnen
1a	Podium	Podium	Geen gordijnen
1b			Ter plaatse van podium
2a	Podium	Tribune	Geen gordijnen
2c			Ter plaatse van publiek
3a	Tribune	Tribune	Geen gordijnen
3c			Ter plaatse van publiek

Over de nagalmtijd in de kleine zaal zijn de gebruikers tevreden. Voor het referentiekader zijn in deze zaal geluidmetingen verricht. Het overzicht van de metingen voor de kleine zaal is in tabel 4 samengevat.

Tabel 4: Metingen kleine zaal

Meting	Zendpositie	Ontvangstpositie	Positie Gordijnen
4a	Podium	Podium	Geen gordijnen
4b			Ter plaatse van podium
5a	Podium	Tribune	Geen gordijnen
5b			Ter plaatse van podium
6a	Tribune	Tribune	Geen gordijnen
6b			Ter plaatse van podium

In de kleine zaal worden de gordijnen vanwege de aanwezigheid van de akoestische panelen niet richting het publiek geschoven. Voor deze situatie is dan ook niet de nagalmtijd bepaald.

### 5.2. MEETAPPARATUUR

Voor de metingen is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- Geluidniveaumeter, Larson Davis, type 831;
- Kalibrator merk Brüel & Kjær, type 4231;
- Ruisbron merk Brüel & Kjær, type 4224.

De gehele meetketen is vooraf en achteraf aan de metingen gekalibreerd. Er zijn geen afwijkingen geconstateerd.



### 5.3. MEETRESULTATEN

In de tabellen 5a tot en met 5c zijn de meetresultaten opgenomen.

Tabel 5a: Meetresultaten - zend- en ontvangstpositie: podium

Omschrijving	Meetresultaat per octaafband in seconden								Gemiddelde [500 – 1 KHz]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	
Grote zaal (meting 1a, 1b)									
Zonder gordijnen	2,1	2,1	1,8	2,5	2,4	2,1	1,2	0,8	2,4
Met gordijnen tpv podium	1,6	1,6	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8
Kleine zaal (meting 4a, 4b)									
Zonder gordijnen	1,3	1,5	1,0	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,9
Met gordijnen tpv podium	1,5	1,4	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3	0,7

Uit de resultaten van tabel 5a blijkt volgende voor de nagalmtijd op het podium:

- Zonder gordijnen langs de wanden van het podium is de gemiddelde nagalmtijd op het podium van de grote zaal aanzienlijk hoger (2,4 seconde) dan de nagalmtijd in de kleine zaal (0,9 seconde). Ook de nagalmtijden in de verschillende octaafbanden zijn in de grote zaal aanzienlijk hoger dan in de kleine zaal. Dit is hoorbaar als flutterecho's;
- Met de gordijnen langs de wanden van het podium is de gemiddelde nagalmtijd op het podium van de grote zaal met 0,8 seconde vergelijkbaar met de nagalmtijd op het podium van de kleine zaal (0,7 seconde). Ook is sprake van vergelijkbare nagalmtijden in de octaafbanden. Van flutterecho's is geen sprake.

Tabel 5b: Meetresultaten - zendpositie: podium, ontvangstpositie: publiek

Omschrijving	Meetresultaat per octaafband in seconden								Gemiddelde [500 – 1 KHz]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	
Grote zaal (meting 2a, 2c)									
Zonder gordijnen	2,1	1,7	1,4	1,5	1,3	1,2	0,9	0,6	1,4
Met gordijnen tpv publiek	2,2	1,6	1,4	1,4	1,2	1,0	0,8	0,5	1,3
Kleine zaal (meting 5a, 5b)									
Zonder gordijnen	1,5	1,8	1,2	0,8	0,8	0,8	0,7	0,4	0,8
Met gordijnen tpv podium	*	1,9	1,1	0,7	0,7	0,6	0,5	0,3	0,7

\* = geen betrouwbare meting



Tabel 5c: Zend- en ontvangstpositie: publiek - meetresultaten

Omschrijving	Meetresultaat per octaafband in seconden								Gemiddelde [500 – 1 KHz]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	
Grote zaal (3a, 3c)									
Zonder gordijnen	1,5	1,9	1,3	1,2	1,3	1,3	1,0	0,6	1,3
Met gordijnen tpv publiek	*	1,6	1,3	1,1	1,1	1,0	0,8	0,5	1,1
Kleine zaal (6a, 6b)									
Zonder gordijnen	1,7	1,5	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7	0,5	0,8
Met gordijnen tpv podium	1,1	1,3	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,3	0,7

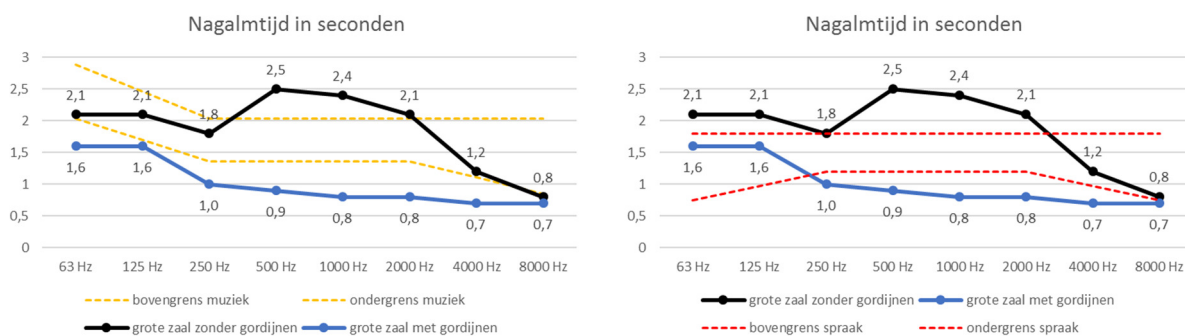
\* = geen betrouwbare meting

Uit de resultaten van tabellen 5b en 5c blijkt volgende voor de nagalmtijd ter plaatse van het publiek:

- Voor de twee opstelposities van de geluidbron komen de meetresultaten ter plaatse van het publiek in de grote zaal in grote mate overeen. Voor de toetsing en de bepaling van de maatregelen worden de meetresultaten gehanteerd waarbij de bron ter plaatse van het publiek was opgesteld;
- De gemiddelde nagalmtijd ter plaatse van het publiek in de grote zaal is aanzienlijk langer dan in de kleine zaal (1,1 seconde tegenover 0,8 seconde). De aanwezigheid van de gordijnen langs de wanden van het publiek heeft weinig invloed op de gemiddelde nagalmtijd in de grote zaal (1,1 seconde tegenover 1,1 seconde). Dit komt doordat de gordijnen op korte afstand voor de achterliggende wand hangen en hierdoor minder effectief zijn;
- In de grote zaal is de nagalmtijd in de 250 Hz tot en met 2 KHz octaafbanden langer dan de nagalmtijd in dezelfde octaafbanden in de kleine zaal.

#### 5.4. TOETSING

In afbeelding 2 zijn de gemeten nagalmtijden ter plaatse van het podium grafisch weergegeven. In de afbeelding zijn de voorgestelde richtlijnen voor muziekgeluid (links) en spraak (rechts) grafisch weergegeven als stippellijnen.



Afbeelding 2: Overzicht meetresultaten grote zaal - zend- en ontvangstpositie: podium

Ter plaatse van het podium bedraagt de gemiddelde nagalmtijd zonder gordijnen 2,4 seconden en 0,8 seconden met gordijnen. De richtlijn voor de gemiddelde nagalmtijd bedraagt in het geval van muziek 1,7 seconde voor de grote zaal en 1,5 seconde voor spraak.

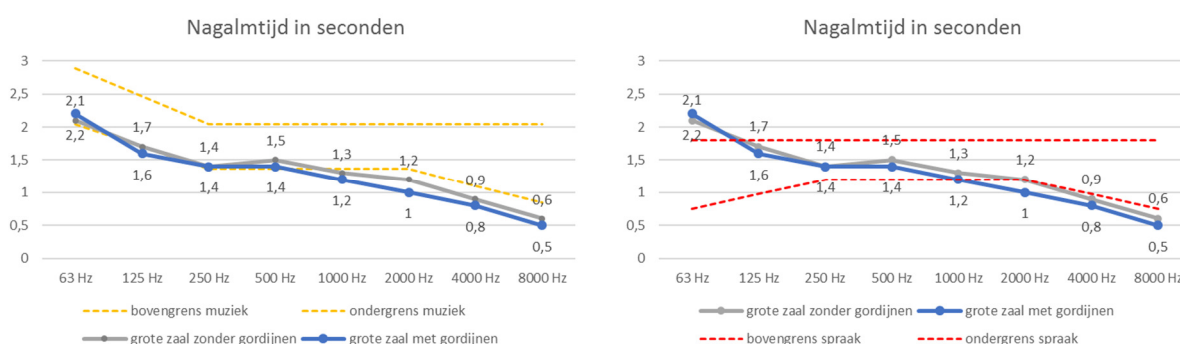


Uit het grafisch overzicht van afbeelding 2 blijkt het volgende voor de nagalmtijden op het podium:

- Zonder gordijnen langs de wanden van het podium zijn de gemeten nagalmtijden in de 500 Hz tot en met 2 KHz octaafbanden langer dan de richtlijnen;
- Met de gordijnen langs de wanden van het podium zijn de gemeten nagalmtijd korter dan de ondergrenzen van de richtlijnen.

De gemiddelde nagalmtijd op het podium van de grote zaal voldoet zonder de aanwezigheid van gordijnen langs de wanden niet aan de richtlijnen voor muziek en spraak. Met de gordijnen is de nagalmtijd korter dan de voorgestelde richtlijnen. Hierdoor kan het geluid op het podium als 'droog' ervaren worden.

In afbeelding 3 zijn de meetresultaten voor de nagalmtijden ter plaatse van het publiek grafisch weergegeven (zend- en ontvangstpositie: publiek). In de afbeelding zijn ook de richtlijnen voor muziek en spraak grafisch weergegeven als stippellijnen.



Afbeelding 3: Overzicht meetresultaten grote zaal - zendpositie: podium, ontvangstpositie: publiek

Ter plaatse van het publiek bedraagt de gemiddelde nagalmtijd zonder gordijnen 1,4 seconden en 1,3 seconden met gordijnen. De richtlijn voor de gemiddelde nagalmtijd bedraagt in het geval van muziek 1,7 seconde voor de grote zaal en 1,5 seconde voor spraak.

Uit het grafisch overzicht van afbeelding 3 blijkt volgende voor de nagalmtijden ter plaatse van het publiek:

- In meerdere octaafbanden zijn de gemeten nagalmtijden korter dan de ondergrenzen van de richtlijn voor muziek;
- In de lage octaafbanden voldoet de gemeten nagalmtijd niet aan de richtlijnen voor spraak. Hierdoor kan het ter plaatse van het publiek een 'bulderend' geluid hoorbaar zijn

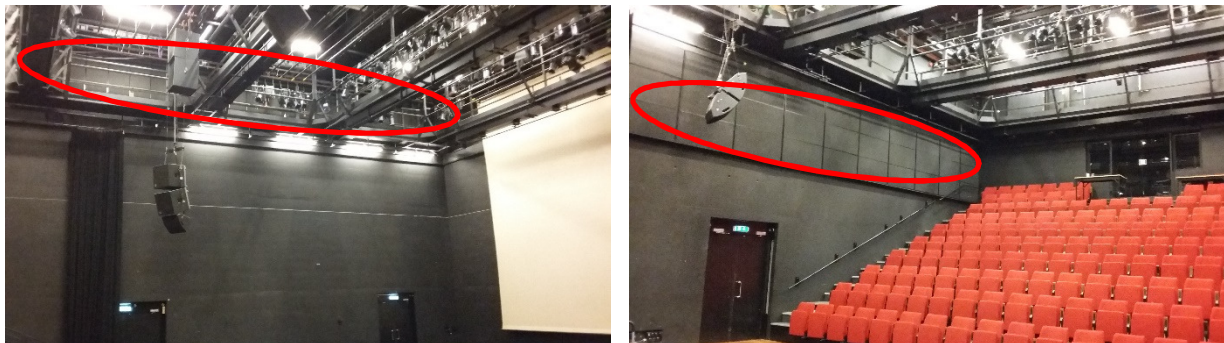
Ter plaatse van de publiek is de gemiddelde nagalmtijd met en zonder gordijnen korter dan de voorgestelde richtlijnen voor muziek en spraak. In de 63 Hz octaafbanden is de vastgestelde nagalmtijden wel hoger dan richtlijnen voor spraak.

Het akoestisch effect van de gordijnen op de nagalmtijd is ter plaatse van het podium is groter dan wanneer de gordijnen langs de wanden van het publiek hangen. Dit komt door de grote luchtsponw tussen de wanden van het podium en de gordijnen.



## 6. MAATREGELEN

In de huidige situatie bestaat er een groot verschil tussen de absorptie in de grote zaal en de absorptie in de kleine zaal. In grote zaal zijn de geluidsabsorberende panelen aangebracht in de ruimte tussen loopbruggen en het constructieve plafond. In de kleine zaal zijn de panelen in het zicht en onder de loopbruggen aangebracht. In afbeelding 3 zijn de panelen omkaderd.

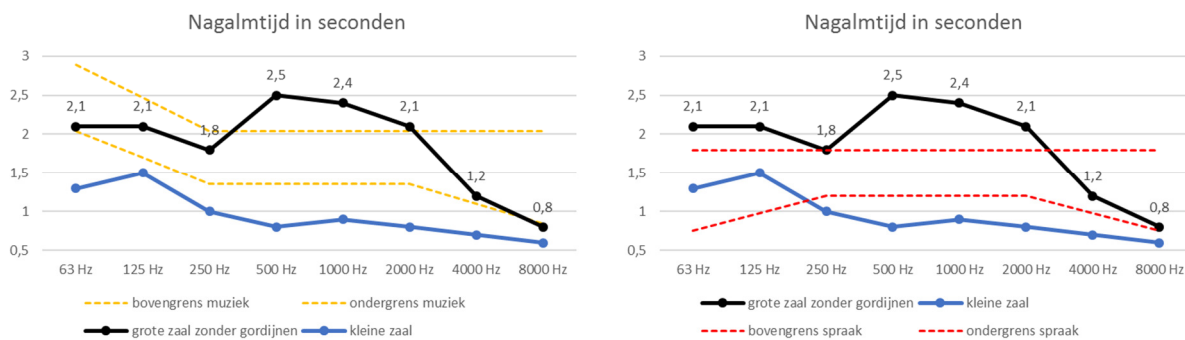


Afbeelding 3: positie geluidsabsorberende panelen in grote zaal (links) en kleine zaal (rechts)

Doordat de panelen in de grote zaal niet in het zicht hangen, is de effectiviteit van deze panelen aanzienlijk lager ten opzichte van de panelen in de kleine zaal. Mede hierdoor worden in deze zaal langere nagalmtijden gemeten.

De maatregelen worden bepaald voor de situatie waarbij geen gordijnen aanwezig zijn. In afbeelding 4 zijn de gemeten nagalmtijden in de zalen grafisch per octaafband weergegeven. In de linker afbeelding zijn de boven- en ondergrens uit de richtlijn voor muziek als stippellijnen weergegeven. De boven- en ondergrens uit de richtlijn voor spraak zijn in de rechter afbeelding als stippellijnen weergegeven.

Afbeelding 4: Nagalmtijden per octaafband voor de grote en kleine zaal zonder gordijnen



De gemeten nagalmtijden in de kleine zaal is over het algemeen korter dan de richtlijnen voor spraak, maar de akoestiek in deze zaal wordt als prettig ervaren. De gemeten nagalmtijden van de kleine zaal worden daarom als uitgangspunt gebruikt voor de dimensionering van de maatregelen voor de grote zaal.



De totale geluidabsorptie (A) in een ruimte wordt uitgedrukt in de eenheid 'vierkante meter open raam'. In tabel 6 is per octaafband aangegeven hoeveel vierkante meter open raam aan extra geluidabsorptie in de grote zaal aangebracht dient te worden om te voldoen aan de nagalmtijden van de kleine zaal. De berekening is in bijlage II (maatregel 1) opgenomen.

Tabel 6: Aanvullende geluidabsorptie in m<sup>2</sup> open raam

Omschrijving	Oppervlak aan 'open raam' in m <sup>2</sup>							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz
Aanvullende absorptie podium grote zaal	91	59	139	265	217	241	187	130
Aanvullende absorptie publiek grote zaal	--	20	49	60	49	69	62	48

Ter plaatse van het podium is circa 350 m<sup>2</sup> aan wandoppervlak aanwezig dat tussen de vloer en de onderkant van de loopbruggen ligt. Ter plaatse van het publiek bedraagt beschikbare wandoppervlak circa 132 m<sup>2</sup>. In de bijlage II is het beschikbare wandoppervlak aangeduid in de tekeningen van de zaal.

Om in de grote zaal de nagalmtijd te verlagen tot die van de kleine zaal dient meer dan helft van het beschikbare wandoppervlak als volledig geluidsabsorberend uitgevoerd te worden. Dit zal een grote invloed hebben de uitstraling van de zaal.

Daarnaast blijkt uit de richtlijnen dat in een zaal met een grotere volume een langere nagalmtijd gewenst is. Door in de grote zaal een nagalmtijd na te streven die gelijk is aan de nagalmtijd van de kleine zaal, bestaat de kans dat de zaal te 'droog' gaat klinken. Het advies is dan ook om voor de grote zaal de nagalmtijden uit de richtlijnen na te streven.

Bij de bouw van de grote zaal is rekening gehouden met het aanbrengen van absorberende panelen tegen wanden van de zaal. Hiervoor is in de wanden een uitsparing (zie bijlage I) opgenomen met een diepte van circa 10 centimeter en een hoogte van 2 meter. De onderkant van de uitsparing ligt op 5 meter hoogte boven het vloerpeil. Het totale oppervlak van de wanduitsparing bedraagt circa 135 m<sup>2</sup>. Onderzocht is wat het effect op de nagalmtijd is als dit oppervlak bekleed wordt met geluidsabsorberend materiaal. In de berekening is glaswol als absorberend materiaal toegepast dat de volgende geluidsabsorptiecoëfficiënten ( $\alpha$ ) heeft:

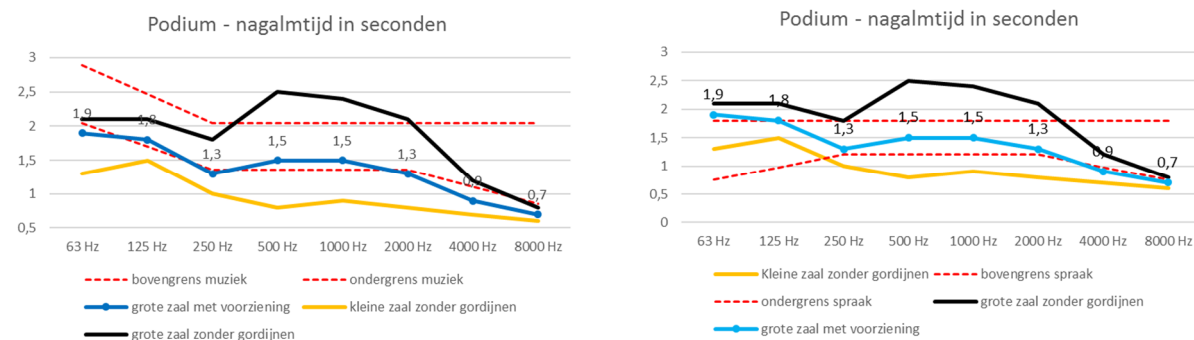
Tabel 7: Overzicht geluidsabsorptiecoëfficiënten panelen

Omschrijving	Geluidabsorptiecoëfficiënt ( $\alpha$ )							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz
Glaswol, 22 kg/m <sup>3</sup> , 100 mm	0,16*	0,32	0,85	1,0	0,95	0,95	0,90	0,90*

\* = geen meetwaarde beschikbaar, meetwaarden geëxtrapoleerd

Voor de beschreven maatregel zijn in afbeeldingen 5a en 5b de grafisch overzichten gegeven van de nagalmtijden ter plaatse van het podium en het publiek. De berekeningen zijn in bijlage III (maatregel 2) opgenomen.

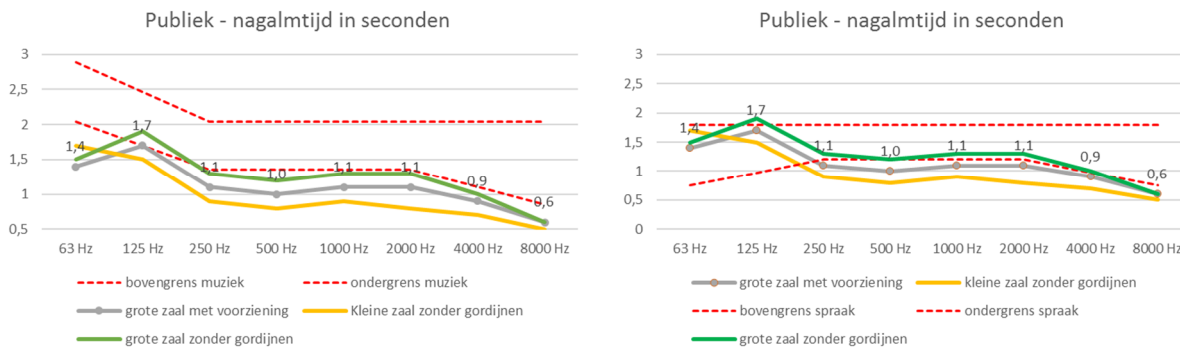
Afbeelding 5a: Podium grote zaal - nagalmtijden ten gevolge van extra geluidabsorptie





Ter plaatse van het podium neemt de gemiddelde nagalmtijd af van 2,4 seconden naar 1,5 seconden. De effect van de maatregel op de nagalmtijden in de 500 Hz tot en met 2 KHz octaafbanden is aanzienlijk met als gevolg dat de nagalmtijden in de meeste octaafbanden voldoen aan de richtlijnen voor muziek en spraak.

Afbeelding 5b: Publiek grote zaal - nagalmtijden ten gevolge van extra geluidabsorptie



Ter plaatse van het publiek neemt de gemiddelde nagalmtijd af van 1,3 seconden naar 1,1 seconden. De nagalmtijden in de octaafbanden nemen gemiddeld ook af met 0,2 seconde. Hierdoor wordt de nagalmtijd iets korter dan de ondergrenzen van de richtlijnen.

Het effect van de voorziening op de nagalmtijd ter plaatse van het publiek is minder groot dan ter plaatse van het podium. Dit wordt veroorzaakt door de geluidabsorptie van de stoelen waardoor ter plaatse van het publiek al relatief veel geluidsabsorberend materiaal aanwezig is.



## 7. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In opdracht van de Samenwerkende Theaterspecialisten heeft Ingenieursburo Ulehake geluidmetingen verricht in zaal 1 en 2 van het theater aan het Spui in Den Haag.

De akoestiek zaal 1 wordt niet als prettig ervaren dit is wel het geval voor de akoestiek in zaal 2.

Met de geluidmetingen is de nagalmtijd in de zalen bepaald en de meetresultaten van zaal 1 zijn vergeleken met de meetresultaten voor zaal 2 en getoetst aan algemene richtlijnen voor concertzalen en auditoriums. Zonder de aanwezigheid van de gordijnen voldoet de nagalmtijd in zaal 2 niet in alle meetposities aan de richtlijnen. Ook is de gemiddelde nagalmtijd in de grote langer dan in de kleine zaal.

Het effect van aanvullende geluidsabsorptie in de grote zaal is onderzocht. De meetresultaten voor de kleine zaal zijn als uitgangspunt gehanteerd voor de dimensionering van de maatregelen. Om niet afhankelijk te zijn van de aanwezigheid van de gordijnen zijn de maatregelen bepaald voor situatie zonder gordijnen.

Om de nagalmtijd in de grote zaal te verlagen tot de nagalmtijden van de kleine zaal dient meer dan helft van het beschikbare wandoppervlak in de grote zaal bekleed te worden met geluidsabsorberend materiaal. Dit zal een grote invloed hebben op de uitstraling van de zaal en ook bestaat de kans dat het de zaal te 'droog' gaat klinken. Uit de richtlijnen blijkt dat in een zaal met een grotere volume een langere nagalmtijd gewenst is. Het advies is dan ook om voor de grote zaal de nagalmtijden uit de richtlijnen na te streven.

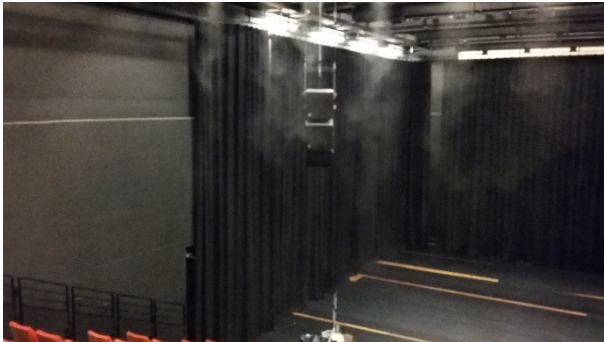
Bij de bouw van de zalen is in de wanden rekening gehouden met de plaatsing van geluidsabsorberende panelen. Hiervoor zijn in de wanden uitsparingen opgenomen. In de kleine zaal zijn deze panelen al aanwezig in de uitsparingen. Dit is niet geval in de grote zaal.

Indien in de uitsparingen van de grote zaal geluidsabsorberende panelen aangebracht worden, voldoet de verwachte nagalmtijd ter plaatse van het podium aan de richtlijnen voor muziek. Ter plaatse van het publiek zal de verwachte nagalmtijd door de panelen afnemen en net korter zijn de ondergrenzen van de richtlijnen.

Ingenieursburo Ulehake



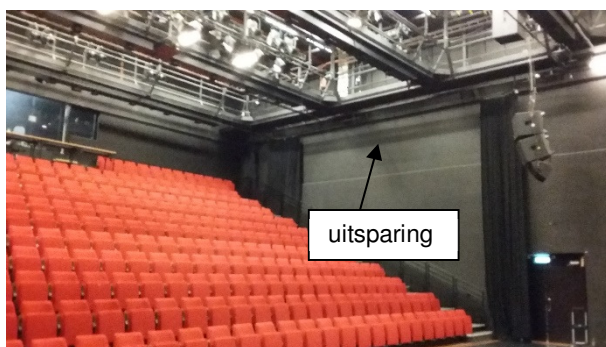
## BIJLAGE I MEETPOSITIES



*Grote zaal: gordijnen ter plaatse van podium*



Grote zaal: gordijnen ter plaatse van publiek



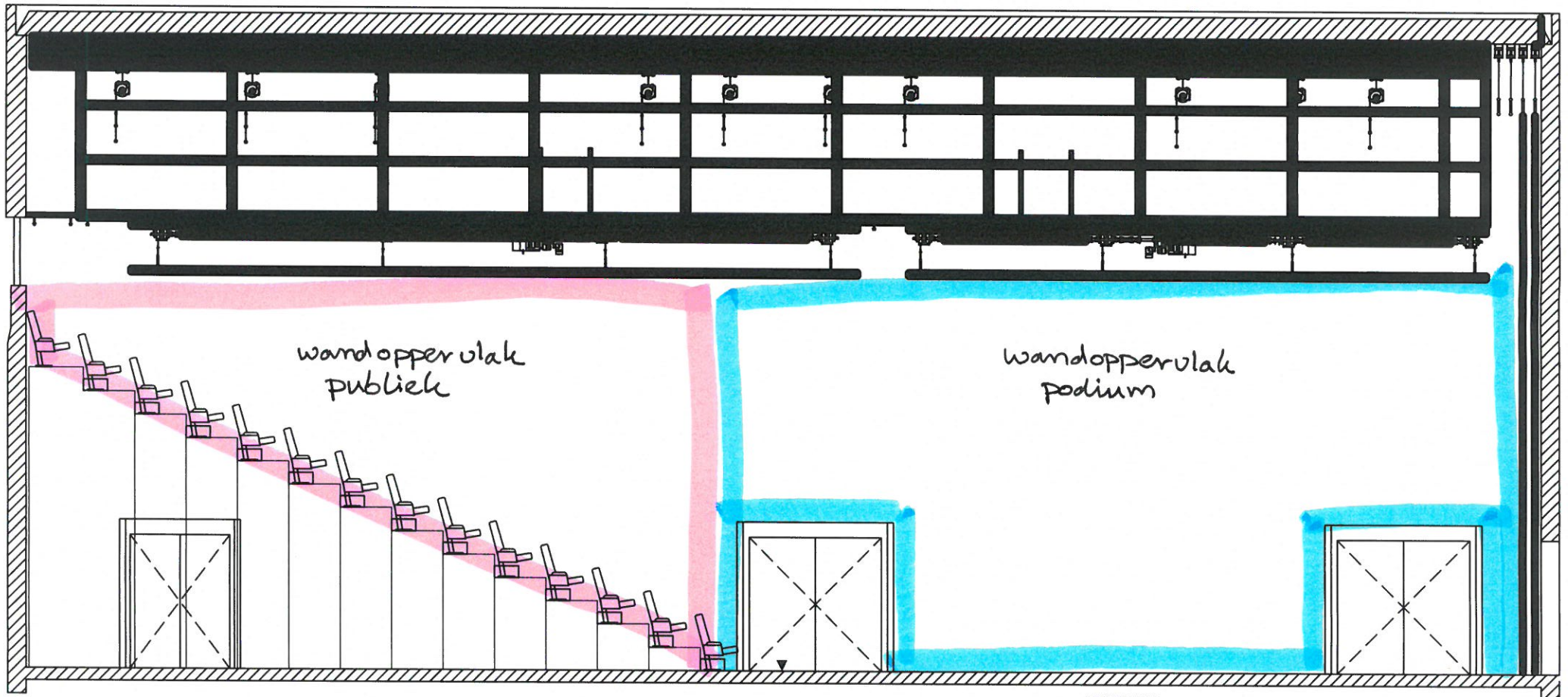
Grote zaal: geen gordijnen



*Kleine zaal: geen gordijnen*

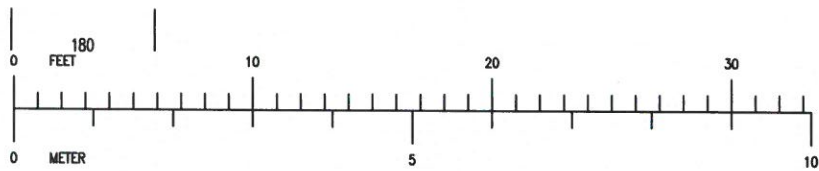


## **BIJLAGE II      MAATREGEL 1**



wandoppervlak  
publiek

wandoppervlak  
podium



PRINCIPETEKENING

Werkelijke maten te bepalen door fabrikant/leverancier  
Zie bouwkundige en constructieve tekeningen voor maatvoering en details

Salpe 95, 1112 AJ Diemen  
telefoon : +31 (0)20 7203843  
e-mail : [info@saats.nl](mailto:info@saats.nl)  
internet : [www.saats.nl](http://www.saats.nl)



Theatertechnische voorzieningen

project : Revitalisatie Theater aan het Spui  
projectadres : Spui  
opdrachtgév. : Den Haag

plafdatum : 16-03-2016

projectnr. :  
fase : Voorlopig  
schaal : 1:100

principaal : Theater aan het Spui  
contactpers. : F. Traxel  
tekenaar :

papier : A3  
bouwdeel : Zaal 1  
bouwloog :

discipline : C  
tekening : Technische installaties  
Dwarsdoorsnede

wijziging : 3.4  
datum : 16-03-2016  
bladnr. : TT04-Z1  
sub : ..

project: Theater aan het Spui  
Den Haag

werknummer: 14132-02

### BEREKENING GELUIDABSORPTIE EN NAGALMTIJD

ruimte: grote zaal (zaal 1) - podium

volume: 1872 m3

omschrijving	opp.	octaafbanden met middenfrequentie in Hz																Totaal
		63		125		250		500		1000		2000		4000		8000		
		alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	
bestaand			148,6		148,6		173,3		124,8		130,0		148,6		259,0		390,0	
Absorberend paneel uitsparing	88,0	0,16	14,1	0,32	28,2	0,85	74,8	1,00	88,0	0,95	83,6	0,95	83,6	0,90	79,2	0,9	79,2	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
<b>totale geluidabsorptie</b>			<b>162,7</b>		<b>176,7</b>		<b>248,1</b>		<b>212,8</b>		<b>213,6</b>		<b>232,2</b>		<b>338,2</b>		<b>469,2</b>	
<b>te verwachten nagalmtijd</b>			<b>1,9</b>		<b>1,8</b>		<b>1,3</b>		<b>1,5</b>		<b>1,5</b>		<b>1,3</b>		<b>0,9</b>		<b>0,7</b>	

ruimte: grote zaal (zaal 1) - publiek

volume: 864 m3

omschrijving	opp.	octaafbanden met middenfrequentie in Hz																Totaal
		63		125		250		500		1000		2000		4000		8000		
		alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	
bestaand			96,0		75,8		110,8		120,0		110,8		110,8		144,0		240,0	
Absorberend paneel uitsparing	24,0	0,16	3,8	0,32	7,7	0,85	20,4	1,00	24,0	0,95	22,8	0,95	22,8	0,90	21,6	0,9	21,6	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
<b>totale geluidabsorptie</b>			<b>99,8</b>		<b>83,5</b>		<b>131,2</b>		<b>144,0</b>		<b>133,6</b>		<b>133,6</b>		<b>165,6</b>		<b>261,6</b>	
<b>te verwachten nagalmtijd</b>			<b>1,4</b>		<b>1,7</b>		<b>1,1</b>		<b>1,0</b>		<b>1,1</b>		<b>1,1</b>		<b>0,9</b>		<b>0,6</b>	



## **BIJLAGE III      MAATREGEL 2**

project: Theater aan het Spui  
Den Haag

werknnummer: 14132-02

### BEREKENING GELUIDABSORPTIE EN NAGALMTIJD

ruimte: grote zaal (zaal 1) - podium

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
nagalmtijd bestaande situatie	2,1	2,1	1,8	2,5	2,4	2,1	1,2	0,8	s
nagalmtijd gewenst podium (zaal 2)	1,3	1,5	1	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	s

volume: 1872 m3

omschrijving	opp.	octaafbanden met middenfrequentie in Hz																Totaal
		63		125		250		500		1000		2000		4000		8000		
		alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	
bestaand			148,6		148,6		173,3		124,8		130,0		148,6		259,0		390,0	
extra benodigd			91,4		59,4		138,7		265,2		216,7		241,4		186,8		130,0	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
<b>totale geluidabsorptie</b>			<b>240,0</b>		<b>208,0</b>		<b>312,0</b>		<b>390,0</b>		<b>346,7</b>		<b>390,0</b>		<b>445,7</b>		<b>520,0</b>	
<b>te verwachten nagalmtijd</b>			<b>1,3</b>		<b>1,5</b>		<b>1,0</b>		<b>0,8</b>		<b>0,9</b>		<b>0,8</b>		<b>0,7</b>		<b>0,6</b>	

ruimte: grote zaal (zaal 1) - publiek

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
nagalmtijd bestaande situatie	1,5	1,9	1,3	1,2	1,3	1,3	1,0	0,6	s
nagalmtijd gewenst podium (zaal 2)	1,7	1,5	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7	0,5	s

volume: 864 m3

omschrijving	opp.	octaafbanden met middenfrequentie in Hz																Totaal
		63		125		250		500		1000		2000		4000		8000		
		alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	alfa	A	
bestaand			96,0		75,8		110,8		120,0		110,8		110,8		144,0		240,0	
extra benodigd			-11,3		20,2		49,2		60,0		49,2		69,2		61,7		48,0	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
<b>totale geluidabsorptie</b>			<b>84,7</b>		<b>96,0</b>		<b>160,0</b>		<b>180,0</b>		<b>160,0</b>		<b>180,0</b>		<b>205,7</b>		<b>288,0</b>	
<b>te verwachten nagalmtijd</b>			<b>1,7</b>		<b>1,5</b>		<b>0,9</b>		<b>0,8</b>		<b>0,9</b>		<b>0,8</b>		<b>0,7</b>		<b>0,5</b>	