

HÅLLBARA STATIONSMILJÖER – EN STUDIE KRING LJUDMILJÖ, RESANDEKVALITET OCH KRAVUPPFYLLNAD

Delstudie 3 – Ljudmätningar på plattformar



DIARINUMMER TRV 2018/124858

UPPDRAGSNUMMER INTERNT 11004402

INTRODUKTION

Ljudmiljöns beskaffenhet är en central aspekt att beakta vid utformning av befintliga och nya resenärsmiljöer. Kvaliteten på ljudmiljön påverkar vår förmåga att orientera oss, uppfatta utrop av trafikinformation, möjliggöra taluppfattning samt känna trygghet och komfort i en miljö som kännetecknas av både stress, höga ljudvolymmer och ett stort informationsflöde. Järnvägsstationen omfattas av en stor variation av funktioner och händelser inom ett begränsat geografiskt område, vilket gör dessa allmänna platser till komplexa objekt som kräver lösningar på fler än ett plan för att uppnå en hållbar stationsmiljö. En medveten hantering av de kritiska faktorerna som påverkar stationens ljudmiljö är en svår men viktig uppgift att hantera om vi vill skapa förutsättningar för socialt hållbara bytespunkter i framtiden som är tillgängliga, säkra och trygga för samtliga resenärsgupper. Frågan berör inte enbart Trafikverket, vilka har ett samhällsansvar att hantera tillgänglighets-, säkerhets/trygghets- och jämställdhetsaspekter i infrastrukturen i syfte att verkställa de transportpolitiska samt globala målen, utan är även i hög grad aktuell för andra aktörer inom transport- och anläggningssektorn som bygger och driftar denna typ av anläggningar.

Syftet med hela denna FOI studie är att ta fram ett kunskapsunderlag som lyfter fram dagens brister och problemområden och pekar ut en tydlig riktning för fortsatt arbete kring hållbara stationsmiljöer. Det övergripande och långsiktiga målet är att i ökad grad kunna hantera komplexa ljudmiljöer där resenärens behov står i fokus. Detta förutsätter en utveckling av olika aspekter så som kravbild, implementerbara metoder och verktyg som är användbara vid planering, uppförande och underhåll av denna typ av anläggningar.

Detta FOI-projekt ska ses som ett första steg mot att identifiera och utveckla kravbild, verktyg och metoder som är möjliga att använda i det analytiska och operativa arbetet med planering, utformning och hanteringen av komplexa resandemiljöer.

Forskningsprojektet består av 3 delstudier som finansieras av Trafikverket. I denna delrapport nummer 3 sammanställs resultatet av ljudmätningar utförda på tre stycken plattformar: en plattform inom Station City, Stockholm, en plattform på Malmö central och en på station Triangeln i Malmö. Mätningarna omfattar mätning av bakgrundsnivåer, taluppfattbarhet och efterklangstid på dessa plattformar.

Resultatet av alla studierna sammanställs i en sammanfattande slutrapport. Forskningsstudien utgör ett underlag för fortsatt forskning och utredningsarbete.

INNEHÅLL

INTRODUKTION	1
1 INLEDNING	3
1.1 Syfte.....	3
1.2 Avgränsning.....	3
1.3 Underlag	3
2 DEFINITION OCH ALLMÄNNA BEGREPP	4
3 MÄTNINGAR I STOCKHOLM – STATION CITY	5
3.1 Ljudkrav	5
3.2 Mätutförande.....	5
3.3 Mätområden.....	6
3.4 Utrustning och Material inom Plattformrummet	11
3.5 Mätning av bakgrundsljud.....	15
3.6 Taluppfattbarhet	17
4 SAMMANSTÄLLNING AV MÄTRESULTATEN I DE TRE STATIONERNA.....	20
4.1 Bakgrundsnivåer.....	20
4.2 Efterklangstid.....	21
4.3 Taluppfattbarhet	21

Bilagor

- Rapport: **MYK-BOY-40-027-50-0_0-0213**, upprättad av Sweco Environment AB, daterad: 2017-08-22

Revidering

- Rev1 (2020-03-24): Resultat av efterklangstidsmätning tillagd för Station City, Stockholm.

1 INLEDNING

Forskningsstudien fokuserar initialt på en översyn av rådande lagar, krav och riktlinjer för dagenshantering av ljudmiljö kvalitet för stationer avseende komfort, taluppfattning, säkerhet, och rumsorientering för resande på stationen som helhet (delstudie 1). Därefter bedrevs kvalitativa studier av hur särskilt utsatta resenärsgupper utifrån ljudmiljön (resenärer med syn- och hörselnedsättningar) värderar och uppfattar resandemiljön på underjordiska plattformar och tillhörande plattformsanslutningar. Parallellt bedrevs kvantitativa undersökningar av ljudmiljö kvaliteten på de ingående stationerna.

1.1 SYFTE

Syftet med delstudie 3 är att jämföra ljudmiljön på plattformar i tre stycken stationer utifrån kvantitativa ljudparametrar som bakgrundsnivå, efterklangstid och taluppfattbarhet. I denna delstudie sammanställs resultatet av ljudmätningar utförda i följande stationer: Station City i Stockholm, Station Malmö C och Station Triangel i Malmö. Mätningarna omfattar mätning av bakgrundsnivåer, taluppfattbarhet och efterklangstid.

Mätningarna i Station Malmö C och Station Triangel utfördes år 2016 inom projektet Mölnlycke-Bollebygd. Mätningarna i Station City i Stockholm genomfördes inom nuvarande projekt under hösten 2019.

1.2 AVGRÄNSNING

Delstudie 3 fokuserar enbart på ljudmiljö på plattformar och inte i andra delar av stationen entré, mellanplan osv

1.3 UNDERLAG

- Rapport T0-0403-1013-PM3 (samt tillhörande ritningar), upprättad av ÅF-Ingemansson AB, daterad: 2007-01-31
- Ritning MAC120P0001 – Plattformar
- Rapport MYK-BOY-40-027-50-0_0-0213, upprättad av Sweco Environment AB, daterad: 2017-08-22

2 DEFINITION OCH ALLMÄNNA BEGREPP

Nedan listas begrepp och definitioner av termer som används i rapporten för tydlighetens skull.

Bakgrundsnivå

Kan ses som allt ljud som inte är det önskvärda ljudet som t ex buller från tåg, prat från andra resenärer, från gångtrafik och rullväskor osv

Efterklangstid

När en ljudkälla i ett rum plötsligt tystnar försvinner inte ljudet omedelbart utan först efter en viss tid då ljudet fortsätter studsas på väggar, golv och tak. Efterklangstiden är tiden det tar för ljudtrycksnivån att sjunka 60 dB efter att en ljudkälla har stängts av, uttryckt i sekunder. Efterklangstiden är ett mått på rummets akustiska dämpning. I odämpade rum med långa efterklangstider som kyrkor och idrottshallar är det ofta svårt att uppfatta tal. Efterklangstiden kan regleras genom att förse rummet med ljudabsorberande material som akustikplattor i taket, tjocka mattor på golvet, tunga gardiner och stoppade möbler till exempel.

Komfort

Komfort kan beskrivas som angenäm och praktisk bekvämlighet, varvid bekvämlighet i sin tur innebär vilsamma förutsättningar att leva och verka under.

Akustiken har stor inverkan på den upplevda komforten. Det handlar om att inte bli störd av buller samt om att ha en behaglig ljudnivå utan eko i rummen. En bra ljudmiljö har en positiv effekt på vårt välbefinnande.

Ljudtrycksnivå

Måttenhet för ljudenergi som avges från en ljudkälla, t.ex. en högtalare. Måttenheten uttrycks i decibel (dB).

Signal-brusförhållande, S/N

Förhållandet mellan det önskvärda ljudet från t ex och bakgrundsnivå. Ett lågt signal-brusförhållande mellan ljudet från högtalare och bakgrundsnivån på t e x plattformen försämrar uppfattbarheten hos det talade meddelandet

Station

Trafikplats med resandeutbyte inom järnväg.

Taluppfattbarhet

Kvaliteten på talets överföring från talare/högtalare till lyssnare. Uttrycks med hjälp av index mellan 0 till 1, där 0 innebär att ingen information når lyssnaren och 1 motsvarar att all information når lyssnaren. Benämns även som STI (Speech Transmission Index)

3 MÄTNINGAR I STOCKHOLM – STATION CITY

3.1 LJUDKRAV

Följande ljudkrav är hämtade från Rapport T0-0403-1013-PM3.

- Bakgrundsnivå 38 – 45 dBA ekv.
- Ljudnivå från stillastående tåg högst 65 dBA ekv.
- Ljudnivå vid ankommande eller avgående tåg högst 75 dBA max.
fast
- STI vid informationsplats för synskadade lägst 0,80
- STI för högtalarmeddelanden lägst 0,60
- Efterklangstid högst 1,5 s

3.2 MÄTUTFÖRANDE

3.2.1 STIPA

Mätning av bakgrundnivåer på plattformen utfördes 2019-08-16 av Carl Edman från Sweco Environment AB.

Mätning av taluppfattbarhet utfördes natten mellan 15 och 16 oktober 2019 av Anders Söderberg och Carl Edman från Sweco Environment AB.

Mätningar har utförts med instrument enligt Tabell 1 och enligt metoder beskrivna i:

- Svensk standard SS-EN 60268-16 *Ljudanläggningar – Del 16: Objektiv bedömning av taluppfattbarhet med hjälp av talöverföringsindex*
- Svensk standard SS-EN ISO 16032:2004 *Byggakustik – Mätning av buller från installationer i byggnader – Teknisk metod*

Tabell 1. Instrumentförteckning

Instrument	Fabrikat	Typ	Serienr.
Ljudnivåmätare	Norsonic	Nor140	1406594
Kalibratör	Norsonic	1251	34723
Dator	HP	ZBook	-

3.2.2 Efterklangstid

Mätning av efterklangstid utfördes natten mellan 24 och 25 februari 2020 av Anders Söderberg och Olivier Fégeant från Sweco Environment AB.

Mätningar har utförts enligt enligt tillämpliga metoder beskrivna i:

- Svensk Standard SS-EN ISO 3382-1:2009 *Byggakustik – Mätning av rumsakustiska parametrar – Del 1: Samlingslokaler*

Tabell 2. Instrumentförteckning

Instrument	Fabrikat	Typ	Serienr.
Ljudnivåmätare	Norsonic	Nor140	1405606
Kalibrator	Norsonic	1251	34723
Högtalare	Brüel & Kjaer	OmniPower 4292-L	007010
Förstärkare	Brüel & Kjaer	2734	010008

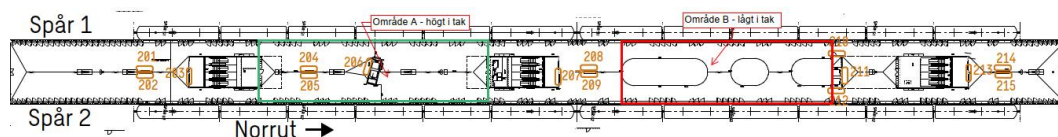
Instrumenten är kalibrerade med spårbarhet till nationella och internationella referenser.

3.3 MÄTOMRÅDEN

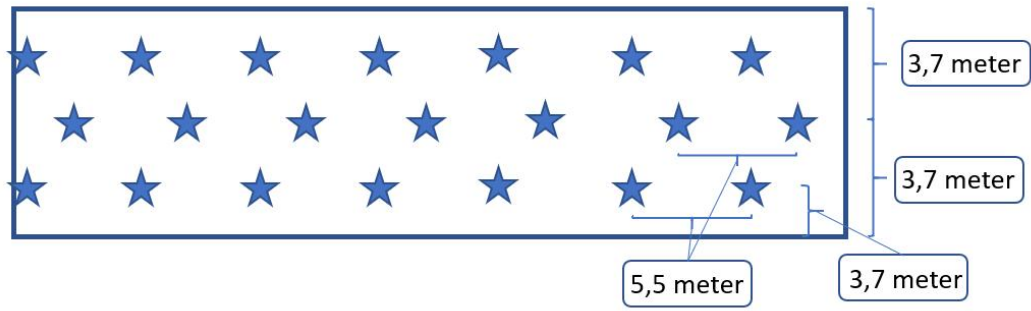
3.3.1 STIPA

Två mätområden valdes på plattformen för spår 1 och 2 och bedöms vara representativa för hela ytan av plattformen.

- **Mätområde A** (grönt område i Figur 1)
 - o Bredd: 14,8 meter
 - o Längd: 55 meter
 - o Höjd: 3,98 meter (låg del) och 6,47 meter (hög del)
 - o Antal högtalare: 12+12+4 (X+X+Y, där X motsvarar högtalare i låg delarna och Y i hög delen). Dessa var infällda i undertaket.
 - o Högtalarmärke: Okänt
 - o Avstånd mellan högtalare: ~ 5,35 meter (låg del) och ~ 10,7 meter (hög del)
 - o För mätpunktsuppställning och avstånd mellan punkterna se Figur 2



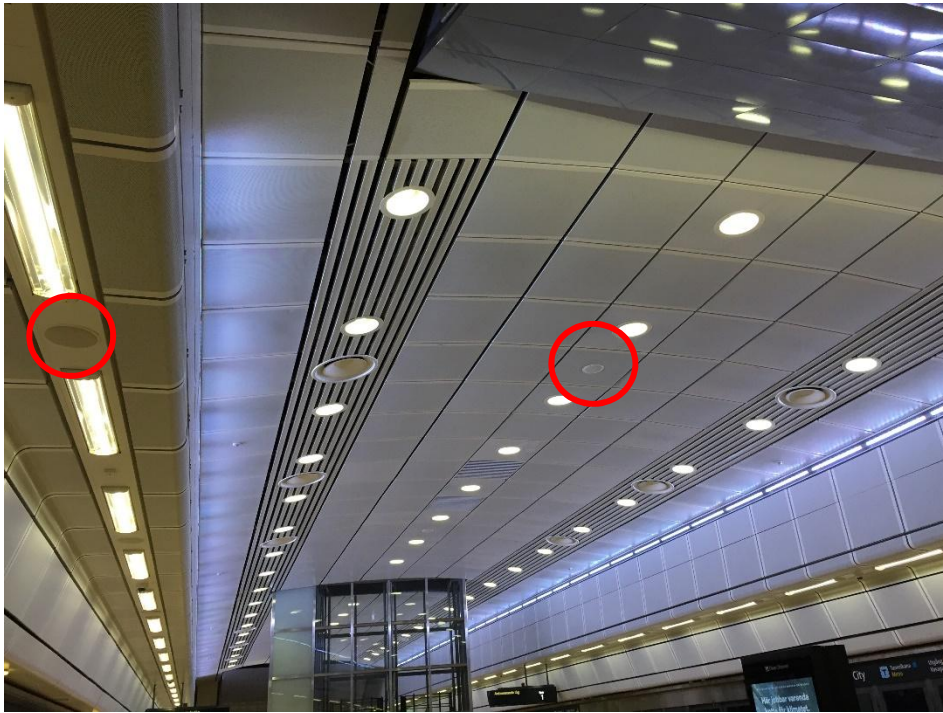
- *Figur 1. Utvalda mätområden på plattform för spår 1 och 2. Grönt område: Mätområde A och Rött område: mätområde B*



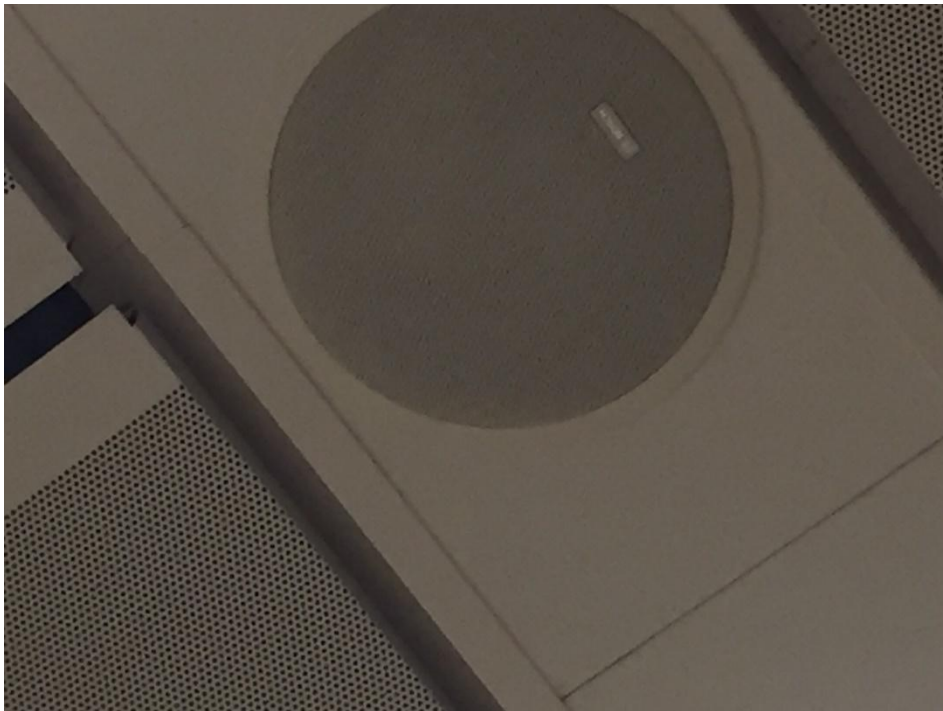
Figur 2. Mätpunkter inom mätområde A och avstånd mellan mätpunkter (bild ej skalendig)



Figur 3. Högtalare infälld i dynamisk skylt. Märke: okänt



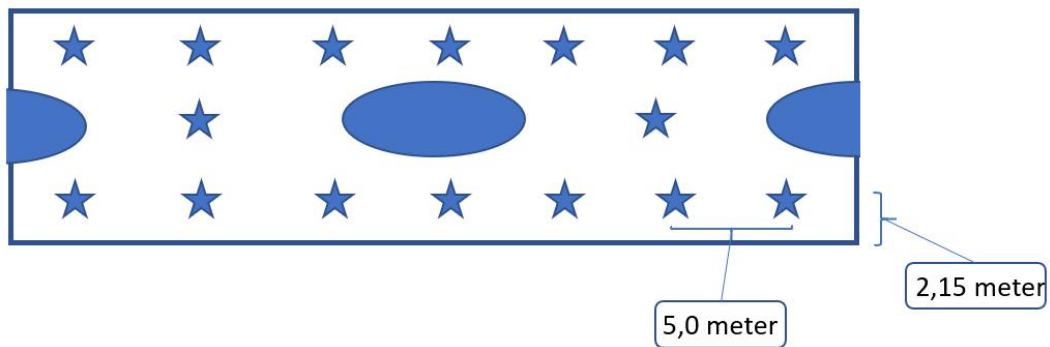
Figur 4. Röd cirkel visar på placering av infällda högtalare i undertaket. Märke: okänt



Figur 5. Närbild av högtalare som är infälld i undertaket

- **Mätområde B** (rött område i Figur 1)

- Bredd: tot. 14,8 meter dock 4,30 meter mellan glasvägg och bergpelare.
- Längd: 50 meter
- Höjd: 3,98 meter och ~ 2,5 meter vid betongstruktur.
- Antal högtalare: 11+11 (högtalare fanns enbart i undertaksstråken). Dessa var infällda i undertaket.
- Högtalarmärke: Okänt
- Avstånd mellan högtalare: ~ 5,35 meter
- För mätpunktsuppställning och avstånd mellan punkterna, se Figur 6



Figur 6. Mätpunkter inom mätområde B och avstånd mellan mätpunkter (bild ej skalenlig)



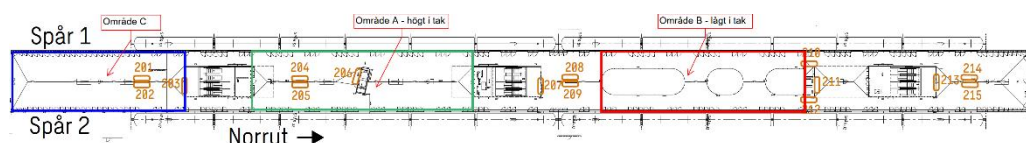
Figur 7. Röd cirkel visar på placering av infällda högtalare i undertaket. Märke: okänt



Figur 8. Lägre takhöjd inom mätområde B. Ingen högtalare fanns placerad här

3.3.2 Efterklangstid

Vid mätning av efterklangstiden användes samma mätområden som under STIPA-mätning, dvs. mätområde A och B, dock lades mätområde C till för mätning av efterklangstiden, se Figur 9.



Figur 9. Utvalda mätområden på plattform för spår 1 och 2. Grönt område: Mätområde A, Rött område: mätområde B och Blått område: mätområde C.

För dimensioner på mätområde C, se mätområde A då de har liknande dimensioner gällande bredd, längd och höjd.

3.4 UTRUSTNING OCH MATERIAL INOM PLATTFORMSRUMMET

Det finns två högtalarsystem på stationen varav den ena består av högtalare infällda i undertaket och som ägs av Trafikverket och det andra systemet består av högtalare infällda i de dynamiska skyltarna (pratorer) vilka ägs av SL.

Pratorerna används enbart för information till folk med funktionsvariation när tåg anländer och avgår. Övrig trafikinformation och talat utrymningslarm når ut de i undertaket infällda högtalare.

I följande avsnitt presenteras de material som finns inom plattformsområdet för Station city. Uppskattning av material utfördes genom okulär besiktning och ej genom t.ex. ritningar.

Tabell 3. Material och placering inom plattformsrummet

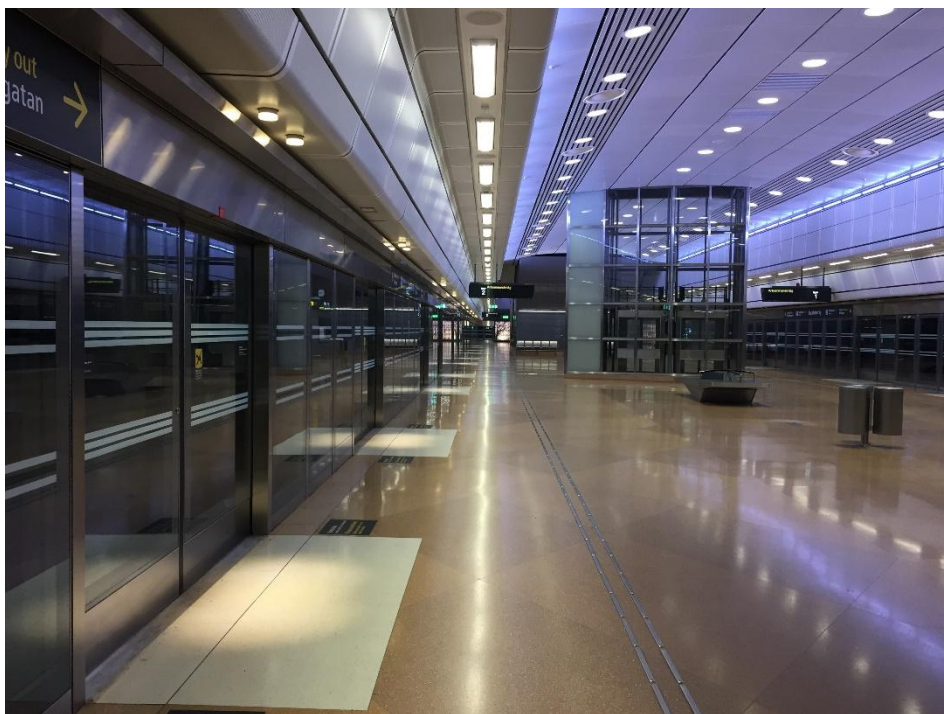
Placering	Material
Spår	Slab track
Plattformsgolv	Klinker
Tak	Mikroperforerade kassetter med bakomliggande mineralull
Plattformsväggar inkl dörr	Glas
Väggar	Hårt material t.ex. klinker



Figur 10. Bild över plattformsrummet. I taket sitter mikroperforerade kassetter



Figur 11. Bild över plattformsrummet. I taket sitter mikroperforerade kassetter



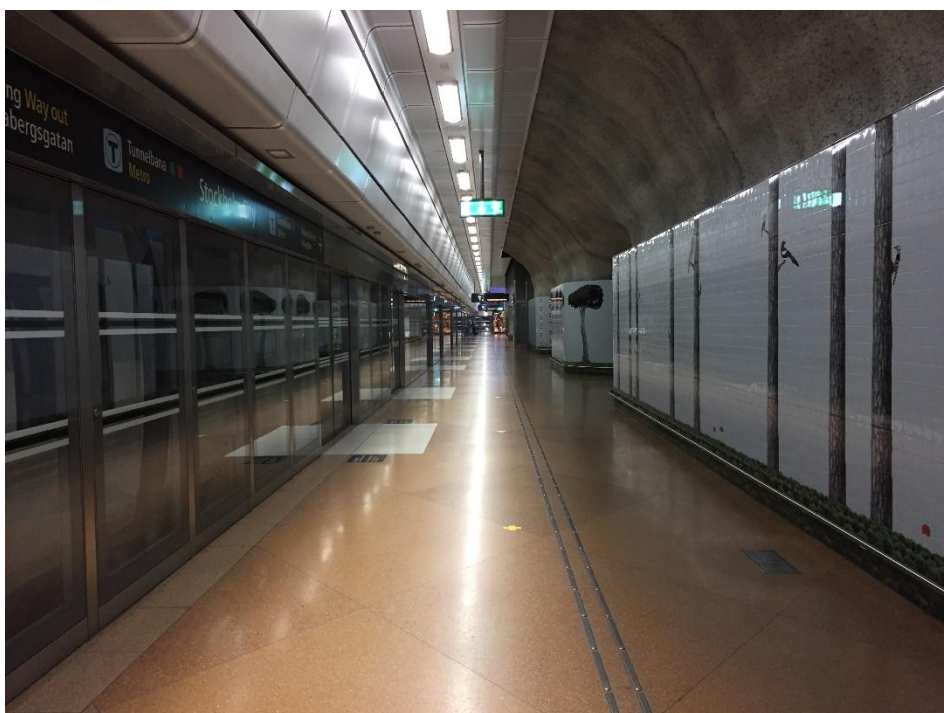
Figur 12. Vy över plattformsrummet med plattformsväggar i glas till vänster



Figur 13. Vy över plattformsrummet med hiss i centrum



Figur 14. Närbild av taket som består av mikroperforerade kassetter

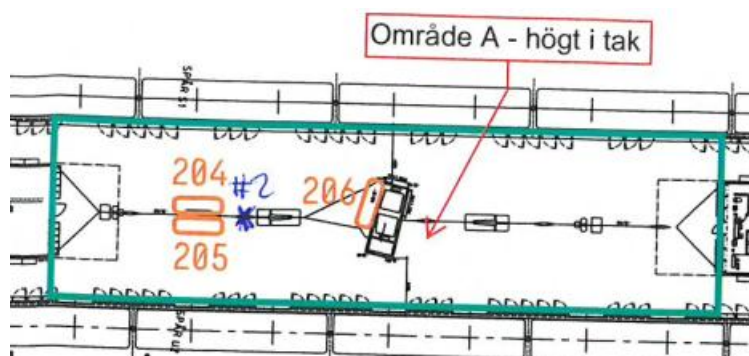


Figur 15. Vy över området med lägre takhöjd inom plattformsrummet

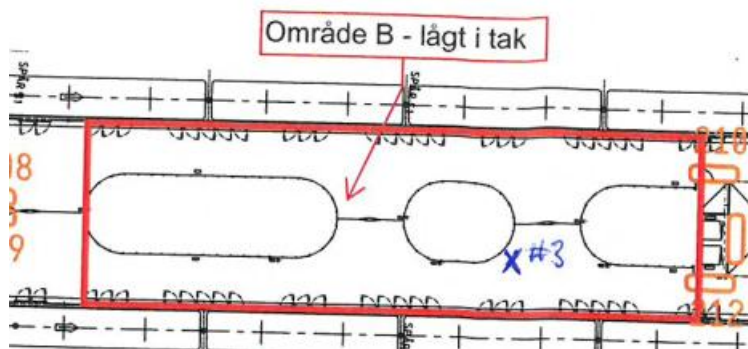
3.5 MÄTNING AV BAKGRUNDSLJUD

Bakgrundsljudmätning utfördes under rusningstrafik på Station City, Stockholm, (kl. 07:20 – kl. 09:00). Mätningar utfördes på en position i varje mätområde, se Figur 16 och Figur 17. Mätningar utfördes på 1,5 meter ovan plattformsgolv.

I område A respektive B ankom och avgick det totalt 9 respektive 10 stycken tåg under mätperioden.



Figur 16. #2 motsvarar mätposition för bakgrundsnivå inom mätområde A

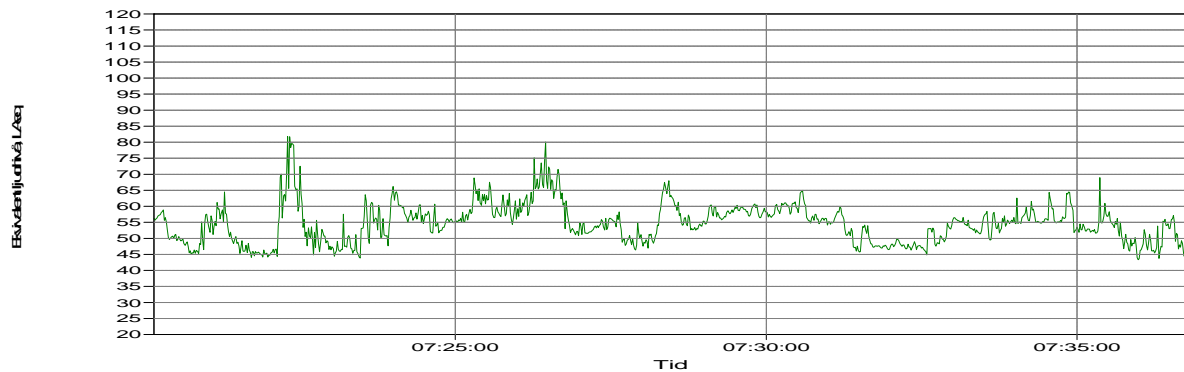


Figur 17. #3 motsvarar mätposition för bakgrundsnivå inom mätområde B

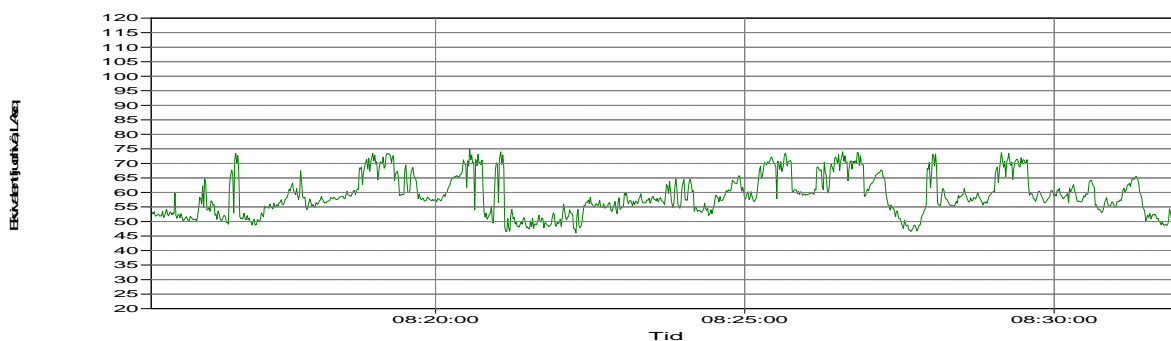
Nedan presenteras uppmätta singelvärden över hela mätperioden samt ljudnivåer som funktion av tiden i respektive mätpunkt. Dessa värden inkluderar ljud från tekniska installationer, resenärer och egetrafik (med egetrafik avses den trafik som genereras för att uppnå lokalens funktion t.ex. tåg)

Tabell 4. Uppmätta ljudnivåer per mätområde

	Område A	Område B
L_{Aeq}	60 dBA	62 dBA
L_{AFmax}	90 dBA	85 dBA



Figur 18. Uppmät ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq} , loggad över en del av mätperioden i område A



Figur 19. Uppmätt ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq} , loggad över en del av mätperioden i område B

3.6 TALUPPFATTBARHET

Mätning av taluppfattbarhet utfördes då Station City var stängd för allmänheten.

STIPA-signalen kopplades in i stationens PA-system i teknikrummet och spelades upp via de infällda högtalarna i undertaket. Detta utfördes av Dateli AB, Trafikverkets underentreprenör gällande högtalare.

Ljudnivån från högtalarna ställdes in så att den motsvarade ljudnivån vid normaldrift. Detta mättes upp under samma dag som bakgrundsmätningar utfördes. Uppmätt ljudnivå var 77 dBA på lyssnarplan.

I Tabell 6 redovisas medelvärdet av STIPA över alla mätpunkter samt maximum och minimum STIPA över alla mätpunkter. Dessutom redovisas standardavvikelsen av STI-värden mellan mätpunkterna.

I Tabell 7 redovisas täckningsgraden i procent av mätområdet som uppfyller en viss STI-nivå.

3.6.1 Korrigerad bakgrunds nivå

För att utvärdera vad taluppfattbarheten blir med en trolig bakgrunds nivå för plattformen har en korrigerad bakgrunds nivå tagits fram per mätområde utifrån uppmätt bakgrunds nivå. Anledningen till denna korrektion var att få en representativ ljudnivå på plattformen utan att utrop och högt tal från resenärer påverkar den övergripande ljudnivån.

Denna korrigerade bakgrunds nivå har tagits fram genom att ta frekvensspektrumet för hela mätperioden (per mätområde) och sedan har en representativ A-vägd ljudnivå tagits fram. Med denna representativa ljudnivå har sedan frekvensspektrumet per mätområde korrigerats efter.

Tabell 5. Korrigerad bakgrunds nivå per mätområde i dB (lineär)

Frekvens, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
Mätområde A	60	59	54	50	51	42	36	57
Mätområde B	64	63	57	51	49	44	42	59

3.6.2 Mätresultat

I tabell nedan redovisas mätresultatet gällande taluppfattbarheten som medelvärde, max- och minvärde samt standardavvikelsen mellan mätpunkterna.

Tabell 6. Uppmätt taluppfattbarhet över alla mätpunkter

	Område A		Område B	
	Utan bakgrundskorrektion	Med bakgrundskorrektion	Utan bakgrundskorrektion	Med bakgrundskorrektion
Medel	0,63 (Good)	0,59 (Fair)	0,59 (Fair)	0,56 (Fair)
Max	0,68	0,66	0,62	0,59
Min	0,54	0,49	0,55	0,53
Std. dev	0,03	0,03	0,02	0,02

Tabell 7. Täckningsgrad av golvytan i %, där en viss STI-nivå uppfylls

		STI					
		Utan bakgrundskorrektion			Med bakgrundskorrektion		
		0,55	0,60	0,70	0,55	0,60	0,70
Område A	Täckningsgrad, %	96	88	0	96	46	0
Område B	Täckningsgrad, %	100	56	0	78	11	0

3.7 EFTERKLANGSTID

Mätning av efterklangstiden utfördes då Station City var stängd för allmänheten.

I Tabell 8 redovisas uppmätt efterklangstid på plattformen.

3.7.1 Mätresultat

Tabell 8. Uppmätt efterklangstid i sekunder

Frekvens, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	Aritmetiskt medelvärde 250 – 4000 Hz
Mätområde A	1,1	1,3	1,6	1,5	1,3	1,1	1,4 s
Mätområde B	1,2	1,4	2,0	1,7	1,3	1,1	1,5 s
Mätområde C	1,4	1,6	2,0	1,9	1,6	1,4	1,7 s
Medelvärde över samtliga mätområden	1,2	1,4	1,8	1,7	1,4	1,2	1,5 s

4 SAMMANSTÄLLNING AV MÄTRESULTATEN I DE TRE STATIONERNA

Detta kapitel redovisar de uppmätta resultaten från Malmö, Malmö centralstation och Tringel, och Stockholm Station City. Detta för att se skillnaderna mellan stationerna.

4.1 BAKGRUNDSNIVÅER

Nedan tabell redovisar en sammanställning av mätresultaten gällande bakgrunds nivåer från Malmö och Stockholm.

Tabell 9. Uppmätt bakgrunds nivå från stationerna i Malmö och Stockholm

Mätposition	Datum och tid	Ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq}	Maximal ljudnivå, L_{AFmax}
Malmö Centralstation	2016-11-29 kl. 17:00 – 17:40	72 dB	96 dB
Triangeln	2016-11-29 kl. 15:45 – 16:30	72 dB	95 dB
Station City – område A	2019-08-16 kl. 07:20 – kl. 08:05	60 dB	90 dB
Station City – område B	2019-08-16 kl. 08:15 – kl. 09:00	62 dB	85 dB

4.2 EFTERKLANGSTID

Nedan tabell redovisar en sammanställning av mätresultaten gällande efterklangstid från Malmö och Stockholm.

Tabell 10. Sammanställning av efterklangstid T_{20} på plattformarna

Mätposition	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Aritmetiskt medelvärde
Malmö Centralstation	1,3	1,3	1,5	1,3	1,5	1,1	1,3
Malmö Triangeln Station	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1
Stockholm Station City	1,2	1,4	1,8	1,7	1,4	1,2	1,5

4.3 TALUPPFATTBARHET

Nedan tabell redovisar en sammanställning av mätresultaten gällande taluppfattbarhet från Malmö och Stockholm.

Tabell 11. Sammanställning av taluppfattbarhet på plattformarna

Station	Malmö Centralstation	Malmö station Triangeln	Station City Stockholm	Station City Stockholm
Mätplats	På plattformen mellan spår 3b och 4b	På plattformen mellan spår 1 och 2	Område A	Område B
Ljudnivå L_{pA} (dB)	66 dB	66 dB	77 dB	77 dB
STIPA utan korr	0,61 (Good)	0,55 (Good)	0,63 (Good)	0,59 (Fair)
STIPA med korr	0,57 (Fair)	0,51 (Fair)	0,59 (Fair)	0,56 (Fair)
Andel golv i % med STI-värde utan bakgrundskorrektion				
STI 0,55	100%	57%	96%	100%
STI 0,60	68%	0%	88%	56%
STI 0,70	0%	0%	0%	0%
Andel golv i % med STI-värde med bakgrundskorrektion				
STI 0,55	72%	0%	96%	78%
STI 0,60	0%	0%	46%	11%
STI 0,70	0%	0%	0%	0%

BILAGA

SYSTEMHANDLING

Mölnlycke–Bollebygd, en del av Götalandsbanan

Referensmätningar av akustik i tågstationer

Projektnummer: 138 621

2017-08-22



Trafikverket

Postadress: Trafikverket, 405 33 Göteborg

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Mönlycke–Bollebygd, en del av Götalandsbanan, PM - Referensmätningar av akustik i tågstationer

Dokumentnummer: 01

Författare: Kevin Dunne, Sweco

Dokumentdatum: 2017-08-22

Ärendenummer: TRV 2015/110669 för SH

Projektledare: Maria Fransson

Uppdragsledare: Andreas Planthaber, Sweco

Innehållsförteckning

1 SAMMANFATTNING	1
2 LJUDKRAV I STATION LANDVETTER.....	1
3 METOD	3
3.1 Mätinstrument.....	3
4 MÄTNING AV BAKGRUNDSLJUD PÅ MALMÖ CENTRALSTATION.....	4
5 MÄTNING AV BAKGRUNDSLJUD PÅ MALMÖ TRIANGELN	5
6 EFTERKLANGSTID/RUMSAKUSTIK PÅ MALMÖ CENTRALSTATION	6
7 EFTERKLANGSTID/RUMSAKUSTIK PÅ TRIANGELN STATIONEN.....	8
8 MÄTRESULTAT TALUPPFATTBARHET (STIPA)	10
8.1 Taluppfattbarhet på Malmö Centralstation.....	10
8.2 Taluppfattbarhet på Malmö station Triangeln.....	11

1 Sammanfattning

Sweco akustik har fått uppdrag i projektet Mölnlycke – Bollebygd att utföra akustiska mätningar på två underjordiska stationer i Malmö (Malmö Centralstation och Malmö Triangeln). Syftet med uppdraget är att resultaten från dessa mätningar ska användas som underlag för projektering av Landvetters nya tågstation. Observera att stationerna i Malmö projekterades på en annan tid, under andra förutsättningar och även med andra ljudkrav. Därför ska resultaten användas endast som referensunderlag.

Resultaten från mätningarna visar att ljudkraven som har ställts i projektet för Landvetters nya tågstation generellt inte uppfylls på Malmö Centralstation och station Triangeln. I entréhallarna på Malmö Central och Malmö Triangeln finns det brister på ljudabsorption som bidrar till långa efterklangstider. Rumsakustiken i dessa utrymmen upplevs som livlig. På plattformarna i Malmö Central och Malmö Triangeln uppfylls kraven gällande efterklangstid. Ljudmiljön på plattformarna upplevs som behaglig och det finns gott om ljudabsorption i dessa utrymmen. Ljudnivåerna blir dock mycket höga när tågen bromsade in till stillastående och direkt efter avgång.

Med avseende taluppfattbarhet (med bakgrundskorrigerings) på plattformen på Malmö Centralstation uppfylls kravet för utrymningslarm men inte gällande tillgänglighetskraven. På Malmö Triangeln uppfylls inte kravet för utrymningslarm eller tillgänglighet. Mätningarna utfördes dock med en relativ låg ljudnivå från högtalariet och förmodligen uppfylls krav för utrymningslarm om nivån höjs med 10 dB.

2 Ljudkrav i Station Landvetter

I detta avsnitt listas gällande ljudkrav med avseende rumsakustik för Station Landvetter. Krav styrs av BBR och av vilka funktioner som trafikverket kräver i olika delar av anläggningen. Dessa funktioner styrs i sin tur av vilken klass stationen har. För station Landvetter gäller, enligt uppgifter, stationsklass 2 och stationstyp 4.

Rumsakustik i entréhall, uppgångar och stationsrum

Rumsakustiken i publika utrymmen ska utformas så att personer med nedsatt orienteringsförmåga ska kunna ta del av väsentlig information. Detta ställer krav på att utrymmet har god hörbarhet, god taluppfattbarhet och god orienterbarhet.

Enligt BBR 22 innefattar, *reseterminaler och lokaler för kollektivtrafik*, publika utrymmen vilket innebär att entréhallar ska uppfylla ovanstående krav.

Efterklangstid i entréhall, uppgångar och stationsrum

Enligt BBR 22 ska följande krav uppfyllas gällande efterklangstiden i publika utrymmen:

- Högst 0,6 sekunder i utrymmen med en takhöjd lägre än 3,5 meter
- Högst 2,0 sekunder i utrymmen med en takhöjd högre än 3,5 meter

Projektspecifik målsättning

- För ett bra ljudklimat ska uppnås har en målsättning på högst 1,5 sek avseende efterklangstiden valts i entréhallen.

Taluppfattbarhet i entréhall, uppgångar och stationsrum

Krav på taluppfattbarheten från högtalarsystem anges i form av talöverföringsindex, STI. Krav på taluppfattbarheten delas upp i två kategorier, *Talat meddelande gällande utrymning* samt *Tillgänglighet*.

- Ett STI på minst 0,55 ska uppnås i dessa lokaler för utrymningslarm.
- Ett STI på minst 0,8 vid informationstavlor/pratorer.
- För tillgänglighetskravet ska STI överstiga 0,60 i hela lokalen och 0,70 i mer än hälften (gäller endast i stationsrum)

3 Metod

Mätningarna utfördes 2016-11-29 till 2016-11-30 av Kevin Dunne, Fredrik Johansson och Anders Söderberg från Sweco. Bakgrundljusmätningar utfördes under rusningstrafik på Malmö Triangeln (kl. 15:45 – kl. 16:30) och Malmö C (kl. 16:45 – kl. 17:45).

Taluppfattbarhetsmätningar samt efterklangstidsmätningar utfördes nattetid när lokalerna var till stort sett tomma på människor. För mätning av taluppfattbarheten användes stationernas egna högtalarsystem och ljudnivån på plattformarna ställdes in så den motsvarade den som personalen brukar använda.

3.1 Mätinstrument

Tabell 1: Mätinstrument

<i>Benämning</i>	<i>Fabrikat</i>	<i>Typ</i>	<i>Serienummer</i>
Ljudnivåmätare	Norsonic	140	1404870
Kalibrator, klass 1	Norsonic	1251	33298

Instrumenten är kalibrerade med spårbarhet till nationella och internationella referenser enligt vår kvalitetsstandard. Datum för senaste kalibrering finns angiven i vår kalibreringslogg.

Fältkalibrering gjordes före och efter mätningarna.

Mätningar har utförts enligt:

- SS-EN 60268-16_2011: Taluppfattbarhet med STIPA-metoden
- SS 02 52 64 – Mätning av efterklangstid i utrymmen.
- SS-EN 16032: Mätning av ljudtrycksnivå i byggnad

4 Mätning av bakgrundsljud på Malmö Centralstation

Bakgrundsljudsmätning utfördes under rusningstrafik på Malmö Centralstation (kl. 16:45 – kl. 17:45). Mätningar utfördes på en position mitt på plattformen mellan spår 1B och 2B. Se figur 1. I tabell 2 sammanställs den ekvivalenta och maximala ljudnivån på Malmö Centralstation. Dessutom redovisas den ekvivalenta ljudnivån under hela mätperioden i Bilaga 1a.



Figur 1. Mätposition för bakgrundsljudsmätningar på Malmö C

Tabell 1: Sammanställning av bakgrundsljudnivån på Malmö Centralstation

Mätposition	Datum och tid	Ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq}	Maximal ljudnivå, L_{AFmax}
På plattformen mellan spår 1b och 2b	29/11 17:00 – 17:40	72 dB	96 dB

Under mättillfället var det ankomst och avgång av 6 stycken tåg (4 stycken Pågatåg och 2 stycken Öresundståg). Dessutom passerade 6 stycken tåg förbi på spår 3 och 4 som är belägna ca 25- 40 meter bort från mätpositionen. Ljudnivåerna var som högst när tågen bromsade för att komma till ett stopp (ett intervall på ca 5 sekunder) och direkt vid tågens avgång (ett intervall på ca 5 sekunder). Ett högt skramlande ljud från kontakten mellan tåget och rälsen upplevdes som väldigt obehagligt. I övrigt var ljudnivåerna relativt låga på plattformen (ca 50-55 dBA). De flesta resenärer var helt tysta när de stod på plattformen och ett fåtal pratade i telefon eller med någon som de stod bredvid.

Ljudmiljön upplevdes generellt som behaglig.

5 Mätning av bakgrundsljud på Malmö Triangeln

Bakgrundsljudsmätning utfördes under rusningstrafik på Station Triangeln (kl. 15:45 – kl. 16:30). Mätningar utfördes i en position mitt på plattformen mellan spår 1 och 2. Se figur 2. I tabell 3 sammanställs den ekvivalenta och maximala ljudnivån under mätperioden. Dessutom redovisas den ekvivalenta ljudnivån under hela mätperioden i Bilaga 1b.



Figur 2. Mätposition för bakgrundsljudsmätningar på Triangeln

Tabell 2. Sammanställning av bakgrundsljudnivån på Malmö Centralstation

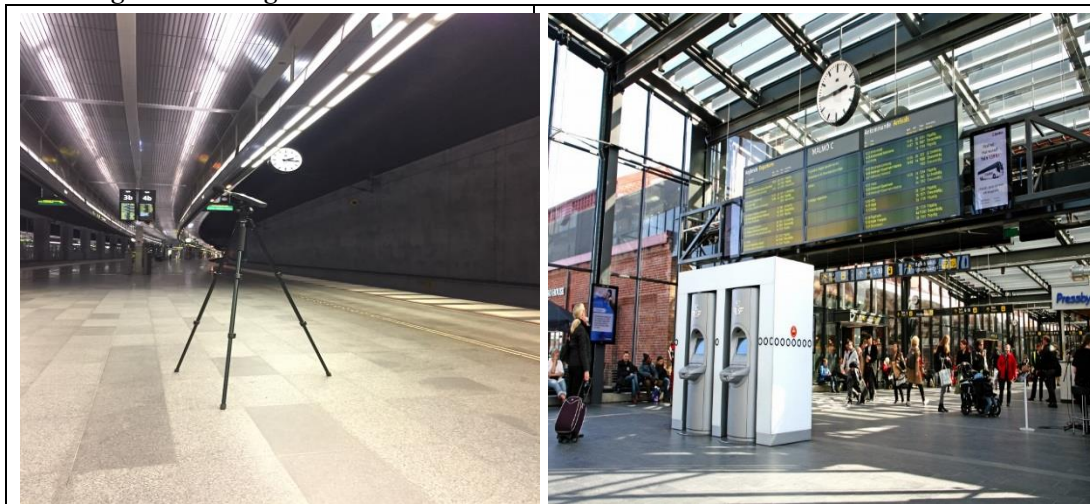
Mätposition	Datum och tid	Ekvivalent ljudnivå, L_{Aeq}	Maximal ljudnivå, L_{AFmax}
På plattformen mellan spår 1b och 2b	29/11 15:45 – 16:30	72 dB	95 dB

Under mättillfällen var det ankomst och avgång av 12 stycken tåg (8 stycken Pågatåg och 4 stycken Öresundståg). Ljudnivåerna var som högst när tågen bromsade för att komma till ett stopp (ett intervall på ca 5 sekunder) och direkt vid tågens avgång (ett intervall på ca 5 sekunder). Ett högt skramlande ljud från kontakten mellan tåget och rälsen upplevdes som väldigt obehagligt. I övrigt var ljudnivåerna relativt låga på plattformen (ca 55 dBA). De flesta resenärer var helt tysta när de stod på plattformen och ett fåtal pratade i telefon eller med någon som de stod bredvid.

Ljudmiljö upplevdes generellt som behaglig.

6 Efterklangstid/Rumsakustik på Malmö Centralstation

Efterklangstidsmätningar utfördes på plattformen (mellan spår 3 och 4) samt i den glasade biljetthallen ovanför plattformarna (Se figur 3). I tabell 4 och 5 sammanställs efterklangstiden på Malmö Centralstation. Dessutom redovisas material och efterklangstiden i Bilaga 2a till 2d.



Figur 3. Efterklangstid på Malmö Centralstation (på plattformen samt i glashallen)

Tabell 3: Sammanställning av efterklangstid i glashallen på Malmö Centralstation

Frekvens i oktavband	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Aritmetiskt Medelvärde
Efterklangstid i sekunder (T_{20})	3,0	3,0	4,0	3,1	2,7	1,9	2,9

Rumsakustiken i glashallen upplevs som livlig. Volymen är stor, ca 6500 m³ och det finns en begränsad mängd ljudabsorption i utrymmet. Ljudabsorptionen hänger ner från taket i form av perforerade bafflar som är ca 1,2 meter långa, 0,3 meter höga och 50 mm breda. Övriga materialen är hårda och ljudreflekterande. Högtalarna (Bose line-arrays) sitter långt ner på stälpelarna och utrop från högtalarna upplevs som relativt klart.

Tabell 4: Sammanställning av efterklangstid på plattformen på Malmö Centralstation

Frekvens i oktavband	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	Aritmetiskt Medelvärde
Efterklangstid i sekunder (T_{20})	1,3	1,3	1,5	1,3	1,5	1,1	1,3

Rumsakustiken på plattformen upplevs som kontrollerad. Volymen är stor och det finns en del ljudabsorption i utrymmet. Det finns ett nedsänkt tak direkt ovanför plattformen som är perforerad dessutom finns det en yta med ljudabsorption (troligen 50 – 100 mm akustikfoam eller liknande) i taket ovanför spåren och ca 2,5 meter ner på betongväggarna. Övriga material är hårda och ljudreflekterande. Högtalarna sitter i det nedsänkta undertaket direkt ovanför en skyltram med belysning vid en höjd på ca 4,5 meter.

Rumsakustiken på plattformen upplevs som kontrollerad. Volymen är stor och det finns en del ljudabsorption i utrymmet. Det finns ett nedsänkt tak direkt ovanför plattformen som är perforerad dessutom är väggen bredvid spåret försett med perforerade väggpaneler. I övrigt är materialen hårda och ljudreflekerande. Högtalarna sitter i det nedsänkta undertaket vid en höjd på ca 5 meter.

8 Mätresultat taluppfattbarhet (STIPA)

I varje mätning redovisas STIPA resultaten utan korrektion av bakgrundsnivå samt korrigerat till bakgrundsnivåerna som uppmättes på respektive station när det var som tystast (50-55 dBA).

STIPA signalen skickades in via PA-systemet i stationernas teknikrum. PA-systemet ställdes in av Rikard Jonasson på Funktionell Musik AB.

8.1 Taluppfattbarhet på Malmö Centralstation

I tabell 8 nedan redovisas medelvärdet av STIPA och ljudnivån över samtliga mätpunkter. STIPA-värdena redovisas med och utan bakgrundsljudskorrigerig. STIPA-värdet med bakgrundsljudskorrigerig avser den tiden utan ankomst och avgång av tåg (dvs. en ekvivalent ljudnivå på ca 50 - 55 dB). Denna bakgrundskorrigerig har använts för att ge en ”signal to noise ration (SNR)” på plus 10 – 15 dB. Dessutom redovisas STIPA resultaten på en ritning i Bilaga 3a samt i sifferform i Bilaga 3b. Mätresultaten visar att kravet för utrymningslarm uppfylls på plattformen på Malmö Centralstation. Däremot uppfylls inte tillgänglighetskraven.

Tabell 7: Sammanfattning av STIPA resultaten på Malmö Centralstation

Mätpositioner	Ljudnivå L_{pA} (dB)	STIPA utan korr	STIPA med korr
<i>På plattformen mellan spår 3b och 4b</i>	66 dB	0,61 (Good)	0,57 (Fair)

Nedanstående tabell redovisar andel golv (som täckningsgrad i %), där olika STI-krav uppfylls utan bakgrundskorrigerig.

Tabell 9: Täckningsgrad, %

STI-krav		
STI 0,55	STI 0,60	STI 0,70
100 %	68 %	0 %

Nedanstående tabell redovisar andel golv (som täckningsgrad i %), där olika STI-krav uppfylls med bakgrundskorrigerig.

Tabell 10: Täckningsgrad, %

STI-krav		
STI 0,55	STI 0,60	STI 0,70
72 %	0 %	0 %

8.2 Taluppfattbarhet på Malmö station Triangeln

I tabell 11 nedan redovisas medelvärdet av STIPA och ljudnivå över samtliga mätpunkter. STIPA-värdena redovisas med och utan bakgrundsljudskorrigerig. STIPA-värdet med bakgrundsljudskorrigerig avser den tiden utan ankomst och avgång av tåg (dvs. en ekvivalent ljudnivå på ca 50 - 55 dB). Denna bakgrundskorrigerig har använts för att ge en "signal to noise ration (SNR)" på plus 10 – 15 dB. Dessutom redovisas STIPA resultaten på en ritning i Bilaga 3c samt i sifferform i Bilaga 3d.

Mätresultaten visar att varken krav för utrymningslarm eller för tillgänglighet uppfylls på plattformen på Malmö station Triangel. Mätningarna utfördes dock med en relativ låg ljudnivå från högtalariet (66 dBA) och förmodligen uppfylls krav för utrymningslarm om nivån höjs med 10 dB.

Tabell 11: Sammanfattning av STIPA resultaten på Malmö Triangeln

Mätpositioner	Ljudnivå L_{pA} (dB)	STIPA utan korr	STIPA med korr
<i>På plattformen mellan spår 1 och 2</i>	66 dB	0,55 (Good)	0,51 (Fair)

Nedanstående tabell redovisar andel golv (som täckningsgrad i %), där olika STI-krav uppfylls utan bakgrundskorrigerig.

Tabell 12: Täckningsgrad, %

STI-krav		
STI 0,55	STI 0,60	STI 0,70
57 %	0 %	0 %

Nedanstående tabell redovisar andel golv (som täckningsgrad i %,) där olika STI-krav uppfylls med bakgrundskorrigerig.

Tabell 13: Täckningsgrad, %

STI-krav		
STI 0,55	STI 0,60	STI 0,70
0 %	0 %	0 %

Ärendenummer
[Ärendenummer]
Ert ärendenummer

Dokumentdatum
[Dokumentdatum]
Sidor



[Motpartens ärendeID] **2(20)**

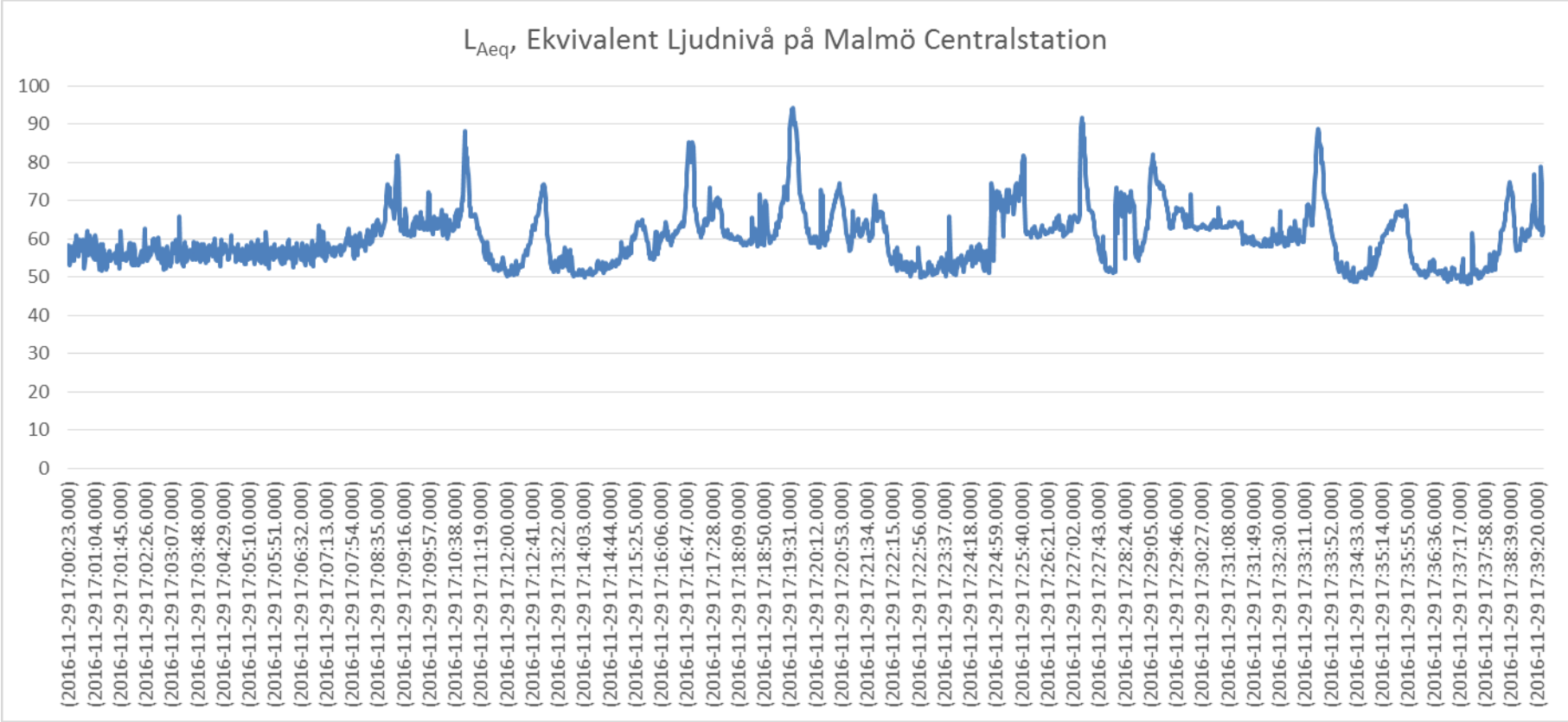
Detta är baksidan på rapporten. Den måste vara på jämn sida, lägg in en blank sida före om det behövs.



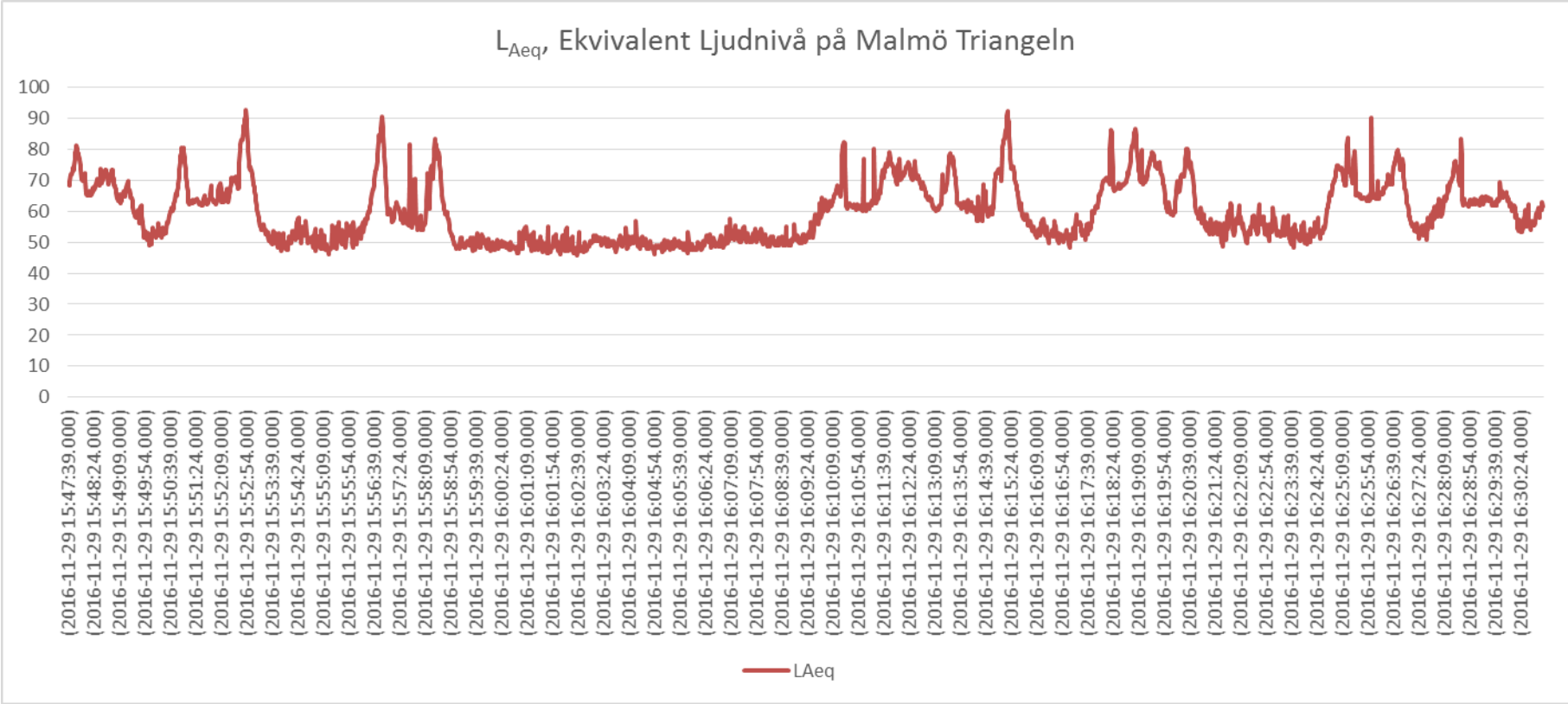
Trafikverket, 405 33 Göteborg. Besöksadress: Kruthusgatan 17.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 99 97

www.trafikverket.se

Bilaga 1a: Ekvivalent ljudnivå på Malmö Centralstation



Bilaga 1b: Ekvivalent ljudnivå på Malmö station Triangeln



Bilaga 2a: Material i glashallen på Malmö Centralstation

Tabell: Material i glashallen på Malmö Centralstation

Placering	Material
Väggar	Glas
Tak	Glas
Tak (under balkar)	Absorberande bafflar (på hög höjd)
Golv	Klinker/stengolv

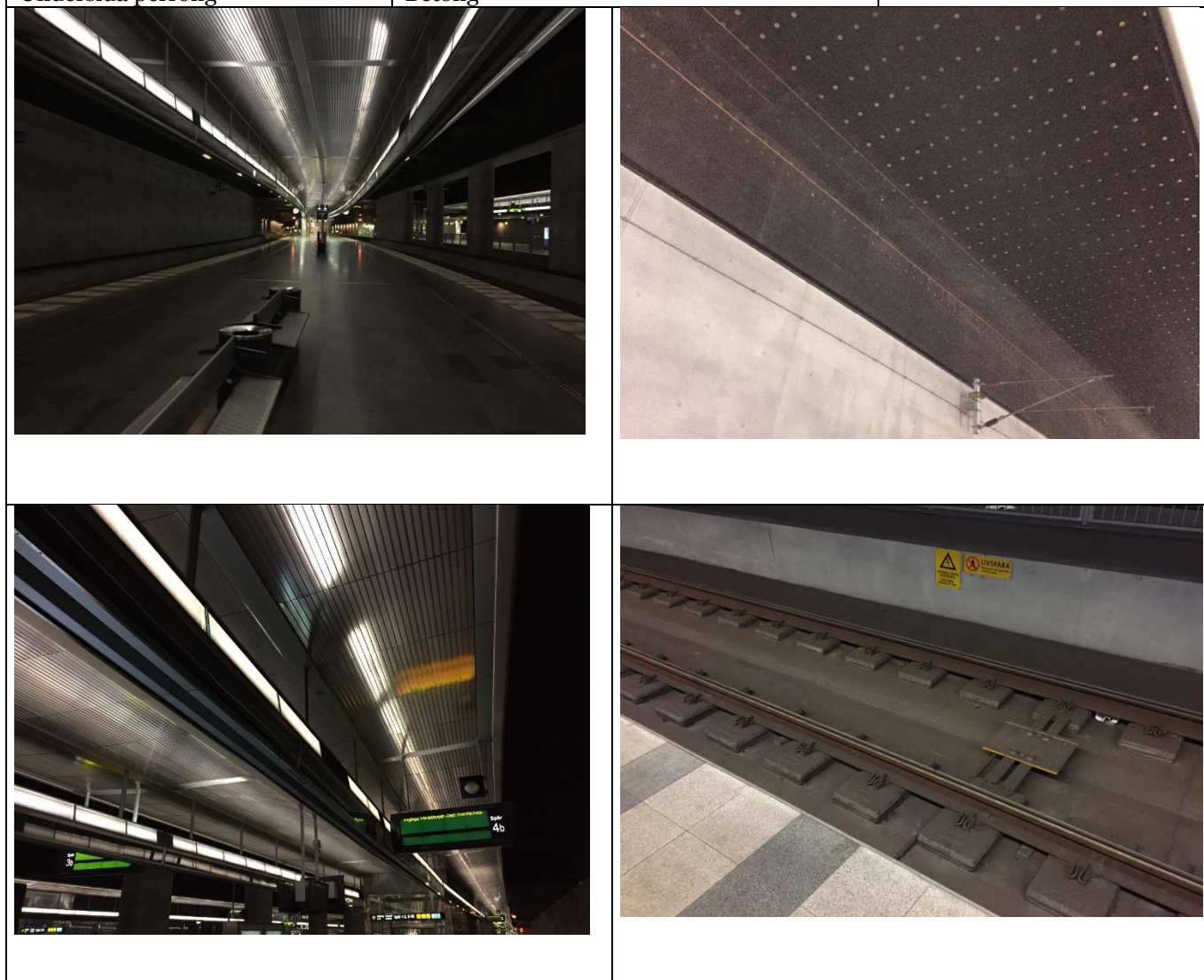


Figur. Figur över glashallen på Malmö centralstation. Här syns även de bafflar som är placerade under balkarna.

Bilaga 2b: Material på perrongen på Malmö Centralstation

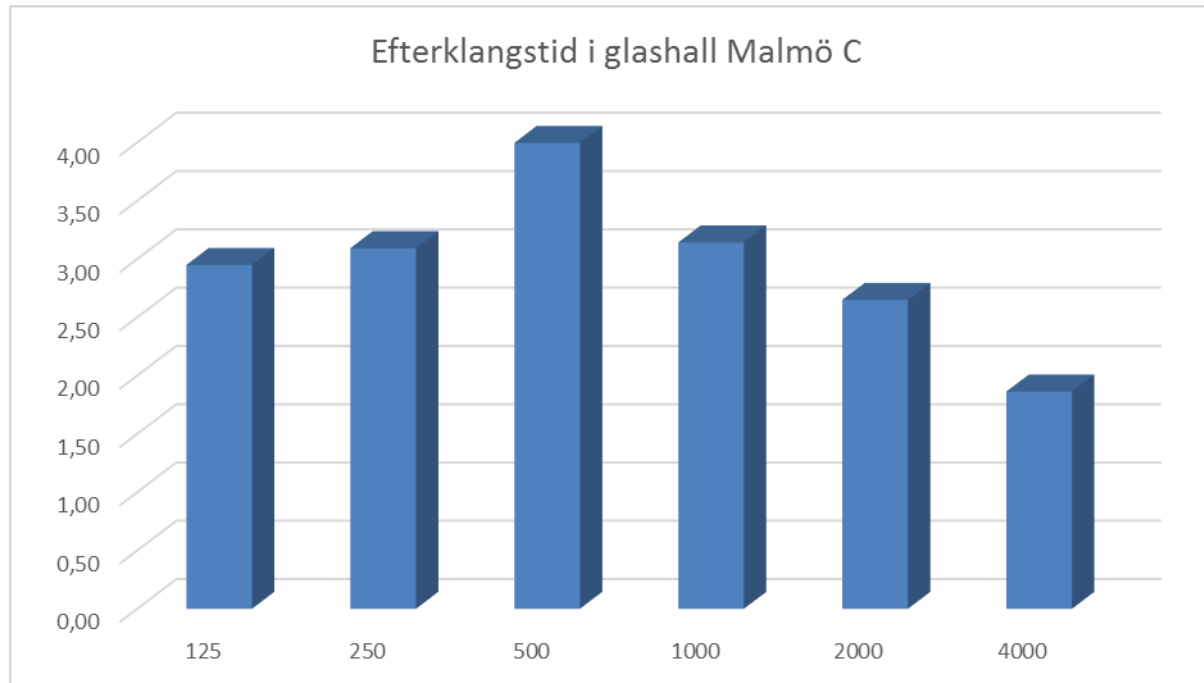
Tabell: Material på perrongen på Malmö Centralstation

Placering	Material
Spår	Slab track
Perronggolv	Klinker/stengolv
Spårtunnelvägg	Betong
Spårtunneltak	Akustikfoam (troligen 50/100 mm)
Perrong (upp- och nedgångar)	Glas
Ovan perrong	Mikroperforerad plåt
Undersida perrong	Betong

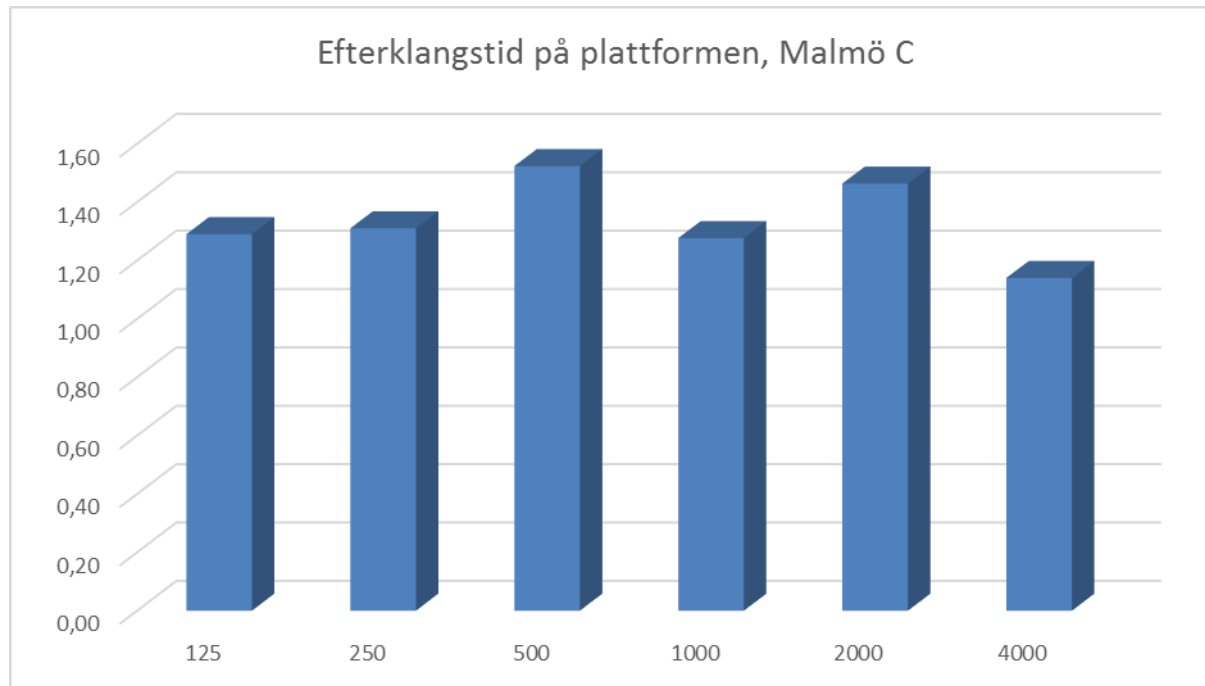


Figur. Figur över perrongen på Malmö centralstation.

Bilaga 2c: Efterklangstid i glashallen på Malmö Centralstation



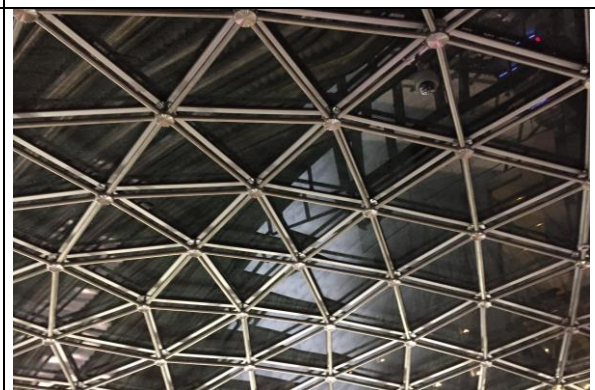
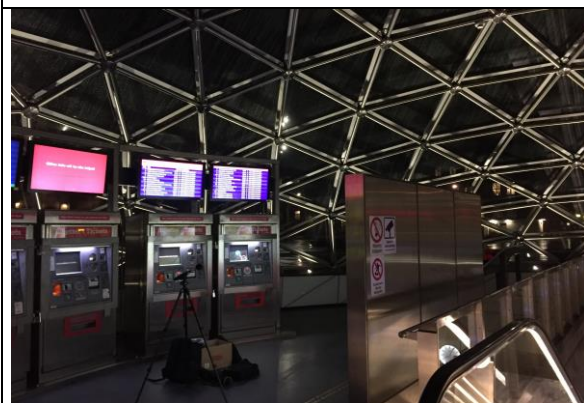
Bilaga 2d: Efterklangstid på plattformen på Malmö Centralstation



Bilaga 2e: Efterklangstid i glashallen på Malmö Triangeln Station

Tabell: Material i glashallen på Malmö station Triangeln

Placering	Material
Golv	Klinker/stengolv
Väggar	Glas
Tak	Glas
Vägg med in- och utgång	Öppet

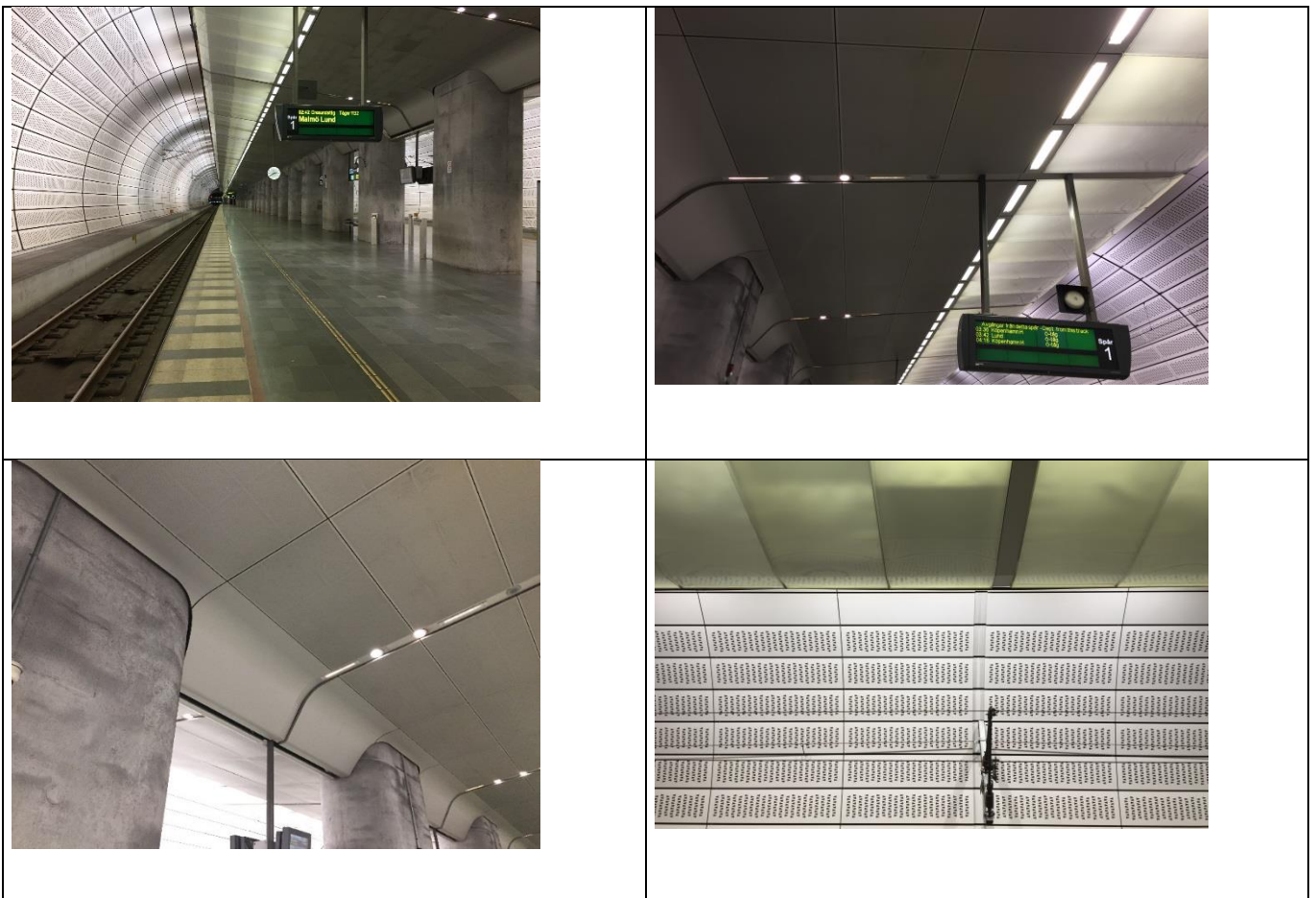


Figur. Figur över glashallen på Malmö station Triangeln

Bilaga 2f: Efterklangstid i glashallen på Malmö Triangeln Station

Tabell: Material på perrongen på Malmö station Triangeln

Placering	Material
Spår	Slab track
Perronggolv	Klinker/stengolv
Spårtunnelvägg	Swisspearl (hålperforerad)
Spårtunneltak	Swisspearl (hålperforerad samt en del utan hålperforering)
Perrongkolumner	Betong
Ovan perrong	Mikroperforerad plåt samt en liten del utan perforering
Ovan perrong (mellan kolumner)	Plåt utan perforering
Perrong (upp- och nedgångar)	Glas samt öppet
Undersida perrong	Betong



Figur. Figur över glashallen på Malmö station Triangeln

Ärendenummer
[Ärendenummer]
Ert ärendenummer

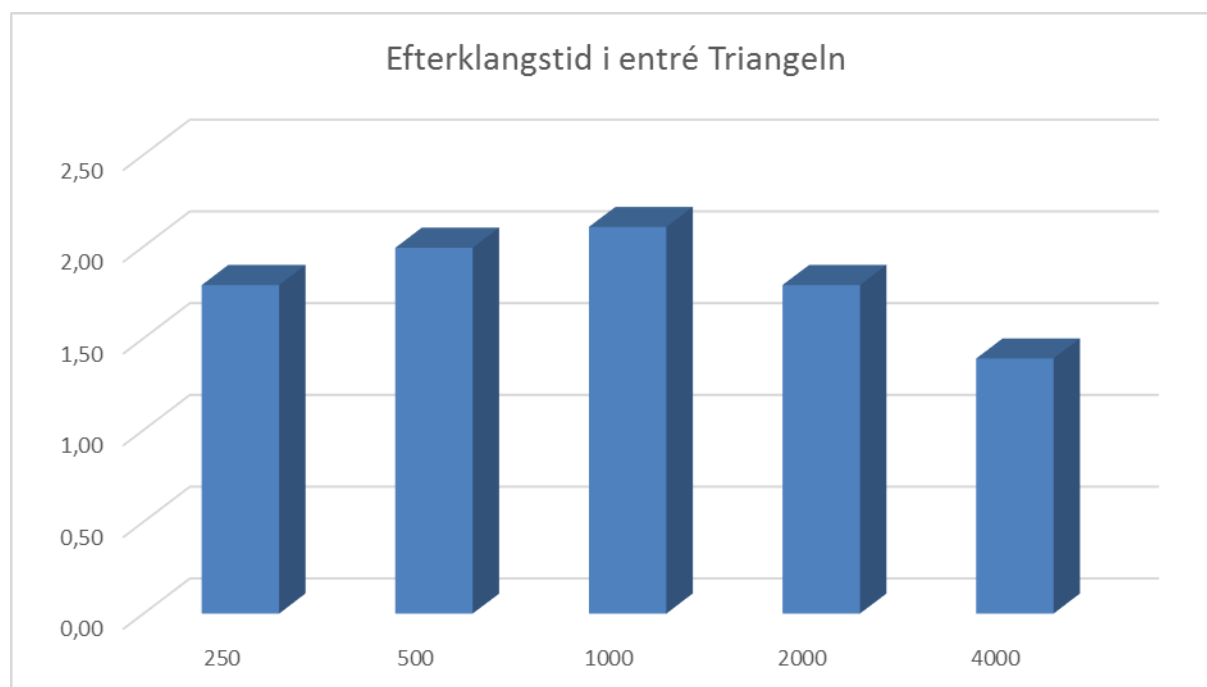
Dokumentdatum
[Dokumentdatum]

Sidor

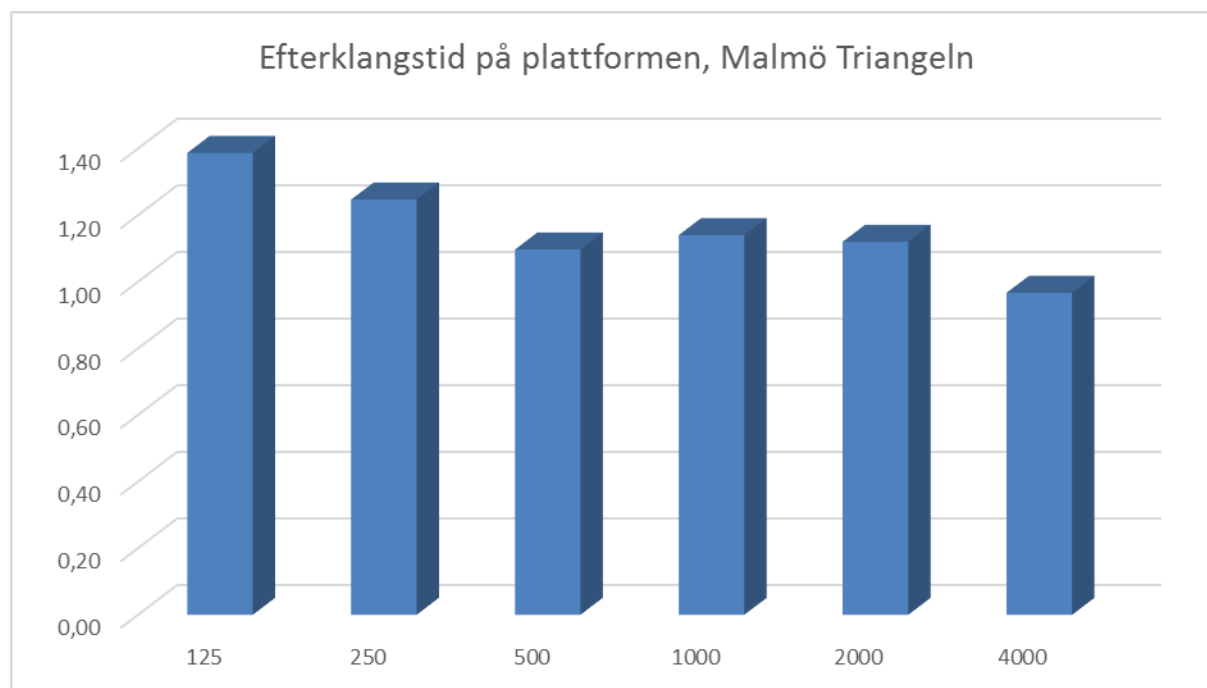
[Motpartens ärendeID] 1(14)



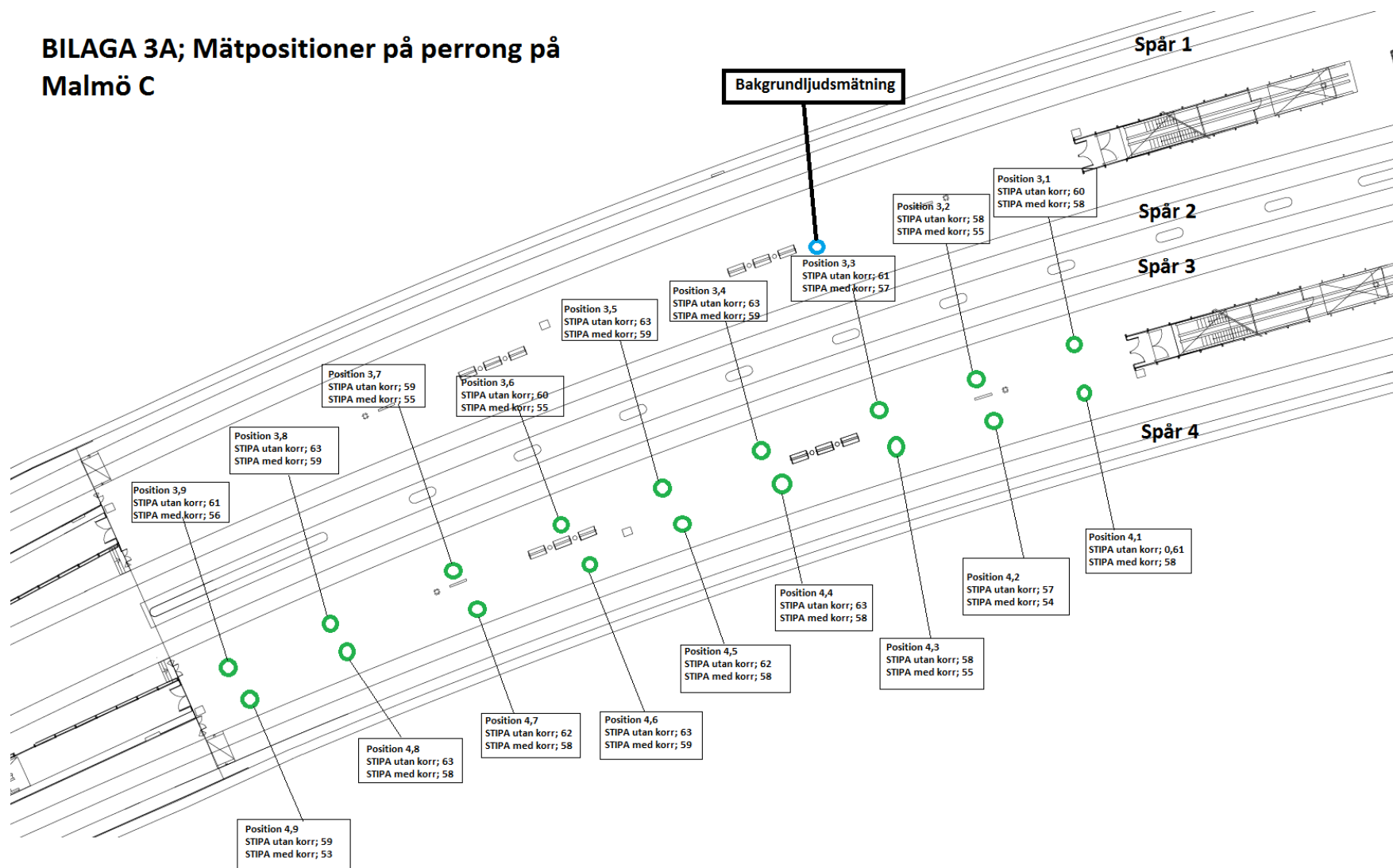
Bilaga 2g: Efterklangstid i glashallen på Malmö Triangeln Station



Bilaga 2h: Efterklangstid på plattformen i Malmö station Triangeln



BILAGA 3A; Mätpositioner på perrong på Malmö C



Bilaga 3B: STIPA på plattform i Malmö Centralstation

<i>Mätposition</i>	<i>STI (utan bakgrundskorrigeri ng)</i>	<i>Bedömning</i>	<i>STI (med bakgrundskorrigeri ng)</i>	<i>Bedömning</i>	<i>Ljudnivå från högtalare uppmätt på plattformen L_{pA} dB</i>
4,1	0,61	Good	0,58	Fair	67
3,1	0,60	Good	0,58	Fair	67
4,2	0,57	Fair	0,54	Fair	66
3,2	0,58	Fair	0,55	Fair	66
4,3	0,58	Fair	0,55	Fair	67
3,3	0,61	Good	0,57	Fair	66
4,4	0,63	Good	0,58	Fair	65
3,4	0,63	Good	0,59	Fair	66
4,5	0,62	Good	0,58	Fair	66
3,5	0,62	Good	0,58	Fair	67
4,6	0,63	Good	0,59	Fair	66
3,6	0,60	Fair	0,55	Fair	66
4,7	0,62	Good	0,58	Fair	66
3,7	0,59	Fair	0,55	Fair	66
4,8	0,63	Good	0,58	Fair	66
3,8	0,63	Good	0,59	Fair	66
4,9	0,59	Fair	0,53	Fair	65
3,9	0,61	Good	0,56	Fair	65
	0,61	Good	0,57	Fair	66

PM

Ärendenummer

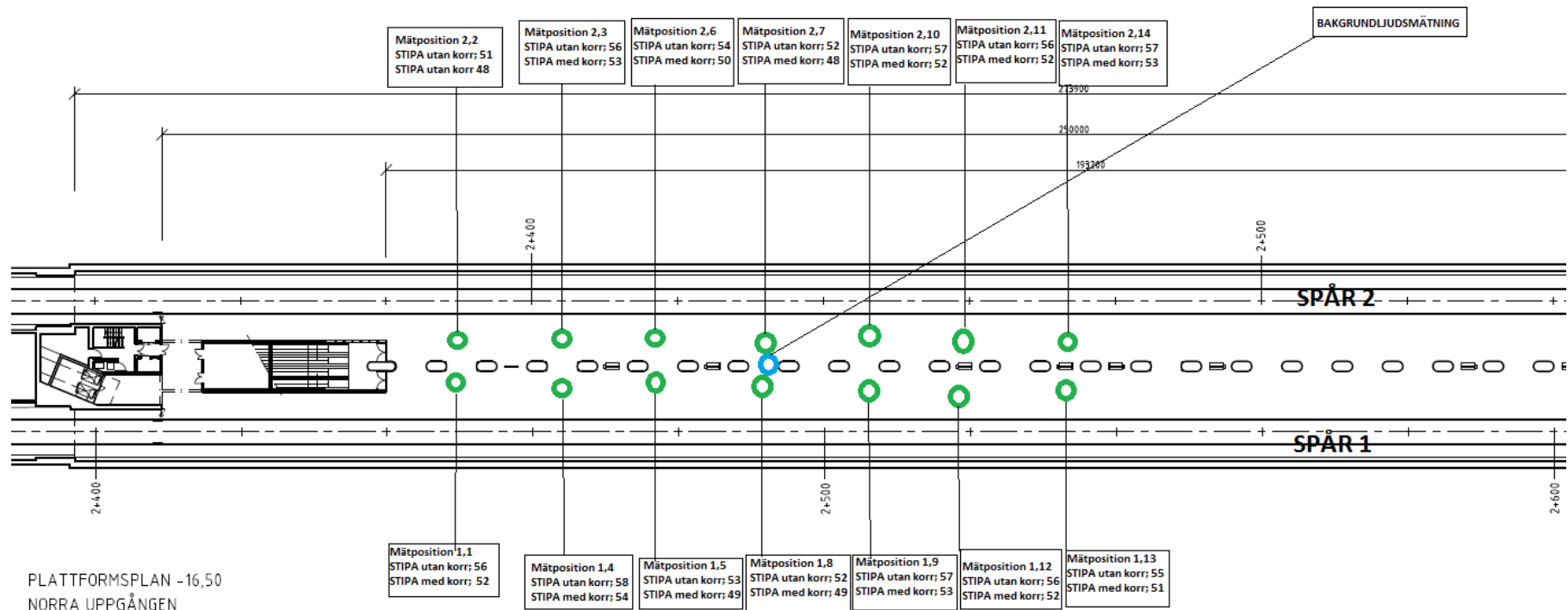
Projektnummer
7500876000

Dokumentdatum

Sidor
5(14)



BILAGA 3C, STIPA mätpositioner på perrong på Malmö Triangeln Station



Bilaga 3D: STIPA på plattform i Malmö station Triangeln

<i>Mätposition</i>	<i>STI (utan bakgrundskorrigerig)</i>	<i>Bedömning</i>	<i>STI (med bakgrundskorrigerig)</i>	<i>Bedömning</i>	<i>Ljudnivå från högtalare uppmätt på plattformen L_{pA} dB</i>
1,1	0,56	Fair	0,52	Fair	66
2,2	0,51	Fair	0,48	Fair	66
2,3	0,56	Fair	0,53	Fair	67
1,4	0,58	Fair	0,54	Fair	67
1,5	0,52	Fair	0,49	Fair	67
2,6	0,54	Fair	0,50	Fair	67
2,7	0,52	Fair	0,48	Fair	66
1,8	0,52	Fair	0,49	Fair	67
1,9	0,57	Fair	0,53	Fair	67
2,10	0,57	Fair	0,52	Fair	66
2,11	0,56	Fair	0,52	Fair	66
1,12	0,56	Fair	0,52	Fair	66
1,13	0,55	Fair	0,51	Fair	66
2,14	0,57	Fair	0,53	Fair	66
	0,55	Fair	0,51	Fair	66

Detta är en av tre rapporter se beskrivning i inledning.

Beställare Trafikverket
Uppdrag 11004402 Hållbara stationsmiljöer - FOI
Konsult Sweco Architects AB
Upprättad av Anders Söderberg
Granskad av Olivier Fégeant