

# UNDERSÖKNING AV LJUDEMSSION FRÅN CONVEYORSYSTEM ENLIGT STANDARD

Högskoleingenjörsutbildning i Högskolan i Borås  
Maskiningenjör - Produktutveckling

Carl Eriksson  
Evin Haddad



HÖGSKOLAN I BORÅS

**Program:** Maskiningenjör – Produktutveckling TGMAI20h

**Svensk titel:** Undersökning av ljudemission för conveyorsystem enligt standard

**Engelsk titel:** Investigation of sound emission for conveyor system according to standard

**Utgivningsår:** 2023

**Författare:** Carl Eriksson och Evin Haddad

**Handledare:** Sunil Kumar Lindström Ramamoorthy (Högskolan i Borås), Mathias Frunz & Fredrik Samuelsson (OCS AB)

**Examinator:**

**Nyckelord:** Arbetsmiljö, decibel, ljudemission, standard och testutförande

---

## **Förord**

Vi vill ge ett stort tack till OCS Overhead Coneyoyr System AB och vår externa handledare Mathias Frunz som gett oss möjligheten att få utföra detta projekt.

Ett särskilt tack till Fredrik Samuelsson som erbjudit kontinuerlig hjälp under projektet. Han har alltid varit tillgänglig och behjälplig när funderingar eller problem uppstod.

Vi vill även tacka Sunil Kumar Lindström Ramamoorthy som både genom utbildningen och i rollen som handledare visat stort engagemang. Hans värdefulla idéer och kommentarer har hjälpt oss genomföra projektet.

## Sammanfattning

I strävan efter en effektiviserad och optimerad produktion har conveyorsystem blivit en betydande del av många industrier. Med ett stort utbud av tillgängliga conveyorsystem uppstår behovet av standarder för dessa system. Den svenska standarden SS-EN 619:2022 är ett exempel på en standard som skapats genom ett gemensamt arbete av företag som tillverkar conveyorsystem för att ge riktlinjer gällande effektivitet och kvalitet.

Ett av ämnena i denna standard är ljudemission. När man designar maskiner som människor kommer arbeta i närheten av är det viktigt att vidta åtgärder för att minska ljudemissionen. Exponering av höga ljudnivåer kan vara skadligt, både fysiskt och psykiskt och därför är det viktigt att mäta och deklarerar ljudemissionen från ett conveyorsystem.

Svensk standard SS-EN-ISO 11201:2010 innehåller riktlinjer för hur sådana tester ska utföras. I detta projekt gjordes mätningar enligt SS-EN-ISO 11201:2010 och en deklARATION upprättades enligt SS-EN 619:2022 för conveyorsystemen OCS-150 och OCS-500. Vidare användes mätdata från undersökningarna för att identifiera faktorer med stor påverkan på ljudemissionen, med syfte att i framtiden kunna utgöra en grund gällande förbättringsarbete.

Projektet inleddes med en grundlig analys av de två standarderna. En litteraturstudie genomfördes också i ämnet för att få mer kunskap inom området ljudemission. Därefter genomfördes tester i produktionsanläggningen hos OCS AB. Slutligen analyserades mätvärdena med hjälp av program som SE324 och Audacity för att upptäcka påverkande faktorer för ljudemissionen.

Deklarationen visade att alla mätningar låg väl inom det tillåtna intervallet för ljudemission, och borde inte ha en negativ påverkan på arbetsmiljön när det kommer till ljudnivån. Två krav för SS-EN 619 kunde dock inte uppfyllas, klassificeringen av mätinstrumentet och drivhastigheten under testerna för systemen. Resultaten ger däremot en god approximation av ljudemissionen från de båda systemen OCS-150 och OCS-500.

Två dominerande faktorer med påverkan på ljudemissionen identifierades. Dessa var banornas kurvor och systemens motorer. Ytterligare utredning med mätinstrumentet av klass 1 och olika hastigheter för systemen rekommenderas för framtida tester på OCS-150 och OCS-500. Rekommendationen är att inkludera tester utförda i olika miljöer och med andra komponenter för att validera resultaten av detta projekt.

## Abstract

In the pursuit of a more efficient and optimized production, conveyor systems have become an important part of many industries. With a large variety of conveyor systems available, the need for standards regarding these systems arised. The Swedish standard SS-EN 619:2022 is an example of a standard which was created through the joint effort of companies producing conveyor systems in order to provide guidelines regarding efficiency and quality.

One of the topics in this standard is noise emission. When designing machines where humans will be working in close proximity, it is important to take steps to reduce the sound emission. The exposure to excessive noise can be harmful, both physically and mentally and therefore it is important to measure and declare the noise emission of a conveyor system.

Swedish standard SS-EN-ISO 11201:2010 contains guidelines for how such tests should be carried out. In this project, measurements were made according to SS-EN-ISO 11201:2010 and a declaration was made in accordance with SS-EN 619:2022 for the conveyor systems OCS-150 and OCS-500. Furthermore, the measurements were used to identify driving factors regarding the noise emission.

The project began with a thorough analysis of these standards. A literature study was also performed on the subject in order to gain more knowledge in the field of sound emission. Afterwards, tests were performed in the production facility at OCS AB in order to declare the noise emission of the systems. Lastly, the measurements were analyzed through the utilization of softwares such as SE324 in order to detect driving factors for the noise.

The declaration showed that all measurements were well within the allowed range for noise emission and should not have a negative impact on the work environment regarding noise. However, two requirements for SS-EN 619 could not be satisfied. These were the classification of the sound meter and the operational speed of the source during the tests. The results are nevertheless an adequate approximation of the noise emission of both OCS-150 and OCS-500.

Two dominant factors causing the noise were identified. These were the curves of the tracks and the motors of the systems. Further investigation with a sound meter of class 1 and different driving speeds for the systems are recommended in new tests on OCS-150 and OCS-500 systems in different environments and with different components are also recommended in order to validate the results of this project.

# Innehållsförteckning

<b>FIGURFÖRTECKNING .....</b>	<b>1</b>
<b>TABELLFÖRTECKNING.....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUKTION .....</b>	<b>3</b>
1.1 OCS AB.....	3
1.2 Bakgrund .....	3
1.3 Syfte .....	4
1.4 Frågeställning .....	4
1.5 Avgränsningar .....	4
<b>2. TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Ljudemission.....	5
2.2 Mätinstrument .....	6
2.3 Hälsopåverkan .....	6
2.4 OCS Conveyorsystem .....	7
2.4.1 OCS-150 .....	7
2.4.2 OCS-500 .....	8
2.5 Standarder .....	9
2.5.1 SS-EN 619 – Bullerprovningsföreskrifter .....	9
2.5.2 SS-EN-ISO 11201 .....	10
2.5.3 Krav att uppfylla för deklARATIONEN .....	10
2.5.4 Krav att uppfylla för mätningarna .....	10
<b>3. METOD.....</b>	<b>13</b>
3.1 Testförberedelser .....	13
3.2 Testmetod.....	13
3.2.1 Testmiljö .....	13
3.2.2 Mätinstrumentation .....	16
3.2.3 Mätpositioner .....	17
3.3 Testutförande.....	19
3.4 Dataanalys.....	19
<b>4. RESULTAT.....</b>	<b>21</b>
4.1 Dataanalys.....	21

<b>4.2</b>	<b>Deklarationer</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3</b>	<b>Diagram</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>Identifierade faktorer med kraftig påverkan</b> .....	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>ANALYS</b> .....	<b>29</b>
<b>5.1</b>	<b>Hastighet</b> .....	<b>29</b>
<b>5.2</b>	<b>Mätinstrument</b> .....	<b>29</b>
<b>5.3</b>	<b>Mätpositioner</b> .....	<b>29</b>
<b>5.4</b>	<b>Tolkning av data</b> .....	<b>30</b>
<b>5.5</b>	<b>Hälsopåverkan</b> .....	<b>30</b>
<b>5.6</b>	<b>Felfaktorer</b> .....	<b>31</b>
<b>6.</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>32</b>
<b>6.1</b>	<b>Mätningarna</b> .....	<b>32</b>
<b>6.2</b>	<b>Resultat</b> .....	<b>33</b>
<b>6.3</b>	<b>Praktisk tillämpning av resultat</b> .....	<b>33</b>
<b>6.4</b>	<b>Reflektion kring arbete utifrån standarder</b> .....	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>SLUTSATS</b> .....	<b>35</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENSLISTA</b> .....	<b>36</b>

# FIGURFÖRTECKNING

FIGUR 1: PRODUKTBÄRARE FÖR OCS-150.....	7
FIGUR 2: PRODUKTBÄRARE FÖR OCS-500.....	8
FIGUR 3: VIRTUELL ILLUSTRATION PÅ OCS-500 I BRUK HOS KUND .....	9
FIGUR 4: TESTBANA FÖR OCS-150 .....	14
FIGUR 5: TESTBANA FÖR OCS-500 .....	15
FIGUR 6: PRODUKTBÄRARE FÖR OCS-150 MED MONTERAD LAST PÅ 150KG .....	15
FIGUR 7:PRODUKTBÄRARE FÖR OCS-500 MED MONTERAD LAST PÅ 500KG .....	16
FIGUR 8: MÄTINSTRUMENT SEFRAM9836.....	16
FIGUR 9: UPPSTÄLLNING AV MIKROFONPOSITION.....	17
FIGUR 10: MÄTPOSITION FÖR OCS-150 MED MARKERING PÅ STARTPUNKT FÖR MÄTNINGARNA .....	18
FIGUR 11: MÄTPOSITION FÖR OCS-500 MED MARKERING PÅ STARTPUNKT FÖR MÄTNINGARNA .....	18
FIGUR 12:LJUDFIL INSKANNAD I AUDACITY FÖR TEST 1 FÖR OCS-150 .....	21
FIGUR 13: GRAF FRÅN SE324 FÖR TEST 1 FÖR OCS-150 .....	21
FIGUR 14: STAPELDIAGRAM FÖR TOTALT 5 TESTER FÖR OCS-150 .....	24
FIGUR 15:STAPELDIAGRAM FÖR TOTALT 5 TESTER FÖR OCS-500 .....	24
FIGUR 16: LINJEDIAGRAM FÖR OCS-150 MED MINIMUM- OCH MAXIMUMVÄRDEN .....	26
FIGUR 17: LINJEDIAGRAM FÖR OCS-500 MED MINIMUM- OCH MAXIMUMVÄRDEN .....	27
FIGUR 18: SNÄCKVÄXELMOTOR FÖR BÅDA SYSTEM .....	27
FIGUR 19: KURVA FÖR OCS-150. ORSAKANDE FAKTOR FÖR ÖKAD LJUDEMISSION .....	28
FIGUR 20:KURVA FÖR OCS-500. ORSAKANDE FAKTOR FÖR ÖKAD LJUDEMISSION .....	28

# TABELLFÖRTECKNING

TABELL 1: DEKLARATION FÖR OCS-150.....	22
TABELL 2: DEKLARATION FÖR OCS-500.....	23
TABELL 3: TOLKADE VÄRDEN FÖR OCS-150 .....	25
TABELL 4: STANDARDVAVIKELSER OCS-150.....	25
TABELL 5: TOLKADE VÄRDEN FÖR OCS-500 .....	25
TABELL 6: STANDARDVAVIKELSER OCS-500.....	25

# 1. INTRODUKTION

## 1.1 OCS AB

OCS Overhead Conveyor System AB, är ett företag från Borås som sedan 1993 arbetat med interna transportsystem inom produktions- och tillverkningsindustrin. OCS:s framtagna system leder till en bättre och mer effektiviserad produktion (Danielsson 2010, s.156).

Företaget arbetar med en global marknad och är en del av Axel Johnson International som är en global industrigrupp där nischade marknader och teknikföretag utvecklar komponenter och metoder för industriella processer och produktion. De främsta industrier som företaget idag riktar sina tjänster mot är fordon-, flyg-, cykel- och ytbehandlingsindustrin (OCS Overhead Conveyor System 2022).

Idag erbjuder OCS AB olika typer av modulära transportsystem, såsom golv, hängconveyor och vertikaltransportörer. Driftprocessen för systemen är friktionsbaserad med patenterade teknik, för att få ett optimalt, tyst, rent och driftsäkert conveyorsystem. De två vanligaste systemen är OCS-150 och OCS-500, som i sin tur kan kombineras med golvconveyor eller vertikaltransportörer (OCS Overhead Conveyor System 2022).

## 1.2 Bakgrund

Ljudemission kan beskrivas som tryckvariationer i form av vågor som breder ut sig i en gas, vätska eller fast kropp. Människor uppfattar ljud genom att trumhinnan sätts i svängning av tryckvariationer (Johansson 2005). Dagligen utsätts människor för ljudemission, och det är ett viktigt ämne när det gäller arbetsmiljön. Höga ljudnivåer vill minskas för att det inte ska påverka människors välbefinnande. Det kan även påverka säkerheten genom försämrad kommunikation. Att utsättas för hög ljudnivå under arbetstid kan ha negativ påverkan, med skadliga effekter på hälsan. Det är därmed viktigt att undersöka ljudemissionen för olika system och arbetsförhållanden, och i sin tur arbeta med lösningar som kan bidra till reducerande ljudnivåer. En säker och hälsosam arbetsplats bidrar till bättre arbetsflöde och god hälsa för arbetare. (Cucurachi, S. & Heijungs, R. 2013)

Produktionsindustrin har i många år präglats av höga ljudnivåer och under de senare åren har effektiva, tysta transportlösningar allt mer efterfrågats. För att tillverkare av mekaniska transportsystem skall kunna tillgodose dessa krav har standarder upprättats. Dessa utgör en vägledning vid produktutveckling och förbättringsarbete som tillverkarna av transportsystemen kan följa. Ett område som blivit allt viktigare inom dessa standarder är ljudemissionen från systemen.

Med allt tuffare krav gällande arbetsmiljön är det viktigt att tillverkare av conveyorsystem deklarerar ljudemissionen från sina system. Deklarationen kan dels användas som ett försäljningsargument, genom att uppvisa hälsovänliga ljudtrycksnivåer men utgör även en viktig grund gällande förbättringsarbete.

### 1.3 Syfte

Syftet med projektet är att analysera och utvärdera ljudemissionen från conveyorsystem genom mätningar av den A-vägda ljudtrycksnivån. A står för average och används vid undersökningar av risk för hörselskador. Arbetet kommer att göras enligt krav från standarder och därmed ger även rapporten en insyn i hur det är att arbeta efter en standard. Således kommer en reflektion kring arbete utifrån standarder inkluderas.

Tester som uppfyller kraven från SS-EN-ISO 11201 skall utföras. All mätdata från testerna skall sedan granskas för att se om de uppfyller kraven gällande ljudemission från SS-EN 619. De faktorer som har mest påverkan på ljudemissionen skall identifieras för att hjälpa OCS med framtida förbättringsarbete gällande ljudemission. Den här undersökningen är viktig för att främja en god arbetsmiljö, därmed kommer även vissa hälsoaspekter diskuteras. Mätningar skall utföras på två olika transportsystem:

- OCS-150
- OCS-500

### 1.4 Frågeställning

OCS AB har tidigare utfört tester för ljudtrycksnivåer, men med en ny standard att utgå ifrån kommer nya tester utföras. För att påbörja detta arbete kommer följande frågeställningar undersökas:

- Vilken ljudtrycksnivå (*dB*) producerar conveyorsystemen och uppfyller de kraven gällande ljudemission från SS-EN 619: 2022?
- Finns det faktorer som har en kraftig påverkan på ljudtrycksnivån?

### 1.5 Avgränsningar

Ett antal avgränsningar har upprättats för att förtydliga omfattningarna av mätningarna. För att projektet skall vara genomförbart inom den uppsatta tidsramen har även en del avgränsningar upprättats för standarderna som använts. Alla avgränsningarna sammanfattas i listan nedan:

- Mätningar kommer endast att utföras på hängconveyor av modellerna OCS-150 och OCS-500.
- Mätningar utförs endast i testlokalen hos OCS.
- Denna rapport kommer endast att fokusera på conveyorsystemen, inte den externa miljön som omger systemen.
- Alla tester och mätningar som utförs baseras på SS-EN 619, såvida det inte hänvisas till SS-EN ISO 11201. Det är endast dessa standarder som kommer användas för projektet.
- Vissa alternativ för kraven från standarden bortses från då dessa inte är relevanta. Som exempel kommer mätningarna att utföras inomhus, därmed är alla krav gällande mätningar utomhus ej relevanta.

## 2. TEORI

I följande avsnitt introduceras de teoretiska principer som ligger i grund för undersökningen. Ämnet ljudemission introduceras kort, tillsammans med en förklaring av hur ljud kan mätas. Hälsoaspekter tas upp för att undersöka vilka ljudnivåer som kan vara skadliga för människor. De två systemen som mätningarna utförts på beskrivs sedan för att ge en inblick i vilka system som mätningarna har utförts på. Slutligen introduceras de båda standarderna SS-EN 619 och SS-EN-ISO 11201, samt alla krav från dessa som mätningarna är baserade på.

### 2.1 Ljudemission

Ljud uppstår på grund av tryckvariation. När det uppstår tryckvariationer i luften får detta trumhinnan att börja svänga, vilket uppfattas som ett ljud. En människa kan uppfatta ljud från ca 20mikroPa och smärtgränsen för en människa ligger runt 20 Pa (Johansson 2005).

För att beräkna en ljudnivå i decibel används formeln:

$$L_p = 20 \times \log\left(\frac{xPa}{20 \cdot 10^{-6}}\right) \quad (1)$$

$L_p$  står för ljudtrycksnivån,  $x$  är trycket i pascal som divideras med värdet  $20 \cdot 10^{-6}$ , som representerar referenstrycket (Self, D. & Sinclair, I. R. 2008). Med andra ord skulle värdet på  $L_p$  bli 0 dB om  $xPa = 20 \cdot 10^{-6}$  och 120 dB om  $xPa = 20$ .

$L_{Pa,eq}$  är en annan enhet för ljudnivå, som tar hänsyn till tiden. Det kan användas för att beräkna en ekvivalent ljudnivå över ett tidsintervall som till exempel över ett dygn. För människor är det ofta ett effektivt sätt att analysera hälsopåverkan (Engineering Toolbox u.å.).

Ljudnivån som uppfattas beror även på frekvensen av ljudet. Phon är ett mått på hörnivån, antalet phon motsvarar antalet decibel (dB) för ljudtrycksnivån hos en ren ton på 1000 Hz (Nationalencyklopedin u.å.). Om ett ljud låter lika högt som en ton på 1000 Hz med till exempel 70 dB så är hörnivån 70 phon.

Mätinstrument kompenserar för detta genom att använda sig av vägningsfilter. Dessa filter dämpar mikrofonsignalen beroende på frekvensen av ljudet. De vanligaste filtren är A- och C-filtre. A står för average och används oftast vid undersökningar av risk för hörselskador. C-filtret används om man mäter impulsiva ljud som varierar hastigt i nivå. När ett filter appliceras blir den uppmätta storleken en vägd ljudnivå (Johansson 2005). För A-vägd ljudtrycksnivå används flera uppmätta medelvärden av ljudtrycksnivån, där varje medelvärde beräknas utifrån ett visst mätintervall i sekunder. Ett medelvärde tas sedan av värdena från alla mätintervallen. En ökning på cirka 10 dB av en vägd ljudtrycksnivå innebär att en människa uppfattar ljudet som dubbelt så starkt. Denna effekt påverkas däremot av frekvensen av ljudet och en mindre ökning krävs vid lägre frekvenser för att ljudet ska uppfattas som dubbelt så högt (Johansson 2005).

Alla mätvärden som presenteras i detta arbete är A-vägda ljudtrycksnivåer. Mätosäkerheten och korrigeringsfaktorer har beräknats enligt vägledning från svensk standard (SS 11201:2010). Två korrigeringsfaktorerna har tagits hänsyn till,  $K_1$  och  $K_2$ .

Bakgrundskorrigeringsfaktorn  $K_1$ , som korrigerar mätvärdena utifrån störande bakgrundsljud behövde ej tillämpas då bakgrundsljudet inte hade någon märkbar påverkan under mätningarna. Korrigeringsfaktorn  $K_2$ , som tar hänsyn till miljön där mätningarna utfördes applicerades på värdena för deklARATIONEN. Beräkning av faktorerna presenteras i metoddelen av rapporten.

## 2.2 Mätinstrument

En ljudmätare används för att mäta ljudtrycksnivå som orsakas av akustiska vibrationer i luften. Mikrofonen agerar som en givare och konverterar energin från vibrationerna till elektriska signaler. Dessa signaler kan sedan omvandlas av instrumentet som anger ett värde i decibel (Chung, K. 2023).

Enligt svensk standard (SS 11201:2010, s. 7) skall mätinstrumentet som används vid testerna vara klassat enligt IEC 61672-1. Mätinstrument som efterlever standardens krav uppnår klass 1 eller klass 2. För mätningarna skall ljudmätaren uppnå klass 1. I artikeln Calibration matters: I. Sound level meter basics, illustreras skillnaderna (Chung, K. 2023). Det som främst skiljer klasserna är spannet av frekvenser där instrumentet kan uppfatta ljud. En mätare av klass 1 kan uppfatta ljud mellan frekvenserna 20 Hz - 16000 Hz medan en mätare av klass 2 uppfattar ljud mellan 20 Hz - 8000 Hz.

## 2.3 Hälsopåverkan

Att bli utsatt för buller och ljud är ett av de flertal faktorer som påverkar människans hälsa negativt. Vetenskapliga studier och internationella rapporter visar hur akustik och ljudpåverkan är främst stressframkallande. Det är däremot inte endast den psykologiska hälsan som påverkas, utan även den fysiska (Cucurachi, S. & Heijungs, R. 2013). Att under ett dygn utsättas för en hög ekvivalent ljudnivå kan leda till hörselproblem, sömnstörningar, hjärt-kärlsjukdomar och övervikt. Det kan även orsaka problem vid kommunikation, då en person med normal hörsel uppfattar tal någorlunda väl så länge bakgrundsljudet är 0 – 5 dB svagare än talet. För full förståelse bör däremot bakgrundsljudet vara ännu svagare. En normal samtalsröst, på ett avstånd av en meter har en ljudtrycksnivå på cirka 55 - 60 dB (Centrum för arbets- och miljömedicin Stockholm & Arbets- och miljömedicin Göteborg 2010).

Ljudemission som överstiger 85 dB kan orsaka skada för människans hörselsinne. Att bli utsatt för kronisk exponering av högre ljudnivåer dagligen under längre perioder, kan leda till NIHL (Noise Induced Hearing Loss). Detta kan i sin tur även kan leda till stress, ökat blodtryck, hjärtsjukdomar och sömnproblem. För att hindra att bli utsatt för NIHL bör källor blockeras eller minska bullerpåverkan om möjligt. Inom produktion- och tillverkningsindustrin bör kontroller utföras för de tekniska verktygen och maskiner. Om arbetsstationens ljudnivå överstiger 80dB måste arbetare använda hörselskydd för att motverka hörselskada och påverkan på hälsan. (Hong, Kerr, Poling & Dhar. 2013)

Det är viktigt att inte utsätta sig för högre ljudnivåer, med tanke på de potentiella skadorna för hälsan och välbefinnandet. På flera arbetsplatser finns det tillgängliga hörselskydd, ibland även avsedda som obligatoriska hälsoskydd.

## 2.4 OCS Conveyorsystem

### 2.4.1 OCS-150

Ett av de systemen företaget erbjuder är OCS-150. Det är en modulerbar hängconveyor som kan anpassas efter önskemål från användaren. För OCS-150 är den maximala hanterbara vikten 150kg/m bana, vilket innebär att varje meter av conveyorbanan kan hantera en vikt upp till 150kg. Den maximala hastigheten är 80m/min. Banorna hänger på en höjd av minst 4,8 meter, i enlighet med svensk standard (SS 619:2022). Möjligheter för att kunna växla hastighet samt riktning finns, dock avgränsas möjligheten när det kommer till kurvor. OCS-150 hanterar kurvor i drift mellan 5° och 90°.

Gällande den mekaniska delen för systemet, består OCS-150 av ett friktionsband som i sin tur drivs av en snäckväxelmotor. Med denna uppsättning och funktion reduceras ljudnivån, en faktor som företag eftersträvar att minska. Det är även ett rent system, eftersom komponenterna inte kräver någon olja. Systemen kan innehålla manuella sektioner där operatören själv för produktbärarna framåt, utan att behöva använda sig av maskiner eller verktyg.

De vagnar som drivs i systemet rör sig med hjälp av friktion. Vagnar pressas med fjäderkraft mot drivbandet vilket driver vagnen framåt. Transportvagnarna styrs av ett PLC- eller databaserat system. Produktbäraren kan anpassas för en optimerad arbetshöjd för användaren vilket bidrar till bättre ergonomi och ökad produktionseffektivitet. Funktioner som rotation och vertikala stigningar upp till cirka 10° kan även inkluderas i systemen. Figur 1 nedan visar ett exempel på hur en produktbärare för systemet ser ut.



Figur 1: Produktbärare för OCS-150

Systemet i OCS testlokal är uppbyggt 2022, och används främst för utförandet av FAT-tester (Factory Acceptance Test) som undersöker funktionen av produkter så att de ska kunna användas i bruk under produktionsprocesser. (OCS Overhead Conveyor System 2022)

## 2.4.2 OCS-500

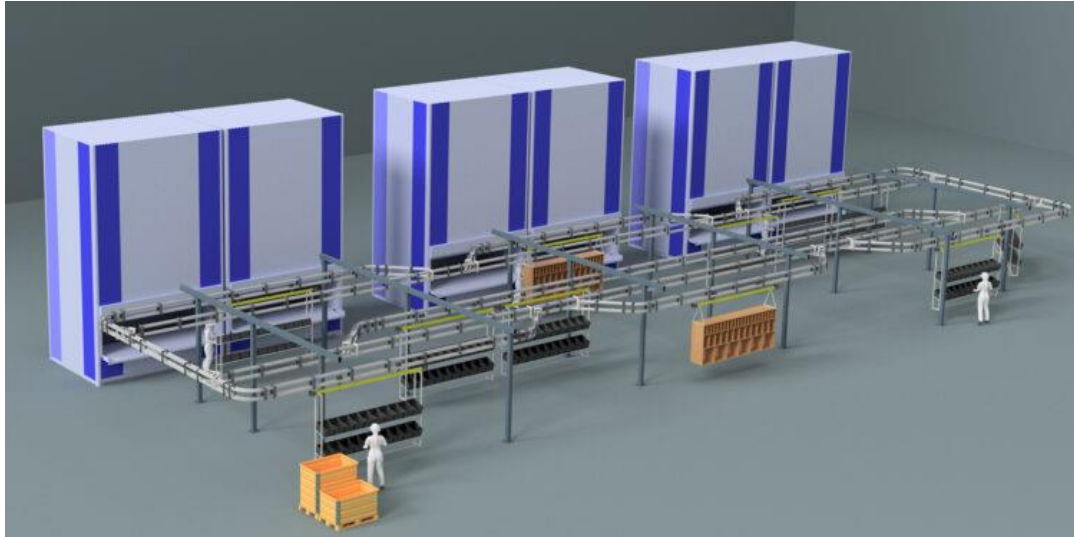
Ett annat system som företaget erbjuder är OCS-500. Det som främst skiljer OCS-500 från OCS-150 är lastkapaciteten och driftmetoden. OCS-500 har en maxvikt på 500 kg per meter bana, därmed namnet. De kurvor som systemet hanterar i drift är mellan 5° och 180°. Banan monteras vid en höjd av 4,8 meter eller högre hos kund, i enlighet med direktiv från svensk standard (SS 619:2022).

Systemet drivs av ett rör som roteras av en snäckväxelmotor. När röret roterar drivs produktbärarna framåt genom vagnar med snedställda hjul som pressas mot röret. Då maxvikten för systemet är betydligt större än OCS-150 så påverkas även den maximala drivhastigheten. Maxhastigheten blir istället 30m/min.

För OCS-500 drivs vagnarna av 4 snedställda hjul som trycker mot ett roterande rör. Detta ger en rotationshastighet på röret som orsakar rotation på vagnens hjul, som i sin tur driver vagnen framåt. För OCS-500 används quattrovagnar, vilket innebär att det är fyra drivbara hjul på vagnen. Transportvagnarna styrs på samma sätt som OCS-150 och produktbäraren justeras även på samma sätt. Det finns möjlighet att inkludera stigningar upp till cirka 10°. Figur 2 och Figur 3 nedan visar hur en produktbärare ser ut för systemet, samt hur OCS-500 kan se ut hos kund och i drift.



Figur 2: Produktbärare för OCS-500



Figur 3: Virtuellt illustration på OCS-500 i bruk hos kund

Systemet i OCS testlokal är uppbyggt 2020. (OCS Overhead Conveyor System 2022)

## 2.5 Standarder

En standard innehåller gemensamt framtagna lösningar på vanliga problem. För att öka kvaliteten och effektiviteten hos företag innehåller standarderna rutiner som branschen bör följa. Genom att arbeta efter en standard kan ett företag förbättra sin produktion genom bland annat gemensamt framtagna testmetoder, funktioner och utseenden för produkter eller tjänster. Standarder kan även användas för att ge riktlinjer kring hur företag kan följa lagstiftningar och direktiv från till exempel EU (Svenska institutet för standarder 2023).

Det kan däremot även uppstå problem när man arbetar utifrån standarder. Samaran (2019) skriver i sin rapport att det ofta finns bristande kunskap kring standarder. Det kan vara svårt att tolka informationen i en standard och många företag som använder sig av standarder har en bristande kunskap om dessa. Det finns dessutom en avsevärd mängd standarder, vilket kan leda till att dess användare och eventuella leverantörer inte hinner uppdatera sig om alla standarder som publiceras.

### 2.5.1 SS-EN 619 – Bullerprovsningsföreskrifter

SS-EN 619 är en europeisk standard gällande säkerhetskrav för utrustning för mekanisk hantering av enhetslaster. Den gäller även som svenska standard och riktar sig mot företag som arbetar med transportörer och transportsystem. Under bilagan för bullerprovsningsföreskrifter specificeras hur man på ett effektivt och standardiserat arbetssätt kan bestämma, deklarerat och verifiera ljudemissionen från conveyorsystem. Mätvärdena behövs för att företaget skall kunna bestämma ljudemissionen från systemet, jämföra värdena med andra likvärdiga system och arbeta med att minska ljudnivån från systemen under design (svensk standard SS 619:2022).

## 2.5.2 SS-EN-ISO 11201

SS-EN-ISO 11201 är en internationell standard som specificerar en metod för mätning av emissionsljudtrycksnivåer för företag med maskiner eller liknande utrustning. Mätningarna gäller positioner antingen på arbetsstationer, specifika platser eller som åskådare. Standarden gäller även som svensk standard och är en av flera metoder inom en serie för mätningar av emissionsljudtrycksnivå. Det som skiljer SS-EN-ISO 11201 från andra standarder är miljökorrigeringen. Standarden kompenserar för mätmiljöns påverkan genom ett antal krav och approximationer som gemensamt är framtagna av branschens aktörer (svensk standard SS 11201:2010).

## 2.5.3 Krav att uppfylla för deklARATIONEN

All mätdata som skall presenteras följer krav från SS-EN 619 och SS-EN-ISO 11201. Följande information skall, enligt svensk standard (SS 619:2022) presenteras i deklARATIONEN:

- BullerdeklARATIONEN och standarder som använts för mätningarna
- A-vägda ljudtrycksnivån och mätosäkerheten. Om ljudtrycksnivån är under 70 dB skall detta indikeras. Om mätvärdena överstiger 80 dB skall enskilda mätvärden runt hela systemet med en meters avstånd utföras och presenteras i stället.
- Beskrivning av conveyor, såsom kapacitet och hastighet.
- Beskrivning av anslutande conveyor.
- Beskrivning av mätprocedur.
- Mätpositioner. DeklARATIONEN skall nämna att mätvärdena från testet troligtvis kommer överskridas vid installerade system på annan ort.
- Specifika driftförhållanden av systemet under mätningarna.
- Konfirmering att alla kraven för bullerprovningsföreskriften har uppfyllts. Om detta inte är fallet måste alla avvikelser presenteras.

## 2.5.4 Krav att uppfylla för mätningarna

Det finns två olika grader av precision för mätningarna, klass 1 (precision) och klass 2 (engineering). Klass 1 är en striktare nivå och lämpar sig mer för mätningar i laboratorium medan klass 2 används vid mätningar i industrilokaler. För att uppfylla kraven för deklARATIONEN krävs att mätningarna uppfyller kraven gällande klass 2 enligt svensk standard (SS 11201:2010, s. 7-23). Det finns krav att uppfylla inom följande områden:

- Mätinstrument

Mätinstrumentet skall uppfylla kraven för en mätare av klass 1 enligt IEC 61672-1:2002.

- Miljön där mätningarna skall utföras

För mätningar inomhus krävs det att miljön där mätningarna utförs har en försumbar effekt på mätresultaten. Detta är fallet om följande kriterier uppfylls:

- Korrigeringsfaktorn  $K_{2A}$  är mindre än 2 dB. Korrigeringsfaktorn tar hänsyn till de reflektiva ytorna i lokalen som påverkar mätningarna.

- Ljudemissionen från källan är inte riktad uppåt eller bort från den tänkta arbetsstationen.
- Kriterier för bakgrundsljud

Vid varje mätposition skall skillnaden mellan den A-vägda ljudtrycksnivån för bakgrundsljudet och den A-vägda ljudtrycksnivån från systemet under drift vara större än 6 *dB*.

Korrigeringar måste även göras med hänsyn till bakgrundsljudet, genom beräkning av faktorn  $K_1$ . Om skillnaden mellan den uppmätta A-vägda ljudtrycksnivån när systemet är i drift respektive avstängt är större än 15 *dB* antas  $K_1$  vara 0. Om detta är fallet behövs inga korrigeringar av mätvärden.

- Omgivande miljö såsom höjd över havet och temperatur

Mätinstrumentet kan påverkas av faktorer såsom elektromagnetiska fält, vind, extrema temperaturer och tryckluft från komponenter. Mätpositionen ska väljas så att dessa faktorer inte har någon påverkan på mätresultaten.

För mätningar som utförs på en altitud under 500 meter över havet och inom temperaturspannet -20 C° till 40 C° behövs inga korrigeringar med hänvisning till de meteorologiska förhållandena.

- Mätpositioner

För system där det inte finns några specificerade arbetsstationer skall, enligt SS-EN 619, mätningarna utföras vid den bullrigaste platsen där det är praktiskt möjligt att stå en meter ifrån systemet. Mikrofonen skall placeras 1,6 meter från golvet och riktas mot ljudkällan. Om den A-vägda ljudtrycksnivån överstiger 80 *dB* måste mätningar utföras kring hela systemet, med maximalt två meters avstånd mellan mätpositionerna.

- Mätinställningar (tidsintervall, dBA etc.)

Tidsintervallet för den A-vägda ljudtrycksnivån skall väljas så att ljudemissionen från systemet mäts på ett representativt sätt för vanlig drift. Om ljudemissionen är relativt konstant bör mätintervallet vara minst 10 sekunder. Om ljudemissionen varierar kraftigt under de specificerade driftförhållandena måste tidsintervallet bestämmas så att de A-vägda ljudtrycksnivåerna representerar ljudemissionen från systemet under drift.

- Drift av system vid test

Under mätningarna bör alla externa system som kan påverka mätvärdena vara avstängda. Lastbärare som används under testet skall vara avsedda för systemet och dessa skall vara maximalt belastade enligt specifikation från tillverkaren. Lasterna som används under testerna får inte orsaka någon ljudemission. Transportsystemet skall drivas under ogynnsamma förhållanden såsom maximal angiven hastighet eller maximal acceleration/hastighetsminskning.

Det finns, enligt svensk standard (SS 619:2022), två olika alternativ för utförandet av mätsekvenserna:

- Kontinuerliga mätningar under minst 30 sekunder där åtminstone fem last passerar mätsektionen.
- Minst fem enskilda cyklar, om det inte är möjligt att genomföra kontinuerliga mätningar.
- Osäkerhet för mätdata

Vid brist av teknisk kunskap gällande osäkerheten kring mätningarna sätts värdet till  $\pm 3$  dB enligt SS-EN 619. Osäkerheten  $U$  (dB) är standardavvikelsen multiplicerat med en täckningsfaktor, som beräknas enligt svensk standard (SS 11201:2010). Standardavvikelsen  $\sigma_{tot}$  beräknas utifrån värden från round robin test  $\sigma_{R0}$  och den maskinspecifika standardavvikelsen  $\sigma_{omc}$ .  $\sigma_{R0}$  representerar varians för oberoende försök och  $\sigma_{omc}$  beskriver den maskinspecifika osäkerheten utifrån hur stabila driftförhållandena är under testerna. Vid mätdata som är framtagen utifrån SS-EN-ISO 11201 så finns det redan approximerade värden på dessa faktorer som nyttjas i projektet. Dessa värden är baserade på tidigare undersökningar av conveyorsystem.

- Information som skall samlas in

Information gällande följande områden skall, enligt svensk standard (SS 11201:2010) samlas in och presenteras:

- Testsystemet
- Testförhållanden
- Testmiljön
- Instrumentation
- Mätpositioner
- Mätvärden

### 3. METOD

Metoden redogör för hur kraven uppfylldes och hur testerna strukturerades. För utförandet av testerna optimerades ett tillvägagångssätt för att både uppfylla kraven och identifiera komponenter som hade en kraftig påverkan på ljudtrycksnivån.

SS-EN 619 och SS-EN-ISO 11201 användes som den främsta vägledningen och källan till hur följande förberedelser skulle ställas in, samt hur testerna skulle utföras. Som kompletterande information och tillvägagångssätt utnyttjades Primo, som är ett sökverktyg tillgängligt via Högskolan i Borås, för vidare litteratur inom ämnet. All data från testerna samlades in för att sedan analyseras med hjälp av programvarorna SE324, Audacity och Excel.

#### 3.1 Testförberedelser

Projektet påbörjades genom en förstudie av bilaga E i SS-EN 619 som berör ljudemission från conveyorsystem. För att uppfylla deklARATIONEN behövde testerna utföras enligt instruktioner som vidare presenterades i SS-EN-ISO 11201. För att få en djupare förståelse kring ämnet ljudemission utfördes en litteraturstudie, samt att en tidsplanering upprättades för projektet.

Löpande dialoger hölls med OCS AB för planeringen av testerna. Företaget förberedde testsystemen med önskad vikt och hastighet. Mätinstrumentet som användes för mätningarna inhandlades av OCS AB. Det praktiska arbetet utfördes i testverkstaden hos OCS AB. Lokalen och de systemen som fanns där låg till grund för hur testerna strukturerades.

#### 3.2 Testmetod

##### 3.2.1 Testmiljö

Först kontrollerades miljön där mätningarna utfördes. Korrigeringsfaktorn  $K_{2A}$  för lokalen beräknade enligt formeln:

$$K_{2A} = 10 \log \left( 1 + 4 \frac{S}{A} \right) [dB] \quad (2)$$

Formeln hämtades från en tidigare rapport gällande ljudemission för OCS conveyorsystem, skapad av Sveriges tekniska forskningsinstitut (2003).  $S = \frac{2\pi}{a}$  i formeln, där  $a$  beräknades som det kortaste avståndet mellan ljudkällan och mikrofonen. För båda systemen uppmättes avståndet  $a$  till 1 meter, därav blev  $S = 2\pi$ .  $A$  var den uppskattade ljudabsorptionsarean i lokalen.

Ljudabsorptionsarean  $A$  beräknades enligt formeln:

$$A = \alpha \times S_V [m^2] \quad (3)$$

där  $S_V$  var den totala arean på alla begränsningsytor i testlokalen, vilket inkluderade arean av väggar, tak och golv.

Medelabsorptionsfaktorn  $\alpha$  hämtades ur en tabell för A-vägda storheter (Johansson 2005 s.71). Med givna förutsättningar för lokalen estimerades ett representativt värde på  $\alpha$  till 0,15 utifrån tabellen. Detta utifrån att rummet kunde beskrivas som “rum med möbler, rektangulära maskinrum, rektangulära industrilokaler”.

$S_V$  beräknades till  $4500 \text{ m}^2$ , så enligt ekvation ((3) beräknades  $A$  till  $680 \text{ m}^2$ . Från ekvation ((2) blev därmed korrigeringsfaktorn  $K_{2A} = 0.16 \text{ [dB]}$ . Då värdet på  $K_{2A}$  understeg  $2 \text{ dB}$  ansågs lokalen ha en försumbar inverkan på mätresultaten, därmed var testlokalen lämplig för mätningarna.

Testsystemen av modellerna OCS-150 och OCS-500 förbereddes med lämplig vikt och hastighet. Produktbäraren för OCS-150 belastades med 150kg och motorerna som drev banan ställdes in med en hastighet av 20 m/min. OCS-500 ställdes in med samma hastighet men produktbäraren belastades med 500kg. För båda systemen användes endast en produktbärare under testerna. Testbanorna illustreras i figur 4 och 5, produktbärarna för de olika systemen kan ses i figur 6 och 7.



*Figur 4: Testbana för OCS-150*



*Figur 5: Testbana för OCS-500*



*Figur 6: Produktbärare för OCS-150 med monterad last på 150kg*



Figur 7: Produktbärare för OCS-500 med monterad last på 500kg

### 3.2.2 Mätinstrumentation

Som ljudmätare för projektet användes en mätare av modellen Sefram 9836, se figur 8. För att mätningarna skulle uppfylla kraven för deklARATIONEN förbereddes mätinstrumentet med följande inställningar:

Vägning: A-vägd ljudnivå ( $dB$ )

Decibellintervall: 30  $dB$  – 90  $dB$

Mätintervall: 11 sekunder

Tidsvägning: Snabb

Med dessa kalibreringar blev instrumentet optimalt inställt för att på ett representativt sätt mäta ljudemissionen från systemen enligt vägledning från svensk standard (SS 11201:2010).



Figur 8: Mätinstrument Sefram9836

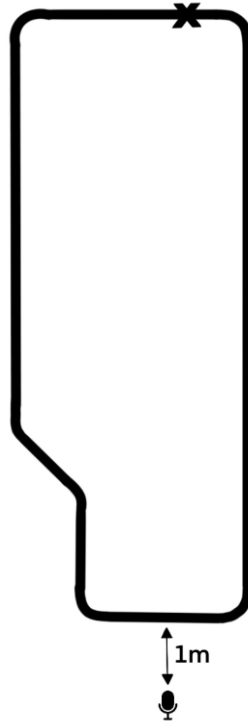
### 3.2.3 Mätpositioner

Efter att systemen var förberedda och mätinstrumentet korrekt inställt så genomfördes testmätningar med ljudmätaren för att lokalisera lämpliga och praktiskt möjliga teoretiska arbetsstationer. Dessa tänkta arbetsstationer nyttjades som mikrofonpositioner för mätningarna. Enligt SS-EN 619 skulle mätningarna utföras där ljudemissionen från systemet var så hög som möjligt och det var praktiskt möjligt med en arbetsstation. Positionerna valdes även med hänsyn till potentiella elektromagnetiska fält som kunde påverka mätresultaten.

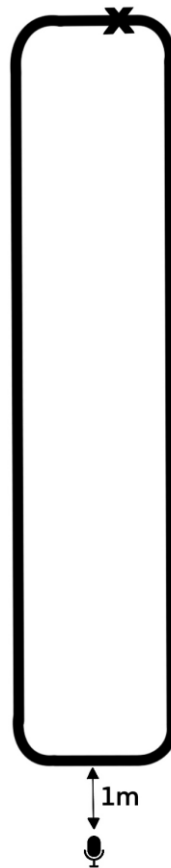
Inför mätningarna placerades mätinstrumentet på en stege, så att mikrofonen hamnade 1,62 meter ovanför marken och en meter ifrån conveyorbanan. Uppställningen för mikrofonpositionen illustreras i figur 9 nedan. De valda mätpositionerna illustreras i figur 10 och 11 nedan. Ur boken *Experiments in Acoustics* användes figur 11.4 (Sujatha, C. 2023), som innehöll information gällande lämpliga mätpositioner för en mätyta. Detta användes för att vidare styrka valet av mätpositioner. Därmed valdes placeringen av mätinstrumentet till systemens kortsidor. I närheten av dessa positioner fanns både kurvor och motorer, vilket orsakade en högre ljudtrycksnivå under testmätningarna.



Figur 9: Uppställning av mikrofonposition



*Figur 10: Mätposition för OCS-150 med markering på startpunkt för mätningarna*



*Figur 11: Mätposition för OCS-500 med markering på startpunkt för mätningarna*

När mätpositionerna hade bestämts undersöktes bakgrundsljudnivån. Mätningar av den A-vägda ljudtrycksnivån genomfördes under 1 minut med ett mätintervall på 11 sekunder när alla system var avstängda. För mätpositionen vid OCS-150 uppmättes 43,4 dB och vid OCS-500 uppmättes 44,2 dB.

$$K_1 = -10 \log(1 - 10^{0,1\Delta L}) [dB] \quad (4)$$

Formeln används för att beräkna bakgrundsljudkorrigeringen  $K_1$ , där  $\Delta L$  är skillnaden mellan den uppmätta A-vägda ljudtrycksnivån vid den tänkta arbetsstationen vid drift och när systemet är avstängt. Eftersom det inte går att beräkna  $K_1$  om  $\Delta L < 15$  dB kan värdet  $K_1 = 0$  användas om  $\Delta L$  blir mindre än 15 dB, i enlighet med svensk standard (SS 11201:2010). För båda systemen understeg  $\Delta L$  15 dB och därmed behövdes ingen bakgrundsljudkorrigering utföras.

### 3.3 Testutförande

Mätningarna på systemen genomfördes under kvällstid i testverkstaden hos OCS AB för att minimera de externa influenserna på mätningarna. En viss position på respektive conveyorbana utsågs som referenspunkt för start och stopp av mätningarna. Mikrofonen placerades vid den utvalda mätpositionen (se figur 10 respektive figur 11). Conveyorbanan startades och när produktbäraren precis passerat referenspunkten påbörjades mätningen. Testet pågick under fem varv och när produktbäraren nådde referenspunkten för den femte gången avslutades mätningarna. Testen genomfördes fem gånger för respektive system. Under mätningarna filmades även testet för att enklare kunna identifiera vad som orsakade mest ljudemission.

### 3.4 Dataanalys

Mätdata från testerna överfördes till en dator via USB. Ljudfilerna överfördes från mätarens inbyggda minneskort till en dator. För att analysera datan användes främst SE324 för att illustrera den A-vägda ljudtrycksnivån. Ljudfilerna analyserades med hjälp av programmet Audacity. Inspelade videor från testerna jämfördes med graferna från SE324 och de inskannade ljudfilerna i Audacity för att identifiera vilket moment som orsakade vilken ljudtrycksnivå. På så vis identifierades de faktorer som hade främst påverkan på ljudemissionen. Excel användes för att sammanställa och illustrera datan på ett tydligare sätt. Alla analyserade minimum-, medel- och maximumvärden från SE324 överfördes till ett Excelark för att vidare kunna skapa illustrationer där det var enklare att tolka mätvärdena.

Först skapades ett stapeldiagram för respektive system, med alla 5 tester inkluderade under ett och samma diagram. De värden som inkluderades var minimum-, medel- och maximumvärden. Vidare skapades linjediagram för respektive system med logaritmerade mini- och maximumvärden för att tydligt illustrera hur mycket respektive värden för minimum och maximum skiljer sig.

Vid beräkning av standardavvikelsen  $U$  för respektive mätserie användes data från tabell 1 och tabell C.1 ur svensk standard (SS 11201:2010). För att ta reda på vilka värden som skulle användas beräknades  $\sigma_{omc}$ , som beskriver osäkerheten utifrån hur stabila driftförhållandena var under testerna.

$$\sigma_{omc} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (L'_{pj} - L'_p)^2} \text{ dB} \quad (5)$$

där  $N$  står för totala antalet mätningar,  $j$  för varje enskild mätning,  $L'_{pj}$  är ljudtrycksnivån under varje mätserie och  $L'_p$  är medelvärdet för ljudtrycksnivån av alla mätningarna. Enligt ekvation ((5) beräknades  $\sigma_{omc}$  till 0,34 dB för OCS-150 och 0,19 dB för OCS-500. Eftersom dessa värden var lägre än respektive värden för stabila förhållanden från tabell C.1, antogs mätningarna ha skett under stabila förhållanden. Stabila förhållanden innebar att mikrofonen var monterad på ett korrekt sätt och det fanns en minimal extern inverkan på mätresultaten. Det tas även hänsyn till hur mycket ljudtrycksnivån varierar under ett test.

Med data från tabell 1 och tabell C.1 från svensk standard (SS 11201:2010) beräknades standardavvikelsen enligt formeln:

$$U = k \times \sigma_{tot} \quad (6)$$

där

$$\sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{R0}^2 + \sigma_{omc}^2} \quad (7)$$

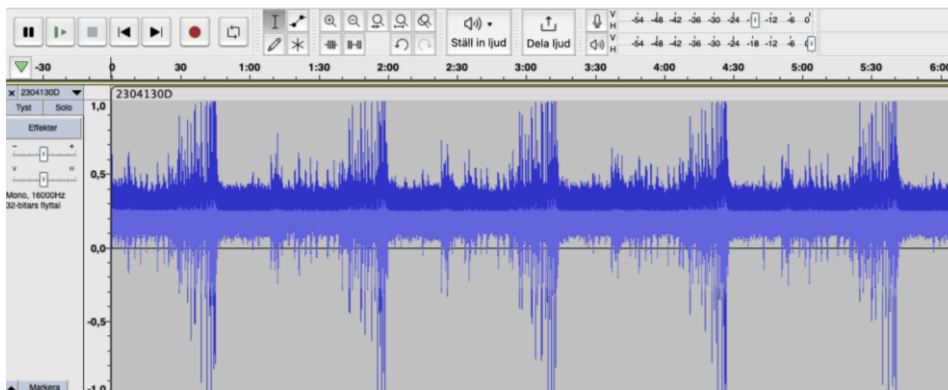
och  $k$  är täckningsfaktorn vilket enligt standarden skulle sättas till 2.  $\sigma_{tot}$  beräknades enligt ekvation 7. Värdet för  $\sigma_{R0}$ , som representerar variansen för oberoende försök sattes till 1,5 enligt tabell C.1 från svensk standard (SS 11201:2010).  $\sigma_{tot}$  beräknades till 1,6 dB. Mätosäkerheten beräknades därmed enligt ekvation 6 till  $\pm 3,2 \text{ dB}$ , uttryckt som standardavvikelsen multiplicerat med täckningsfaktorn 2 vilket gav ett täckningsintervall på 95%. Detta betyder att skillnaden för de uppmätta medelvärdena kommer variera med  $\pm 3,2 \text{ dB}$  i 95% av alla tester som utförs.

## 4. RESULTAT

I det här avsnittet redovisas resultaten från testerna. Först illustreras hur mätvärden från testerna såg ut i programvarorna Audacity och SE324. Vidare presenteras de båda deklARATIONERNA som har upprättats i enlighet med svensk standard (SS 619:2022). All data som har använts som underlag för deklARATIONERNA förtydligas vidare i diagram och tabeller. Slutligen presenteras alla faktorer med kraftig påverkan på ljudtrycksnivån under testerna.

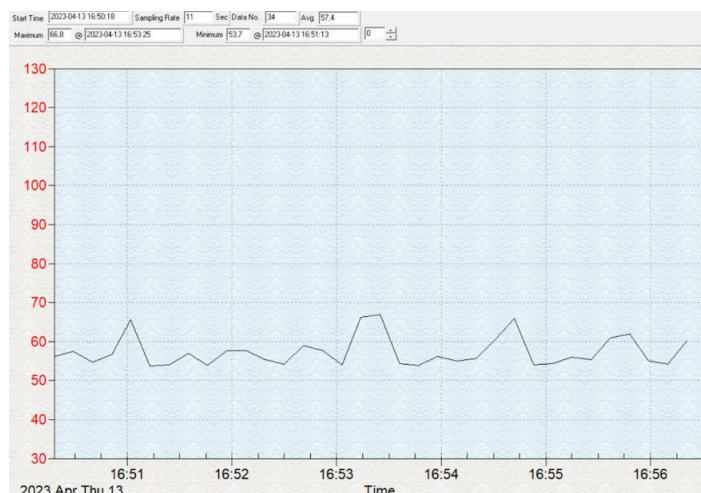
### 4.1 Dataanalys

De överförda ljudfilerna från Audacity visar endast utseendet på höga respektive låga ljudnivåer, decibelvärdet för varje punkt kunde inte avläsas eftersom y-axeln visade ljudnivån som ett värde mellan 0 och 1. Materialet var användbart för att identifiera korrelationen mellan påverkande faktorer och de höga ljudnivåerna i samband med videoinspelningar från testerna. Mönstret som topparna följer beror även på avståndet till produktbäraren under testerna.



Figur 12: Ljudfil inskannad i Audacity för test 1 för OCS-150

Grafen i figur 13 producerades med hjälp av programmet SE324. Den visar värdet på ljudnivåerna för respektive test under mätperioden 11 sekunder, varje punkt i x-led motsvarar medelvärdet under en period på 11 sekunder. Y-axeln anger den A-vägda ljudtrycksnivån i decibel. Grafen i sig visar en mer diffus illustration på de höga och låga ljudnivåerna av samma mätning som i figur 12. Eftersom varje punkt i x-led motsvarar medelvärdet under en period på 11 sekunder var det svårt att identifiera impulsiva signifikanta faktorer.



Figur 13: Graf från SE324 för test 1 för OCS-150

## 4.2 Deklarationer

Tabell 1 och 2 nedan innehåller deklARATIONERNA och visar hur OCS-150 respektive OCS-500 uppfyller angivna krav enligt standarden SS-EN 619. Varaktigheten för de totalt 5 cyklarna avlästes till 6 minuter och 55 sekunder, respektive 6 minuter och 2 sekunder.

De kraven som inte uppfylls enligt deklARATIONEN nämns under noteringar, som vidare förklaras under analysering av resultat.

Tabell 1: Deklaration för OCS-150

<b>Overhead Conveyor System, OCS-150</b>	
Kapacitet: 150 kg. Hastighet: 20 m/min (maximal hantering på 80 m/min). Höjd: 2,5 meter. Transportsenhet: Produktbärare med hanterbar vikt upp till 150 kg, samt funktion för justerbar arbetshöjd och rotation under bruk. In- och utmatning av conveyor (anslutande conveyor): Ej existerande. Arbetscykel: 5 cyklar med total varaktighet på 6 min. och 55 s. En cykel motsvarar 24 meter. Mät punkt: 1,62 meter vertikalt från marken och 1 meter horisontellt distanserat från systemet. Mätsekvens: Enligt E 4.2 från SS-EN 619:2022	
<b>Deklarerade Ljudemissionsvärden (dB(A)) med inkluderad mätosäkerhet</b> Enligt EN-ISO-11201:2010	
<b>A-vägda ljudtrycksnivån, L<sub>Pa</sub></b>	57,3 dB genomsnittlig A-vägd ljudtrycksnivå av fem tester
<b>Mätosäkerhet, K<sub>Pa</sub></b>	±3,2 dB
<b>Grad</b>	2, Engineering Precision
<b>Noteringar</b>	Det som inte uppfyller kraven för deklARATIONEN är följande: <ul style="list-style-type: none"><li>• Mätinstrument: Klass 1 är kravet, Klass 2 har använts.</li><li>• Hastighet: 20 m/min istället för 80 m/min</li></ul>

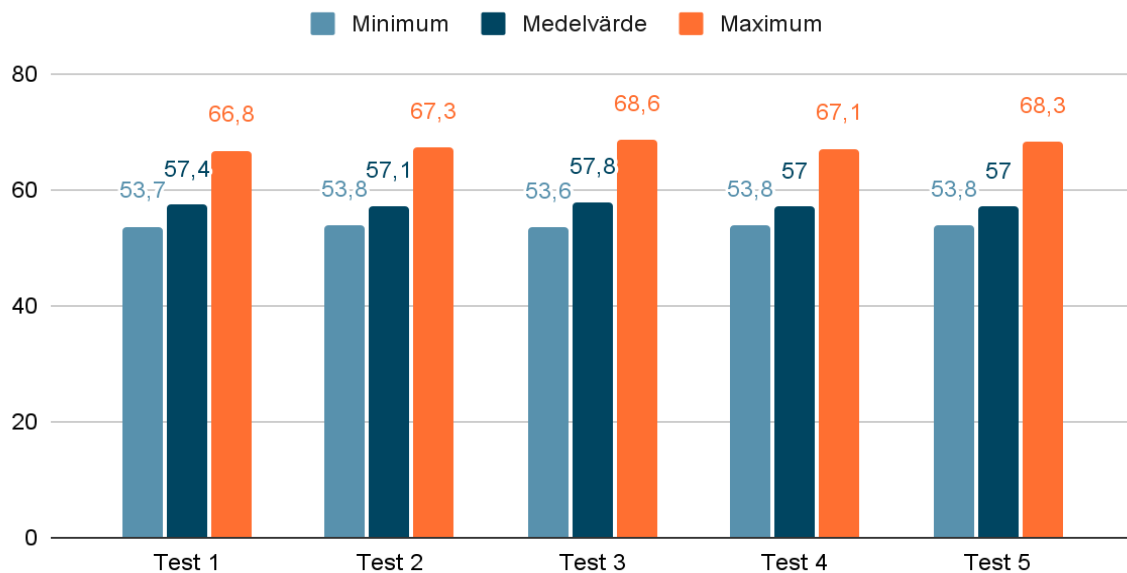
Tabell 2: Deklaration för OCS-500

<p><b>Overhead Conveyor System, OCS-500</b></p> <p>Kapacitet: 500 kg.  Hastighet: 20 m/min (maximal hantering på 30 m/min, se <i>Noteringar</i>).  Höjd: 3,1 meter.  Transportsenhet: Produktbärare med hanterbar vikt upp till 500 kg, samt funktion för justerbar arbetshöjd och rotation under bruk.  In- och utmatning av conveyor (anslutande conveyor): Ej existerande.  Arbetscykel: 5 cyklar med total varaktighet på 6 min. och 2 s. En cykel motsvarar 27,5 meter.  Mät punkt: 1,62 meter vertikalt från marken och 1 meter horisontellt distanserat från systemet.  Mätsekvens: Enligt E 4.2 från SS-EN 619:2022</p>	
<p><b>Deklarerade Ljudemissionsvärden (dB(A)) med inkluderad mätosäkerhet</b>  Enligt EN-ISO-11201</p>	
<b>A-vägda ljudtrycksnivån, LPa</b>	62,5 dB genomsnittlig A-vägd ljudtrycksnivå av fem tester
<b>Mätosäkerhet, KPa</b>	±3,2 dB
<b>Grad</b>	2, Engineering Precision
<b>Noteringar:</b>	<p>Det som inte uppfyller kraven för deklARATIONEN är följande:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mätinstrument: Klass 1 är kravet, Klass 2 har använts.</li> <li>• Hastighet: 20 m/min istället för 30 m/min</li> </ul>

### 4.3 Diagram

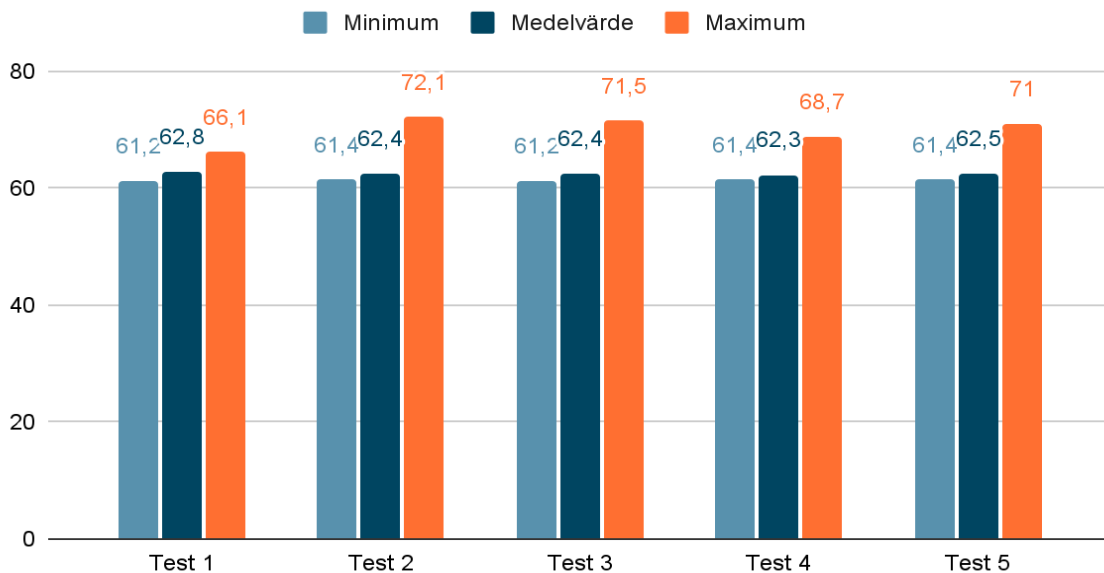
Följande stapeldiagram är sammansatt med data från de fem testerna som utfördes för vardera system. Där tolkas respektive minimum-, medel- och maximumvärden uppmätta för varje system ur programmet SE324, som sedan överförs till Excel för att lättare skapa en bättre syn på hur de olika testerna resulterade i jämförelse till varandra.

#### OCS-150



Figur 14: Stapeldiagram för totalt 5 tester för OCS-150

#### OCS-500



Figur 15: Stapeldiagram för totalt 5 tester för OCS-500

Från de totalt 5 utförda testerna för båda systemen resulterade följande värden för respektive minimum-, medel- och maximumvärden.

*Tabell 3: Extremvärden för OCS-150*

<b>Extremvärden för OCS-150</b>		
<b>Minimum</b>	<b>(Högsta) Medelvärde</b>	<b>Maximum</b>
Test 3	Test 3	Test 3
53,6 dB	57,8 dB	68,6 dB

*Tabell 4: Standardavvikelser OCS-150*

<b>Standardavvikelse OCS-150</b>		
<b>Minimum</b>	<b>Medelvärde</b>	<b>Maximum</b>
0,09	0,34	0,79

*Tabell 5: Extremvärden för OCS-500*

<b>Extremvärden för OCS-500</b>		
<b>Minimum</b>	<b>(Högsta) Medelvärde</b>	<b>Maximum</b>
Test 1 & 3	Test 1	Test 2
61,2 dB	62,8 dB	72,1 dB

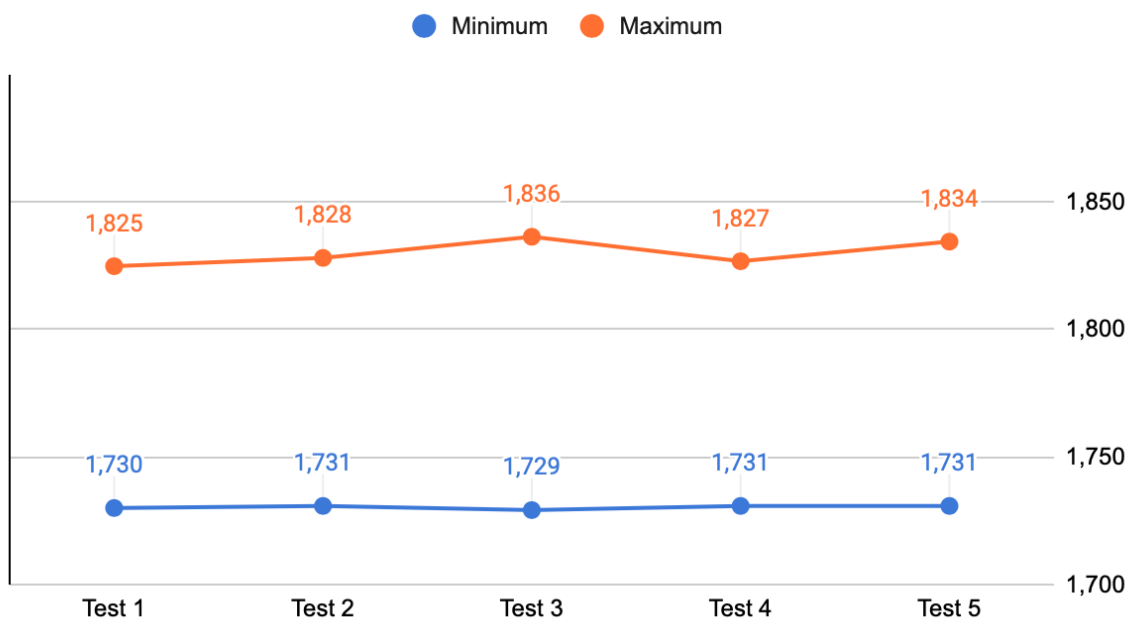
*Tabell 6: Standardavvikelser OCS-500*

<b>Standardavvikelse OCS-500</b>		
<b>Minimum</b>	<b>Medelvärde</b>	<b>Maximum</b>
0,11	0,19	2,47

Vidare logaritmerades minimum- och maximumvärden för varje system för att tolka hur de olika punkterna skiljer sig från varandra. Eftersom ljudtrycksnivåerna från de olika testerna inte skiljde sig särskilt mycket från varandra blev skillnaden svår att tyda i figur 14 och 15. Skillnaden illustreras tydligare i figur 16 och 17 genom de logaritmerade värdena.

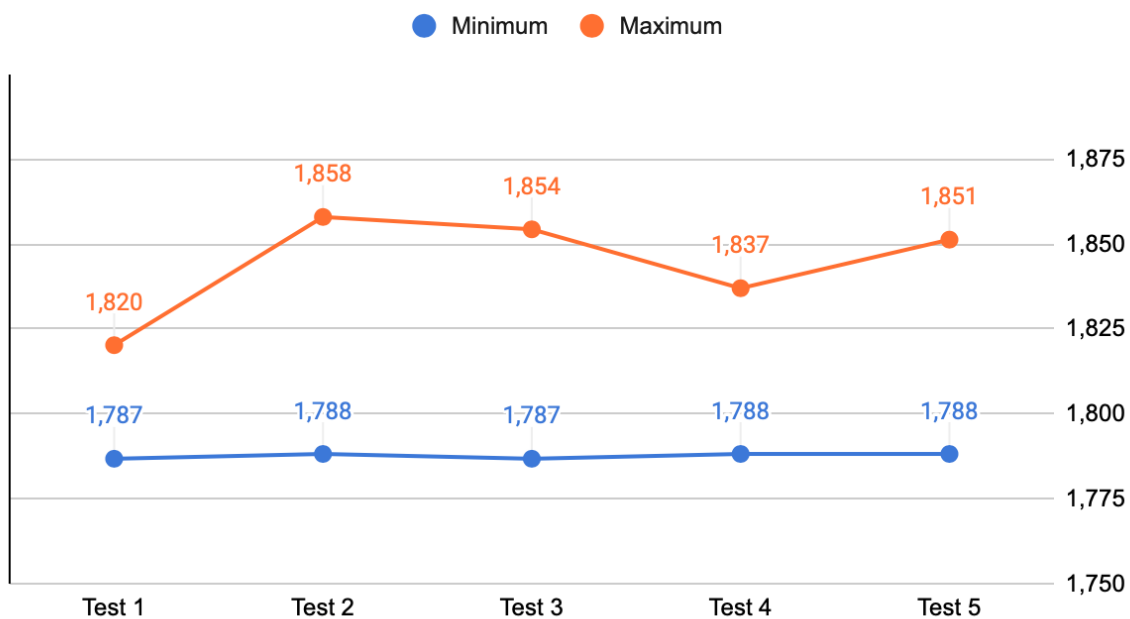
I följande linjediagram går det att tyda hur minimumvärdena för både OCS-150 och OCS-500 håller ett relativt stabilt värde i förhållande till varandra. Det som skiljer sig främst för båda systemen är maximumvärdena. Orsaken för dessa större värdeskillnader beror på påverkande faktorer som skapar plötslig ljudökning, såsom när produktbäraren passerar kurvor. Standardavvikelsen för OCS-150 blev 0,0009 (minimum) och 0,023 (maximum). För OCS-500 blev standardavvikelsen 0,0000007 (minimum) och 0,02 (maximum).

### Logaritmerade Minimum- och Maximumvärden för OCS-150



Figur 16: Linjediagram för OCS-150 med minimum- och maximumvärden

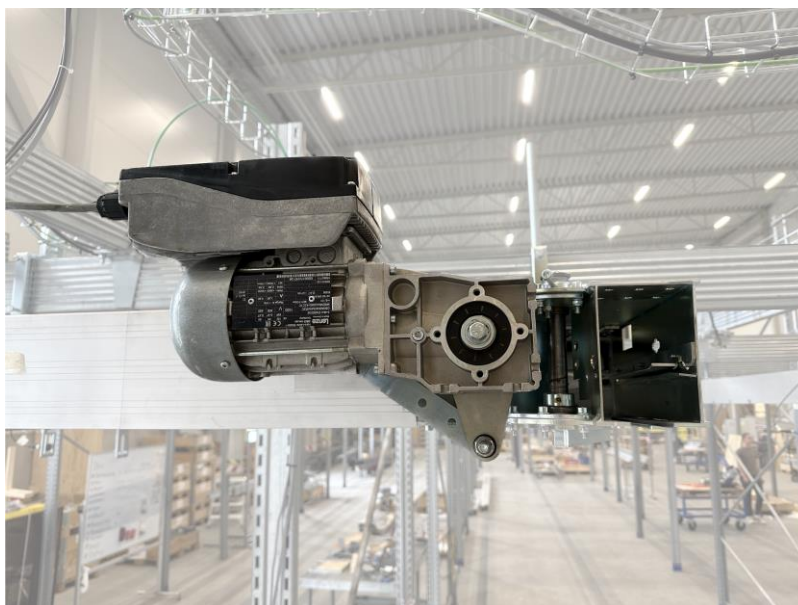
## Logaritmerade Minimum- och Maximumvärden för OCS-500



Figur 17: Linjediagram för OCS-500 med minimum- och maximumvärden

### 4.4 Identifierade faktorer med kraftig påverkan

För mätningarna på båda systemen hade motorerna, illustreras i figur 18, en stor påverkan på den genomsnittliga ljudtrycksnivån. En typisk snäckväxelmotor för systemen illustreras i figur 18 nedan. När produktbäraren passerade kurvor ökade ljudtrycksnivån på båda systemen, se figur 19 och 20. Utformningen och belastningen på produktbäraren för OCS-500 ledde till att den började svaja efter att den passerat kurvor. Detta ledde i sin tur till att vagnen som drev produktbäraren orsakade ett metalliskt klickande ljud.



Figur 18: Snäckväxelmotor för båda system



*Figur 19: Kurva för OCS-150. Orsakande faktor för ökad ljudemission*



*Figur 20: Kurva för OCS-500. Orsakande faktor för ökad ljudemission*

## 5. ANALYS

### 5.1 Hastighet

Ett av kraven som inte uppfylldes helt gällde drift av systemen vid test. En hastighet av 20 m/min användes för både OCS-150 och OCS-500. Systemen kan drivas med en högre hastighet, 80m/min för OCS-150 och 30m/min för OCS-500 men dessa hastigheter var inte praktiskt tillämpbara. Avvikelsen berodde på att testbanorna hos OCS testlokal är designade och konstruerade för att drivas med en hastighet på upp till 20m/min, som är en representativ maxhastighet under produktion hos kunder. Detta kan därmed ha påverkat resultatet då inställningen inte uppfyller kravets beskrivningar. Att istället ha utfört testerna med maximal hastighet kalibrerat kan därmed leda till ytterligare identifieringar av komponenter eller faktorer som orsakar ökad ljudemission.

### 5.2 Mätinstrument

Det andra kravet som ej uppfylldes gällde mätinstrumentet. Mätinstrumentet som användes höll endast klass 2 enligt IEC 61672-1. Denna avvikelse skedde på grund av tillgängligheten av ljudmätare. Detta kan ha en påverkan på resultaten eftersom ljudmätaren som användes under testen mätte ljud med frekvenser mellan 20 Hz - 8000 Hz medan en mätare av klass 1 hade mätt ljud mellan frekvenserna 20 Hz och 16000 Hz. Enligt Johansson, B. (2005) orsakar däremot ljud som uppstår vid en högre frekvens en lägre ljudtrycksnivå i dB. Utan att kunna jämföra resultaten med mätningar som genomförts av en ljudmätare som uppnår klass 1 är det svårt att bedöma hur stor påverkan detta hade på mätningarna. Det verkar dock rimligt att ljudnivån fortfarande skulle understiga 80 dB, vilket var gränsen för deklARATIONEN. Hade mätvärdena överstigit 80 dB hade ytterligare mätningar behövt genomföras med fler mätpositioner runt systemet.

### 5.3 Mätpositioner

Valet av mätposition för testerna hade stor påverkan på resultaten. Det fanns områden vid systemen där ljudnivån var något högre men det var inte praktiskt möjligt att utföra mätningarna på dessa positioner. Det användes dessutom endast en produktbärare under testerna vilket innebar att ljudtrycksnivån var lägre när produktbäraren var längre bort från ljudmätaren. Mätpositionerna valdes dels utefter kraven från SS-EN 619 men även baserat på material gällande lämpliga positioner för en referensyta av Sujatha, C. (2023) och bör representera conveyorsystemen väl. Systemen i testhallen var även monterade på en lägre höjd än 4,8 meter vilket ledde till en högre ljudtrycksnivå under mätningarna.

Vid mätningarna på OCS-150 var en motor placerad på utsidan av systemet, mot ljudmätaren. Detta verkar däremot inte ha påverkat mätresultaten i någon större utsträckning eftersom den genomsnittliga ljudtrycksnivån från OCS-500 var högre. En förklaring kan vara att motorerna på OCS-150 var byggda för högre hastigheter än de på OCS-500 och därmed utnyttjades dem inte i lika hög grad.

## 5.4 Tolkning av data

Variationen mellan de olika mätningarna var liten vilket ökar tillförlitligheten av resultaten. Det var något högre variation av de uppmätta ljudtrycksnivåerna för OCS-150 än OCS-500. En förklaring till detta kan vara att motorerna på OCS-500 orsakade en högre ljudtrycksnivå än de på OCS-150, vilket jämnade ut skillnaderna i ljudemission från systemet.

En annan viktig faktor för mätresultaten var mätperioden. Enligt SS-EN-ISO 11201 skulle mätperioden vara minst 10 sekunder, men eftersom testsystemen endast drev en produktbärare minskade den uppmätta ljudtrycksnivån från testerna betydligt. Hade mätperioden ökat hade resultaten blivit ännu lägre. Mätperioden valdes utefter vad som ansågs vara en rimlig tidsperiod - längre än 10 sekunder, som dessutom representerade systemets karaktär gällande ljudemission.

## 5.5 Hälsopåverkan

Det finns många studier som bevisar hur excessiv ljudemission påverkar människans hälsa och välbefinnande. Att utsättas för buller och högre ljudnivåer skadar den fysiska och psykiska hälsan, därför är det viktigt att säkerställa att en arbetsmiljö, i detta fall runtom OCS conveyorsystem håller en bra och måttlig ljudnivå för att inte orsaka skador för arbetande.

Från de utförda tester för systemet OCS-500 nåddes en maximal ljudnivå på 72,1 dB. Hade mätningar med fler produktbärare utförts hade medelvärdet troligtvis hamnat runt detta värde i stället. Som en kortvarig ljudnivå anses detta inte vara skadligt. Enligt Hong et al. (2013) kan hörselskador uppstå när ljudtrycksnivån överstiger 85 dB och alla insamlade mätvärden ligger långt under detta värde. Att däremot utsättas för ljudemissionen från systemen dagligen, under längre perioder kan eventuellt påverka hörseln och hälsan, detta kan däremot inte tas ställning till utifrån resultaten.

Högre ljudnivåer på en arbetsmiljö kan även leda till misskommunikation och sämre prestanda mellan kollegor, vilket i sin tur kan leda till risker under arbetsgång. Att döma av resultaten kan OCS conveyorsystem eventuellt orsaka vissa kommunikationssvårigheter på en arbetsplats då skillnaden mellan en samtalsröst och ljudemissionen är relativt liten. Som nämnt av faktabladet *Omgivningsbuller och hälsa* (Centrum för arbets- och miljömedicin Stockholm & Arbets- och miljömedicin Göteborg 2010) krävs det en skillnad mellan 0-5 dB mellan bakgrundsljudet och talet för att det ska uppfattas någorlunda bra.

## 5.6 Felfaktorer

Kraven från standarderna som testerna är baserade på är relativt flexibla. Eftersom standarderna är skrivna för alla transportsystem av mekanisk karaktär var vissa krav svåra att applicera på just OCS system. Det fanns även flera olika sätt att uppnå vissa krav på och hade en annan metod valts hade detta troligtvis drastiskt påverkat resultaten.

Om ett identiskt test hade utförts i en annan lokal, hade resultaten blivit annorlunda. Deklarationen och undersökningen av ljudtrycksnivån är specifik för just testsystemen. Resultaten kan däremot ge en bra indikation av ljudemissionen från OCS system eftersom syftet med tester baserade på SS-EN-ISO 11201 är att minska effekten av externa variabler och endast fokusera på källan.

Det fanns även begränsningar i form av programvaran. Datan kunde främst analyseras i SE324, vilket begränsade möjligheterna för analys. Eftersom punkterna i graferna från programmet i figur 13 endast visade genomsnittliga värden för mätperioder på 11 sekunder kan dessa grafer vara missvisande. Plötsliga, kortvarande ljudemissioner som uppstod påverkade inte nödvändigtvis medelvärdet i någon större utsträckning.

## 6. DISKUSSION

### 6.1 Mätningarna

Variationen mellan mätningarna blev låg vilket tyder på att mätmetoden representerade systemens karakteristiska ljudemission väl. Data från mätningarna var enkel att analysera för att skapa deklARATIONEN och identifiera faktorer med större påverkan. Det var däremot svårt att tolka plötsligare variationer i ljudtrycksnivån, för detta hade en annan mätmetod lämpat sig bättre. Två av kraven kunde inte helt tillgodoses under mätningarna, mätinstrumentationen och driften av conveyorbanan under testerna.

För driften av conveyorbanan klarar systemen en högre hastighet än den som användes under testerna men eftersom testbanorna var utformade för en hastighet av 20 m/min var det inte lämpligt att använda en högre hastighet. Om hastigheten för OCS-150 hade varit maximal uppstår helt andra krav gällande säkerheten och det hade inte funnits några arbetsstationer vid conveyorbanan. Det hade gått att använda den maximala hastigheten för OCS-500 men motorerna på systemet klarade endast en hastighet av 20 m/min, därför var det praktiskt omöjligt att uppfylla kravet. Eftersom systemet var designat för hastigheten som användes under testerna ger dock mätresultaten en god uppskattning av den karakteristiska ljudemissionen. Hade deklARATIONEN baserats på SS-EN-ISO 11201 hade hastigheten varit godkänd för testerna eftersom det finns olika krav från de olika standarderna. SS-EN-ISO 11201 hanterar mätningar av en representativ karaktär såsom normala driftförhållanden medan SS-EN 619 kräver sämst möjliga förutsättningar för deklARATIONEN. Även om kravet inte uppfylldes anses resultatet ge en bra uppskattning av ljudemissionen från systemen som kunder kan förvänta sig.

Mätinstrumentationen som användes för mätningarna höll endast klass 2, vilket inte är godkänt för deklARATIONEN. På grund av kostnaderna för en ljudmätare av klass 1 var det inte möjligt att uppnå detta kravet för projektet. Validiteten av resultaten bör däremot inte påverkas eftersom en mätare av klass 2 fortfarande är ett precisionsinstrument som är lämpligt för ljudmätningar av industriella maskiner. För deklARATIONEN hade det varit intressant att utföra samma mätningar med instrumentation som uppfyller kraven från SS-EN-ISO 11201 för att analysera skillnaden i mätresultaten.

En annan faktor som påverkade ljudemissionen under testerna var mätpositionerna. Positionerna valdes för att representera systemens karakteristiska ljudemission på ett så rättvist sätt som möjligt. Det fanns potentiella positioner där ljudemissionen hade blivit högre men dessa var ej praktiskt tillämpbara då mätningarna hade behövt genomföras på insidan av banan och det fanns inte tillräckligt med plats för att montera mätinstrumentet. För deklARATIONEN uppfyller dock de valda mätpositionerna alla kraven och ansågs vara de mest lämpliga positionerna.

## 6.2 Resultat

Data som samlades in gav en god grund för att illustrera ljudemissionen och skapa deklARATIONEN. Även om alla kraven för deklARATIONEN inte uppfylldes ger resultaten en approximativ bild av ljudemissionen från OCS conveyorsystem. Det bör däremot poängteras att om en liknande undersökning utförs i en annan lokal eller på ett annat av OCS conveyorsystem så lär resultaten skilja sig. Det finns många faktorer som påverkar den uppmätta ljudtrycksnivån och det är svårt att ta bort all extern påverkan. DeklARATIONEN bör betraktas med försiktighet då den inte nödvändigtvis ger en helhetsbild av ljudemissionen från systemen.

Båda systemen hos OCS testlokal är avsedda för tester och utsätts för påfrestningar som inte nödvändigtvis sker i produktion hos kunder. Detta innebär att systemen har en annan mängd förslitningar och utsättningar. Gällande påverkande faktor och resultat kan detta ha haft en inverkan då systemen där testerna utfördes kan ha utsatts för extra mycket belastning, vilket i sin tur kan anses som en potentiell felkälla.

En framtida deklARATION som följer samma metodik för ett annat conveyorsystem från OCS hade gett grund för bättre validitet av resultaten. Utan tillgång till andra undersökningar att jämföra resultaten med är det svårt att dra några större slutsatser.

## 6.3 Praktisk tillämpning av resultat

Det som kunde identifieras var faktorer som hade en större påverkan på ljudemissionen. Med hjälp av testmetodik som användes var det relativt komplicerat att analysera data för att upptäcka plötsliga ökningarna i ljudtrycksnivån. Det mest lämpliga programmet var Audacity, i kombination med videoinspelningar från mätningarna. Några orsakande faktorer identifierades dock och för att minska den A-vägda ljudtrycksnivån från OCS conveyorsystem kan dessa faktorer utge en grund till förbättringsarbete.

DeklARATIONEN uppfyllde inte alla kraven men den ger fortfarande en indikation på den genomsnittliga ljudemissionen från systemen. All nödvändig information presenterades i deklARATIONEN och det är tydligt vilka krav som ej uppfylldes. Genom att använda samma metodik kan en framtida undersökning genomföras med en mätare av klass 1 och med andra hastigheter för att uppfylla alla kraven för deklARATIONEN.

## 6.4 Reflektion kring arbete utifrån standarder

Både SS-EN 619 och SS-EN-ISO 11201 utgjorde grunden för projektet. Det fanns många krav som behövde uppfyllas för mätningarna och alla krav förutom 2 uppnåddes. Det största hindret för projektet var att förstå vissa av kraven. Det var oftast väldigt detaljerat men ibland var informationen otydlig. DeklARATIONEN baserades på EN-619 som vidare hänvisade till EN-ISO 11201. Det uppstod därmed vissa fall där det var svårt att veta vilket det faktiska kravet var, eftersom standarderna ibland innehöll olika information för hur kraven borde uppnås. Eftersom deklARATIONEN utgjorde en stor del av resultatet från undersökningarna valdes därmed kraven från EN-619. Ifall undersökningen endast hade baserats på EN-ISO 11201 hade flera av kraven hanterats annorlunda, vilket troligtvis lett till andra resultat.

Relevansen av kraven från standarderna varierade även, eftersom dessa är skapade för alla industrier som arbetar med mekanisk hantering av enhetslaster. Då OCS har en egen patenterad teknik som ofta skiljer sig från andra conveyorsystem uppstod ibland oklarheter kring hur vissa krav skulle uppfyllas. Eftersom conveyorsystemen OCS erbjuder dessutom är modulerbara kan det vara svårt att tolka resultaten från mätningarna efter standarderna. Testerna kunde genomförts med en annorlunda struktur, med fler produktbärare eller längre banor med andra komponenter och ändå uppfyllt samma krav. Resultaten hade däremot blivit annorlunda. Deklarationen gav endast en uppskattning av en approximativ A-vägd ljudtrycksnivå under de specifika förhållandena som gällde under testerna.

Även om standarderna innehåller strikta krav så finns det rum för tolkning. För att någon ska förstå innebörden av resultaten från denna undersökningen krävs därför en redogörelse kring den exakta metoden för testerna. Testmetoden i sig blev relativt simpel men det lades mycket tid på att undersöka hur kraven skulle uppfyllas.

Ett annat problem med standarderna var att de hänvisade till ytterligare standarder som var dyra att införskaffa. För de områden där det hänvisades till en annan standard användes istället andra källor för att komplettera informationen. Detta kan orsaka problem då den uppsökta informationen inte nödvändigtvis stämmer helt överens med standardens krav.

## 7. SLUTSATS

Projektet gav information gällande den A-vägda ljudtrycksnivån som OCS-150 och OCS-500 producerar. Alla kraven för deklARATIONEN uppfylldes inte men resultaten ger ändå en verklighetstrogen bild av ljudemissionen från conveyorsystemen. Metodiken som presenterats kan användas för framtida undersökningar gällande ljudemission och med några få förändringar även uppfylla alla krav från SS-EN 619.

Ett antal faktorer som hade en större påverkan på ljudemissionen identifierades och dessa kan utgöra en grund för förbättringsarbete gällande ljudemission. Det var främst motorerna och kurvor i banorna som orsakade högre ljudtrycksnivåer. Ett önskemål var att även diskutera förbättringsåtgärder för att minska den A-vägda ljudtrycksnivån men då förberedelserna och undersökningen tog längre tid än väntat fanns det inte tid.

Standarderna som användes i undersökningen har analyserats noga och rapporten kan ge en ökad förståelse kring arbete utifrån standarder. Det var stundtals svårt att tolka vissa delar i standarderna och den stora mängden krav ledde till en komplicerad testplanering. Däremot var en fördel med standarderna att kraven var skapade så att extern ljudemission förminskades i så hög grad som möjligt och systemet låg i fokus.

Enligt resultaten orsakar systemen inga skadliga ljudnivåer för en människa. Medelvärden för ljudtrycksnivåerna ligger på en nivå som kan jämföras med dagligt tal, dock gäller dessa värden för system med endast en produktbärare. Ljudemissionen kommer vara högre i ett system med fler produktbärare. Oavsett kan OCS conveyorsystem ge upphov till en god arbetsmiljö inom industrin.

## 8. REFERENSLISTA

Centrum för arbets- och miljömedicin Stockholm & Arbets- och miljömedicin Göteborg (2010). *Omgivningsbuller och hälsa* [faktablad]. [https://www.amm.se/wp-content/uploads/2020/12/Faktablad\\_BULLER\\_Goteborg\\_201029.pdf](https://www.amm.se/wp-content/uploads/2020/12/Faktablad_BULLER_Goteborg_201029.pdf)

Chung, K. (2023) Calibration matters: I. Sound level meter basics. *Journal of communication disorders*. [Online] 101106300–106300.

Cucurachi, S. & Heijungs, R. (2013). Characterisation factors for life cycle impact assessment of sound emissions. *Results: characterisation factors and sensitivity analysis*, ss. 284-290. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.07.080

Danielsson, S. (2010) *Viaredsboken. Från Jordbruksmark till Företagspark*.

Engineering Toolbox (u.å.). *Leq- Equivalent Level*. [https://www.engineeringtoolbox.com/equivalent-sound-level-d\\_721.html](https://www.engineeringtoolbox.com/equivalent-sound-level-d_721.html) [2023-05-11]

Hong, O., Kerr, M. J., Poling, G. L. & Dhar, S. (2013) Understanding and preventing noise-induced hearing loss. *Prevention of NIHL: Hearing conversation program*. s.115 doi: 10.1016/j.disamonth.2013.01.002

Johansson, B. (2005). *Buller och bullerbekämpning*. 4 uppl.

Nationalencyklopedin (u.å.). Hörnivå. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2023-03-06]

OCS Overhead Conveyor System AB (2022). <https://www.ocs.se/> [2023-04-20]

Samaran, Fred (2010). *Behov och möjligheter med ökad användning av internationella standarder i tillverkningsindustrin*. Kandidatuppsats. Uppsala universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:229468/FULLTEXT01.pdf>

Self, D. & Sinclair, I. R. (2008) *Audio engineering know it all*. 1st edition. Boston: Elsevier.

SS-EN-ISO 11201:2010. Akustik – Buller från maskiner och utrustning – Mätning av emissionsljudtrycksnivå vid operatörsplats eller annan specifik plats i ett i huvudsak fritt fält över ett reflekterande plan och med försumbara omgivningskorrektioner. Svenska institutet för standarder (SIS)

SS-EN 619:2022. Continuous handling equipment and systems - Safety requirements for equipment for mechanical handling of unit loads. Svenska institutet för standarder (SIS).

Sujatha, C. (2023) ‘Experiments in Acoustics’, in *Vibration, Acoustics and Strain Measurement*. [Online]. Switzerland: Springer International Publishing AG. p.

Svenska institutet för standarder (2023). *Vad är en standard?*. <https://www.sis.se/standarder/vad-ar-en-standard/> [2023-04-17]

Sveriges tekniska forskningsinstitut (2003). *Bestämning av emissionsljudtrycksnivå vid operatörplats*. (Rapport P304437).



HÖGSKOLAN  
I BORÅS

Besöksadress: Allégatan 1 · Postadress: 501 90 Borås · Tfn: 033-435 40 00 · E-post: [registrator@hb.se](mailto:registrator@hb.se) · Webb: [www.hb.se](http://www.hb.se)

