

Digital transformation av byggplatser:  
**Ökad säkerhet och produktivitet**

# Systematisk övervakning och effektiva larmfunktioner för damm- och ljudnivåer på byggplatser

AHMET ANIL SEZER, LIU  
BIRGITTA BERGLUND, NCC  
MARTIN RUDBERG, LIU

**li.u** LINKÖPINGS  
UNIVERSITET

**L**  
LULEÅ  
TEKNISKA  
UNIVERSITET

←  
**SMART BUILT  
ENVIRONMENT**  
UPPKOPPLAD BYGGPLATS →



# Systematisk övervakning och effektiva larmfunktioner för damm- och ljudnivåer på byggplatser

Ahmet Anil Sezer<sup>2</sup>, Birgitta Berglund<sup>1</sup> och Martin Rudberg<sup>2</sup>

1) NCC 2) Linköpings universitet

Byggbranschen anses vara en av de mest riskfyllda branscherna i Sverige. Utöver akuta skador och dödsfall som kan inträffa, påverkas även byggnadsarbetares hälsa för exponering av för höga nivåer av kvartsdamm och buller under arbetstiden. I detta testprojekt har NCC, Brinja och Scharc, tillsammans med Linköpings universitet, samarbetat med målet att minska hälsoriskerna för byggnadsarbetarna genom att övervaka, visualisera och agera på damm- och bullernivåer. Brinjas avancerade sensorer används för att kontinuerligt övervaka damm- och bullernivåerna, och en app för mobila enheter används för att visualisera den insamlade datan. Appen och den visuella representationen av data väckte intresse hos yrkesarbetarna och ökade deras medvetenhet om riskerna med höga damm- och bullernivåer. Även om resultaten av testerna var övervägande positiva behövs ytterligare utveckling och förbättring användarvänligheten av appen.

Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

**FORMAS** 

Strategiska  
innovations-  
program

# 1 Utmaningen

## 1.1 Bakgrund, syfte och behov

Byggbranschen räknas som en av de mest riskfyllda industrierna i Sverige. Förutom alvarliga skador och en hög dödlighet, kan långvarigt arbete på byggarbetsplatser negativt påverka yrkesarbetarnas hälsa och välbefinnande. Konstant exponering för höga nivåer av kvartsdamm, buller och vibrationer, samt frekventa tunga lyft, försämrar byggnadsarbetares hälsotillstånd. Luftvägssjukdomar, muskuloskeletala besvär, hörselnedsättning orsakad av buller och tinnitus är vanliga hälsoproblem hos byggnadsarbetare i Europa och globalt.

Exponeringen för damm<sup>1</sup> och buller är särskilt utbredd vid byggproduktion, men skadorna kopplade till för höga nivåer kan minskas med hjälp av ökad kontroll av faktiska damm- och bullernivåer, samt genom att uppmuntra arbetare att använda skyddsutrustning när nivåerna blir för höga. På typiska byggarbetsplatser är personalen ofta omedveten om de exakta nivåerna av damm och buller som de utsätts för. Höga nivåer blir vanligtvis märkbara först när de redan har varit skadliga under en tid. En tidig varning kan därför förhindra att problemet eskalerar, eller möjliggöra för personalen att undvika vissa områden på byggarbetsplatsen med höga nivåer. När dammnivåerna blir alltför höga kan de hanteras genom städning på arbetsplatsen.

Höga ljudnivåer orsakas oftast av arbetet som utförs på plats. Användning av hörselskydd är ett sätt att skydda sig, men frågan kvarstår om detta görs vid de nivåer som överskrider de gränser som satts av Arbetsmiljöverket, eller om man väntar tills ljudet blir outhärdligt. Det är troligt att skyddsåtgärder ofta vidtas för sent.

Därför var syftet med detta testprojekt att övervaka damm- och ljudnivåer och att utveckla ett varningssystem för platsledning och yrkesarbetare, för att därigenom minska riskerna att utsätta sig för hälsofarlig miljö och att öka yrkesarbetarnas välbefinnande.

## 1.2 Testprojektet

NCC:s projektledare för testbäddsprojektet har spelat en aktiv roll i att välja ut tester, tekniker och lämplig byggarbetsplats för genomförandet. Generellt sett identifierar NCC byggprojekt som är öppna för att delta i testprojektet, samt söker partnerskap med aktörer som är intresserade av att utveckla system och teknologier i samverkan med NCC. Sensorerna och appen som användes i testerna tillhandahölls av Brinja,

---

<sup>1</sup> När ordet "damm" används i rapporten avses främst kvartsdam.

medan den digitala modellen (BuildingCloud) som användes i projektet levererades av Scharc. Som akademisk part deltog forskare från Linköpings universitet.

I detta test användes flera digitala tekniker, däribland sensorer för att övervaka damm- och ljudnivåer. Dessa sensorer integrerades med en digital plattform, BuildingCloud, där de placerades i en digital modell av byggnaden. Dessutom användes den app som tillhandhålls av Brinja, som bl.a. kan varna när tröskelvärden överskrids.

## 2 Genomförande

NCC bygger Sigfridsborgsskolans sporthall (se Figur 1) i Älta. Detta är en nybyggnad av en sporthall i anslutning till nya Sigfridsborgsskolan och är ett partneringsprojekt med Nacka kommun som kund. Sigfridsborgsskolans sporthall är dimensionerad för 150 personer vid normal aktivitet och cirka 750 personer vid de tillfällen då sporthallen används som samlingshall. Byggstart var i september 2021 och den färdiga byggnaden överlämnades till kund i december 2022



Figur 1. Sigfridsborgsskolans sporthall

## 3 Resultat från testet

### 3.1 Lösningen

I mars 2022 installerades Brinjas sensorer för att genomföra ett test. Dessa sensorer hade flera funktioner: de mätte inte bara damm- och ljudnivåer utan styrde också belysningen på byggarbetsplatsen. Totalt placerades 20 sensorer ut i olika områden såsom omklädningsrum, korridorer, duschar och en sporthall uppdelad i åtta sektioner. Sensorerna var planerade att digitalt integreras i BuildingCloud, vilket skulle ha gjort det möjligt att se deras placering i modellen. I detta projekt var det dock inte tekniskt möjligt att placera ut sensorerna i modellen förrän mycket sent, vilket innebar att denna funktion inte kunde användas. Trots detta var sensordata tillgänglig i BuildingCloud och Brinjas app. När damm- och ljudnivåerna överskred definierade tröskelvärden skickades en varningsnotis till användarna. Tröskelvärdena sattes till:

- Damm: mer än 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>2</sup>
- Ljud: över 80 dBA<sup>3</sup>

Under mars månad installerades sensorerna och data samlades i loggar, men larmfunktionen var inte aktiverad. I maj 2022 aktiverades larmfunktionen. För att bedöma effekten av varningsfunktionen analyserades loggdata från två veckor under varje period (20 mars till 8 april och 13 till 25 maj), för att jämföra och se eventuella skillnader när varningsfunktionen var i bruk. Dessutom genomfördes intervjuer med platschefen, arbetsledare och yrkesarbetare för att utvärdera nyttan med varningsfunktionen och identifiera eventuella problem samt förslag på förbättringar.:

### 3.2 Effekter och noterade resultat

#### 3.2.1 Analys av nivåer gällande kvartsdamm

En analys av de första två veckornas loggdata för mätning av damm visade att genomsnittsnivån för damm var 12,73  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , med ett minimum på 0,20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  och ett maximum på 298,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Av de 14 områden där sensorer var installerade, registrerade endast sex områden dammnivåer över larmgränsen under denna period.

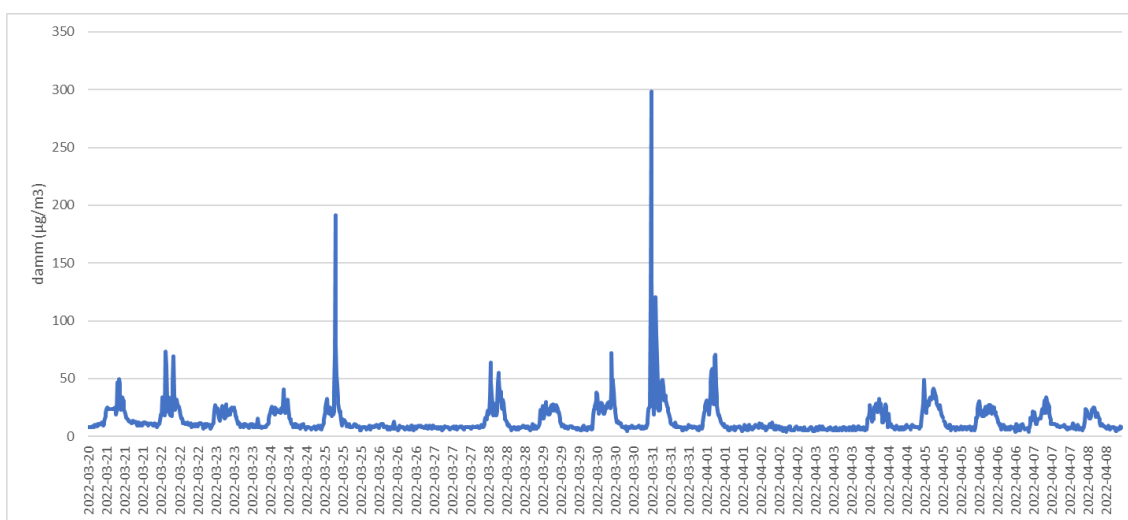
---

<sup>2</sup> Nivågränsvärde för kvartsdamm är 0,1  $\text{mg}/\text{m}^3$  (= 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) enligt AFS 2018:1, Hygieniska gränsvärden - Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden, <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvarden-afs-2018-1.pdf> (2023-03-09)

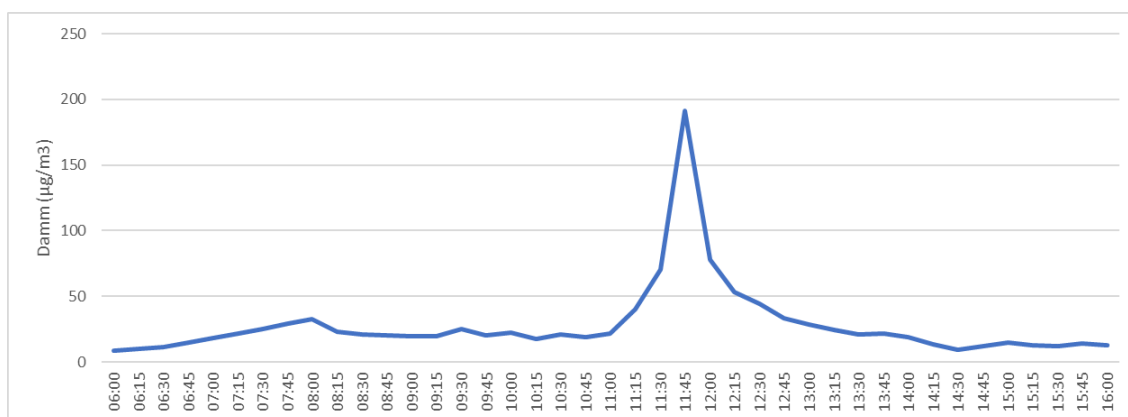
<sup>3</sup> Undre insatsvärde för buller är 80 dB enligt AFS 2005:16, BULLER - Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna, <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/buller-foreskrifter-afs2005-16.pdf> (2023-03-09)

Sammanlagt utlöstes larm från dessa sex sensorer tio gånger. Vid de flesta tillfällen när larmgränsen överskridits tog det endast 15 minuter att sjunka under larmnivån igen, medan det vid ett tillfälle tog 30 minuter och vid ett tillfälle 45 minuter att nå under larmnivån.

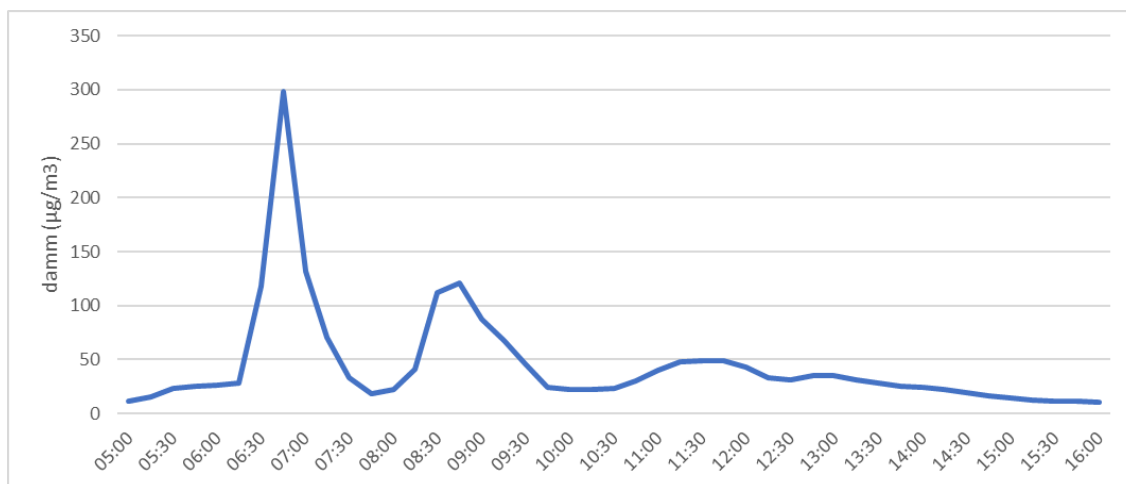
Ett specifikt exempel från det område som hade den högsta dammhalten under perioden presenteras i Figur 1 nedan. Mer detaljerade diagram över tidpunkterna då höga dammhalter uppmättes visas i Figur 2 och Figur 3.



Figur 1: Uppmätta dammnivåer i område "E2" för perioden 20 mars – 8 april.



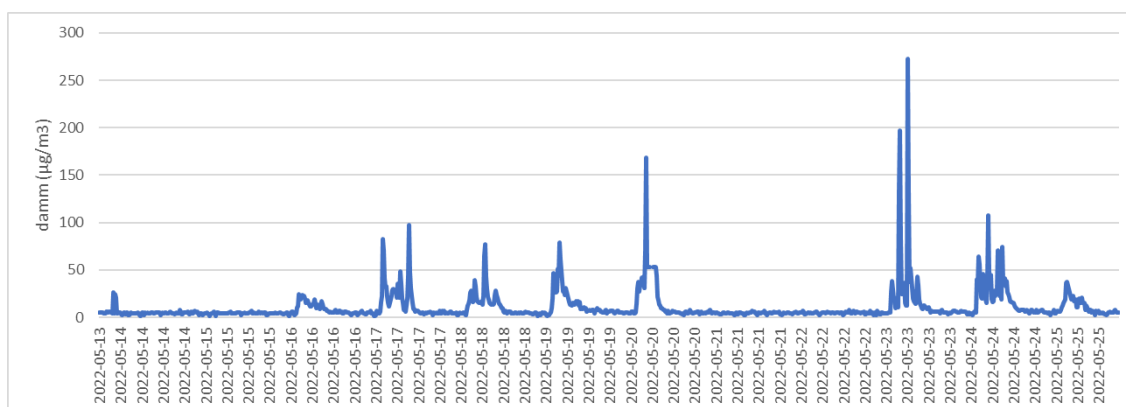
Figur 2: Uppmätta dammnivåer i område "E2" för tiden 06.00 – 16.00 den 25 mars.



Figur 3: Uppmätta dammnivåer i område "E2" för tiden 05.00 – 16.00 den 31 mars.

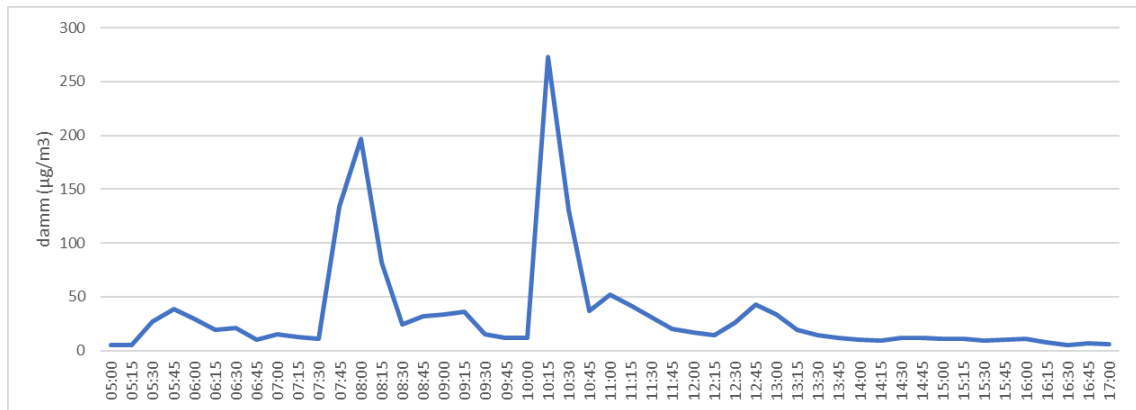
Analysen av loggfilerna från de två veckorna då varningsfunktionen var aktiverad visade att genomsnittsnivån för damm var  $12,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , med ett minimum på  $1,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  och ett maximum på  $273,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Under denna period registrerade endast fem områden dammnivåer över larmgränsen, med totalt sju larmtillfällen. Vid två av dessa tillfällen tog det 30 minuter för dammnivåerna att sjunka under larmgränsen, medan det vid de övriga tillfällena tog 15 minuter.

Ett specifikt exempel från det område som uppvisade den högsta dammhalten under perioden presenteras i Figur 4 nedan. En mer detaljerad graf över tidpunkten för de högsta dammhalterna visas i Figur 5.



Figur 4: Uppmätta dammnivåer i område "rum 1021" för perioden 13-25 maj.





Figur 5: Uppmätta dammnivåer i "rum 1021" för tiden 05.00 – 17.00 den 23 maj.

Som jämförelse registrerades det tio tillfällen då dammnivåerna överskred larmgränsen innan varningsfunktionen implementerades. Den totala tiden då dammvärdena låg över gränsvärden var 150 minuter (med ett genomsnitt på 15 minuter per tillfälle). Efter införandet av varningsfunktionen överskreds larmnivån sju gånger, med en total tid på 105 minuter med dammnivåer över gränsvärdet (även här 15 minuter i genomsnitt per tillfälle). Enligt loggfilernas data verkar varningsfunktionen inte ha haft någon betydande påverkan på beteendet kring nivåerna av kvartsdamm. Detta kan dock bero på att: (i) datan täcker en relativt kort tidsperiod, och (ii) dammnivåerna var relativt låga jämfört med andra projekt, vilket framgick av intervjuerna.

Varningsfunktionens huvudsyften var: (i) att informera platsledningen så att åtgärder för att sänka dammnivåerna kunde vidtas, och (ii) att varna personalen på plats så att de kan skydda sig och/eller undvika områden med höga dammnivåer. Angående det första syftet rapporterade respondenterna under intervjuerna att de, vid upptäckt av höga dammnivåer, undersöker orsaken och vidtar åtgärder som vattning eller städning. När det gäller det andra syftet uppgav yrkesarbetarna att de sällan använder personligt skydd såsom andningsskydd mot damm, men att varningsfunktionen kan bidra till ökad medvetenhet om dammexponeringens varaktighet och när det är nödvändigt att bära masker.

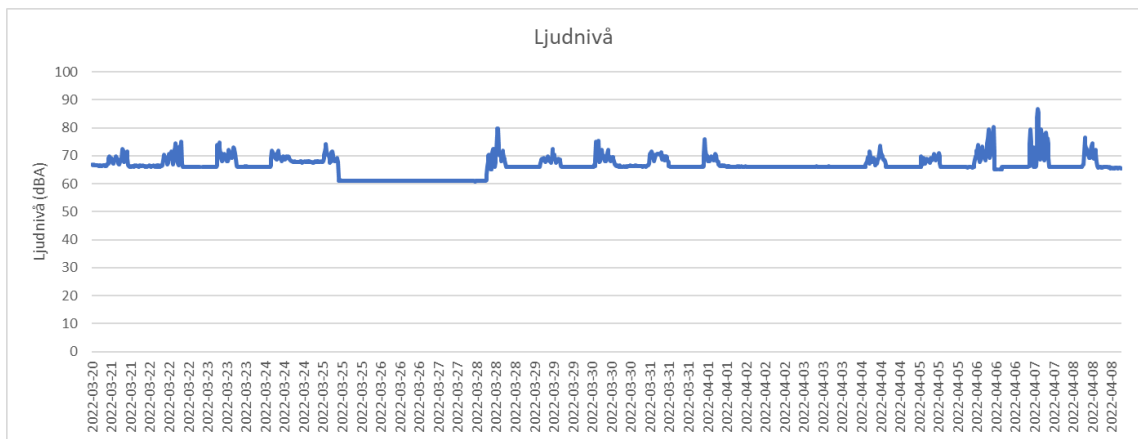
### 3.2.2 Analys gällande ljudnivåer (buller)

Enligt loggdata från den tvåveckorsperiod där ljudnivåer registrerades, men varningsfunktionen inte var aktiverad, låg genomsnittsnivån för ljud på 65,84 dBA (med ett minimum på 37,00 dBA och ett maximum på 86,63 dBA). Under denna period var det åtta av de 13 områdena med sensorer som registrerade ljudnivåer över larmgränsen. Totalt utlöstes dessa sensorer 25 gånger. Vid de flesta tillfällena återgick ljudnivån under gränsvärdet inom 15 minuter, men vid ett tillfälle tog det 30

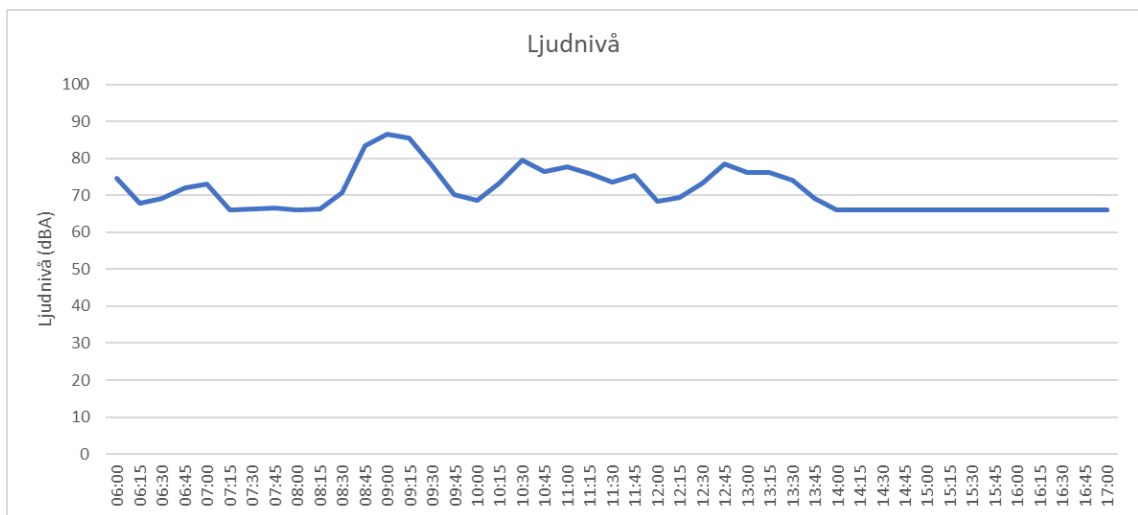


minuter, vid ett annat 45 minuter, och vid två tillfällen tog det 60 minuter innan ljudnivån låg under gränsvärdet igen.

Ett exempel från det område som upplevde de högsta ljudnivåerna under perioden visas i Figur 6 nedan. För en mer detaljerad översikt av perioder med höga ljudnivåer, se Figur 7.



Figur 6: Uppmätta ljudnivåer i område "B1" för perioden 20 mars – 8 april.

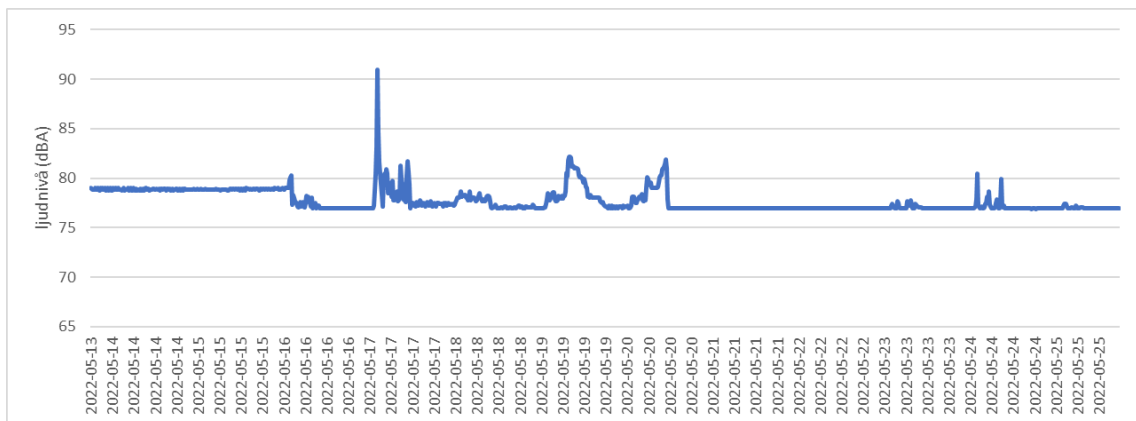


Figur 7: Uppmätta ljudnivåer i område "B1" för tiden 06.00 – 17.00 den 7 april.

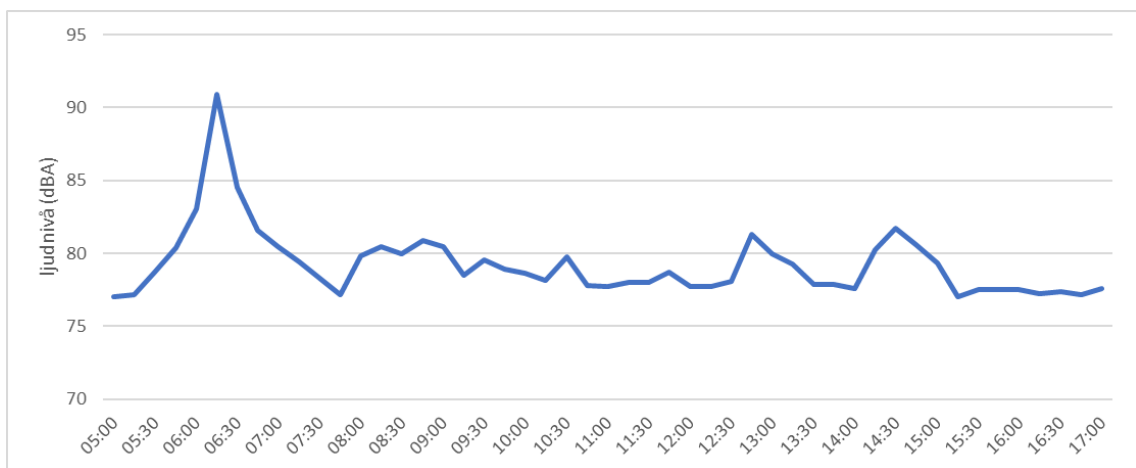
En analys av loggdata från den tvåveckorsperiod då varningsfunktionen var aktiverad visade att genomsnittsnivån för ljud var 63,57 dBA, med ett minimum på 37,00 dBA och ett maximum på 90,92 dBA. Av de 18 områden med installerade sensorer, var det endast tre områden som registrerade ljudnivåer över larmgränsen, men detta skedde sammanlagt hela 48 gånger för dessa tre områden. För dessa larmtillfällen varade

överträdelserna av larmnivån under 285, 135, 90, 75 och 45 minuter vid var sitt tillfälle, 30 minuter vid tre tillfällen och 15 minuter vid fem tillfällen.

Ett exempel från det område som hade de högsta ljudnivåerna under perioden visas i Figur 8 nedan. För en mer detaljerad översikt över perioder med höga ljudnivåer, se Figur 9.



Figur 8: Uppmätta ljudnivåer i område "korridor" för perioden 13-25 maj.



Figur 9: Uppmätta ljudnivåer i område "korridor" för tiden 05.00 – 17.00 den 17 maj.

Som jämförelse överskreds larmnivåerna för ljud totalt 25 gånger innan varningsfunktionen implementerades. Under dessa 25 tillfällen låg ljudnivåerna över gränsvärdet under totalt 360 minuter (vilket i genomsnitt ger strax under 15 minuter per tillfälle). Efter att varningsfunktionen introducerades överstegs larmnivåerna för ljud 48 gånger, vilket totalt medför 795 minuter med för höga ljudnivåer (i genomsnitt knappt 17 minuter per tillfälle). En granskning av loggdata tyder på att varningsfunktionen inte hade någon märkbar effekt. Detta kan dock förklaras av att:

(i) data insamlades från endast 13 sensorer innan varningsfunktionen aktiverades, jämfört med 18 sensorer efter aktivering, och (ii) bortsett från två tillfällen, skedde alla överträdelser av larmnivån för ljud från samma sensor i korridoren efter att varningsfunktionen aktiverats, vilket kan ha berott på en specifik aktivitet i det området.

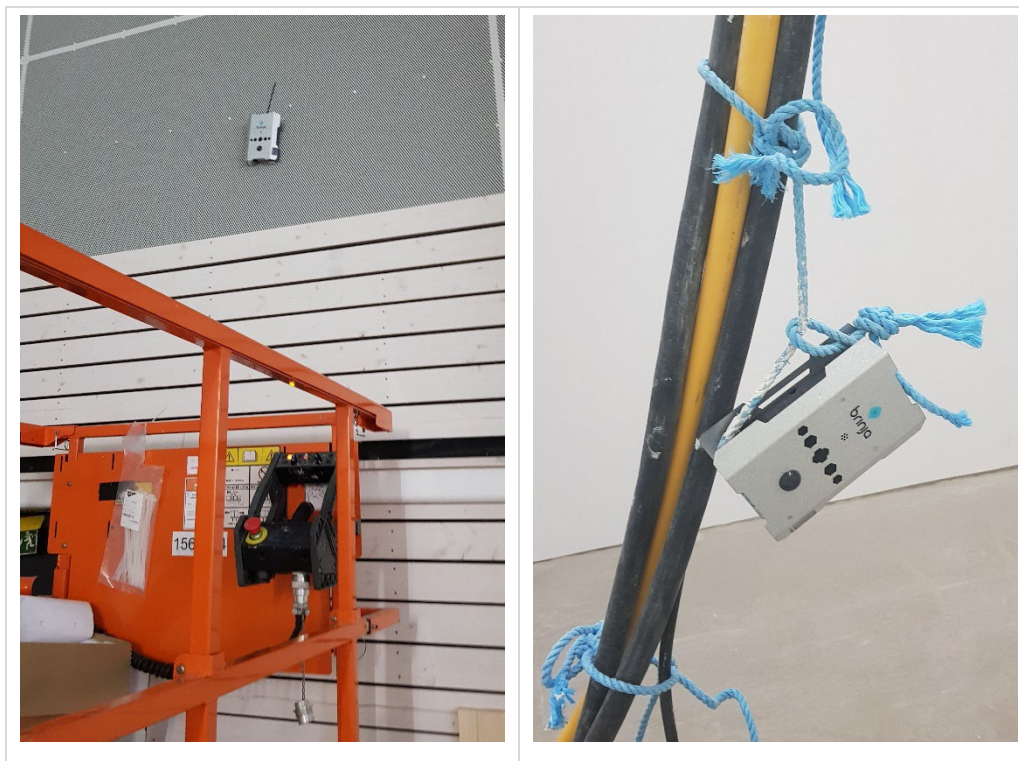
Till skillnad från skydd mot damm rapporterade yrkesarbetarna under intervjuerna att de gärna använder hörselskydd, vilket gör att de exponeras mindre för farliga ljudnivåer än vad data indikerar.

### 3.3 Krav, utmaningar och rekommendationer

För att göra notiserna och varningarna från sensorerna användbara, är det viktigt att de tydligt kan kopplas till en specifik plats, som i sin tur kan loggas i den digitala modellen (vilket i testet utgjordes av Building Cloud). Under installationen gav Brinjas tekniker sensorerna namn baserat på deras placering. Dock var det inte alltid enkelt att utifrån namngivningen avgöra var en viss sensor befann sig, särskilt i stora utrymmen som en sporthall. En rekommendation är att använda en konsekvent och tydlig namngivning av sensorerna för att underlätta identifieringen av deras placering. Det är också viktigt att involvera alla på byggarbetsplatsen som använder appen och mottar notiserna.

Under testet installerades sensorerna i ett tidigt skede av byggprocessen, vilket senare krävde att de flyttades för att undvika att de hamnade i vägen eller blev inbyggda. Ett par exempel på installerade sensorer visas i Figur 10. Vid en uppföljning under sommaren observerades att vissa sensorer hade flyttats eller försvunnit. Om en sensor behöver flyttas, bör dess position också uppdateras i den digitala modellen (BuildingCloud) och vid behov också byta namn så att den följer den logik i namngivning som används för bygget.

En annan utmaning var att aviseringarna skickades som notiser till medarbetarnas mobiltelefoner. Användarna kontrollerade själva sina inställningar för hur de ville ta emot aviseringar. Många hade inte aktiverat ljudaviseringar, vilket ledde till att varningarna inte uppmärksammades omedelbart. Notiser kan lätt drunkna i mängden, så ett förslag är att begränsa antalet genom att göra inställningar för att bara ta emot notiser från specifika sensorer. Alternativa lösningar för att förbättra uppmärksamheten på varningarna kan inkludera fysisk visualisering på bygget, t.ex. genom att en lampa tänds på den berörda sensorn, eller att använda en lokalisering-funktion för att bestämma vilka sensorer som ska skicka notiser. Dock var dessa två senare alternativ inte möjliga att genomföra/testa under detta testbäddsprojekt.



Figur 10: Exempel på placering av sensorer.

## 4 Sammanfattning

För att minska skador kopplade till höga nivåer av damm och ljud krävs det en process i tre steg: övervakning, visualisering och åtgärder för att minimera yrkesarbetarnas exponering för skadliga nivåer. Brinjas sensorer var effektiva i att övervaka damm- och ljudnivåerna. Dock finns det områden för förbättringar: (i) namngivningen av sensorerna är central och bör göras noggrant för att undvika förvirring, och (ii) personalen på platsen bör vara uppmärksamma när de flyttar eller installerar om sensorerna.

När det gäller åtgärder var målet att varna yrkesarbetare när damm- och ljudnivåerna överskred larmgränserna, så att de kan skydda sig med lämplig utrustning. För dammnivåer gav detta även möjlighet för platsledningen att vidta åtgärder som städning och/eller vattning för att reducera dammnivåerna. En granskning av sensordata visade inte på några signifikanta förbättringar när larmfunktionerna infördes, vilket kan bero på att inga omedelbara åtgärder vidtogs för att sänka damm- och ljudnivåerna när varningsfunktionen aktiverades. Trots

detta bidrog varningarna till en ökad medvetenhet bland yrkesarbetarna och uppmuntrade användning av personlig skyddsutrustning. Detta är särskilt viktigt vid dammnivåer som är något över varningsgränserna, då höga dammnivåer inte märks lika tydlig under pågående arbete som höga ljudnivåer. Dessa dammnivåer kan vara farliga, men utan varningarna skulle de kanske inte uppmärksammas. För varningssystemet finns definitivt utrymme för förbättringar, som att minska antalet notiser och införa andra typer av åtgärder, till exempel lampor som signalerar när en specifik zon är farlig.

För att reducera riskerna för byggnadsarbetares hälsa relaterade till exponering för höga nivåer av damm och buller kan följande tre digitala tekniker användas i tre steg:

- (1) Användning av sensorer (i detta testprojekt sensorer från Brinja) för att övervaka damm- och ljudnivåer,
- (2) integration av sensorerna i en digital modell eller digital tvilling av byggplasten (i detta testprojekt i Scharcs BuildingCloud) för att säkerställa att byggnadsarbetare och platsledningen enkelt kan få tillgång till och visualisera datan, samt
- (3) kontroll och åtgärder för att hantera damm- och ljudnivåer, till exempel genom att varna berörda personer via notiser eller lampor (i detta test via Brinjas app och varningslampor).


Det första steget är relativt enkelt och kräver endast utrymme för att installera sensorerna. Dessa kan användas i alla typer av byggprojekt, inklusive renoveringar och ombyggnation. Det andra steget förutsätter en digital modell av byggnaden där sensorerna kan registreras på korrekta platser, och sensordata måste länkas till den digitala modellen. Detta kan vara en utmaning i renoveringsprojekt. För det tredje steget krävs användning av ett system som både byggnadsarbetare och platsledning kan använda. I detta testbäddsprojekt utgjordes detta system av Brinjas app som var enkelt att få personalen att installera på sina mobiltelefoner och enkelt att använda. Om ytterligare automatiserade varningssystem planeras, som användning av lampor och ljud för att varna omgivningen, är det viktigt att skapa en digital modell av byggnaden och registrera både sensorer, varningslampor och ljudkällor i den digitala modellen. För testerna i detta projekt registrerades sensorerna inte i den digitala modellen (BuildingCloud) och inga lampor eller ljudkällor användes för varningar.

## Kontaktpersoner

För mer information om testprojektet, kontakta gärna:

- Martin Rudberg, professor vid Linköpings universitet och akademiskt ansvarig för NCCs testbäddsprojekt:
  - [martin.rudberg@liu.se](mailto:martin.rudberg@liu.se), 0734-14 10 22
- Claes Henschel, projektledare för digitalisering på NCC och testbäddsansvarig för NCC inom projektet:
  - [claes.henschel@ncc.se](mailto:claes.henschel@ncc.se), 0790-788 196





SMART BUILT  
ENVIRONMENT  
UPPKOPPLAD BYGGPLATS

**li.u** LINKÖPINGS  
UNIVERSITET

LULEÅ  
TEKNISKA  
UNIVERSITET

Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

**FORMAS** 

Strategiska  
innovations-  
program