

# SÄKERHET I BYGGBRANSCHEN MED INTERNET OF THINGS

## Etapp 1 - Förstudie

**Timo Rajasaari & Henrik Flodén, Skanska Sverige AB**  
**Micael Larsson, Microsoft Sverige**  
**Pär Bergstedt & Carl Elgh, H&D Wireless**

**2019-06-01**

**Bilaga 1: Bilaga1-Prototyplosningar.pdf**

**Bilaga 2: Film: [www.youtube.com/watch?v=lJvBVOwDJx4](http://www.youtube.com/watch?v=lJvBVOwDJx4)**

## Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING .....	2
BAKGRUND .....	3
GENOMFÖRANDE AV ETAPP 1 - FÖRSTUDIE.....	4
RISKOMRÅDEN - ÖVERSIKT .....	5
VALDA RISKOMRÅDEN – BESKRIVNING .....	5
<i>Säkerhetsavstånd människa-fordon</i> .....	5
<i>Säkerhetsavstånd människa-avspärrning/kant</i> .....	6
<i>Ensamarbete</i> .....	6
<i>Buller, damm och vibrationer</i> .....	7
TEKNOLOGIER .....	7
LÖSNINGSFÖRSLAG.....	9
<i>Säkerhetsavstånd människa-fordon</i> .....	9
<i>Säkerhetsavstånd människa-avspärrning/kant</i> .....	10
<i>Ensamarbete</i> .....	11
<i>Buller</i> .....	11
<i>Damm</i> .....	12
<i>Vibrationer</i> .....	12
SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ NÄSTA STEG.....	14

## Sammanfattning

Olycksfallsstatistik av olika verksamheter i Sverige visar att byggbranschen ligger högt upp på listan både gällande olyckor och dödsfall. Branschen saknar idag händelsedata i realtid som kan användas för analys och åtgärd.

I forskningen lyfter man tydligt fram möjligheterna med IT-baserade hjälpmedel inom hälsa och säkerhet. Syftet med denna förstudie är att identifiera samt utvärdera teknologier som finns idag för att se hur man med hjälp av dessa skulle kunna höja säkerheten.

Fokusområden i denna förstudie är säkerhetsavstånd, ensamarbete samt buller/damm/vibrationer. För respektive område har vi tittat specifikt på vilka typer av teknologier som finns, och vi har föreslagit hur olika lösningar skulle kunna skapas. Byggbranschen innebär ofta utsatta miljöer varför nya anpassade och tåliga lösningar behöver tas fram.

Förstudien har visat på att det redan finns många beprövade teknologier som är tillämpbara även i byggbranschen. Som en del av förstudien har vi tagit fram ett par olika prototyplösningar som beskrivs närmare i bilaga 1 samt i en film där prototyplösningarna demonstreras.

För att driva utvecklingen framåt behöver branschen i möjligaste mån enas om standarder. Detta för att lösningar ska kunna fungera tillsammans oberoende av vems byggarbetsplats det är och oberoende av vem som levererar fordon och maskiner. Många underentreprenörer och leverantörer rör sig dessutom mellan olika arbetsplatser.

För de fokusområden vi fokuserat på inom förstudien ser vi goda möjligheter att med befintliga teknologier skapa bra lösningar. Detta med undantag av damm där det är relativt enkelt att mäta partikelhalter i allmänhet, men desto svårare att i realtid mäta vilken typ av damm som förekommer. Här behövs mer utveckling – något som bl.a. IVL har utrett och rapporterar om.

Som nästa steg föreslår vi fem olika områden att ta fram prototyplösningar för. Vår rekommendation är att fokusera på att åstadkomma mätning på individbasis och att samla in så mycket mätdata som möjligt. När data finns insamlat kan man utifrån detta finjustera mätmetoderna samt fastställa lämpliga nivåer/händelser för larm.

Utöver att kunna larma och på så sätt minska risken för olyckor och incidenter, så ser vi goda möjligheter att bedriva långsiktigt förebyggande säkerhetsarbete baserat på insamlat historiskt data. Utöver autonomt fungerande säkerhetslösningar behövs därför också centrala system som kan samla in och korrelera säkerhetsrelaterat mätdata. Detta förutsätter fungerande trådlös kommunikation på byggarbetsplatserna – något som kommer allt mer, men som ytterligare drivs på av detta område.

## Bakgrund

Olycksfallsstatistik av olika verksamheter i Sverige visar att byggbranschen ligger högt upp på listan både gällande olyckor och dödsfall.

Byggbranschens verksamhet i projekt/fast anläggning är mycket föränderlig över tid från uppstart till slut och gällande säkerhet agerar man ofta med reaktiva åtgärder. De proaktiva åtgärderna som genomförs baseras på statistik från data som samlas in på traditionella sätt och ofta är gamla, dvs. från händelser som redan passerat.

Det som saknas idag är händelsedata i realtid som kan användas i analys och åtgärd. Likaså finns endast ett fåtal effektiva verktyg som i realtid kan varna och därmed hjälpa individen vid pågående fara.

I Arbetsmiljöverkets aktuella forskningsrapport (*Kunskapssammanställning 2017:5*) lyfter man tydligt fram möjligheter och behov gällande utveckling av tekniska hjälpmedel för proaktivt och realtidsbaserat säkerhetsarbete inom IoT / IT. Citat: *”Forskningen kring nya tekniska lösningar för att öka säkerheten ute på byggarbetsplatserna fokuserar främst på olika former av IT-verktyg”*

Syftet med förstudien i etapp 1 av detta projekt är att identifiera samt utvärdera IoT-teknologi som finns idag (hårdvara, mjukvara samt analysmodeller), som bl.a. används i andra branscher.

I efterföljande två etapper är tanken att man ska testa utfallet från förstudien i projekt i verksamheten. Dessa tester görs för att skapa förutsättningar för branschen och intresserade partners att därefter kunna anpassa befintliga, samt utveckla nya, IoT-/IT-verktyg och system för ökad säkerhet i byggbranschen.

# Genomförande av etapp 1 - förstudie

Projektet som helhet delas upp i tre etapper. Denna rapport avser Etapp 1 – Förstudie där vi utfört en omvärldsanalys på teknologier och lösningar inom området IoT/IT som skulle kunna vara implementeringsbara i bygg- och anläggningsverksamhet. Fokus har varit att titta på hårdvara/enheter samt möjligheter till datainsamling/hantering och analysmöjligheter.

Förstudien har genomförts i en arbetsgrupp under ledning av Skanska med deltagande från H&D Wireless samt Microsoft Sverige i arbetsgruppen.

Som en del i förstudien har H&D Wireless även tagit fram prototyplösningar för att demonstrera flera olika teknologier. Dessa prototyplösningar finns beskrivna i bilaga 1, och det finns en demonstrationsfilm med lösningarna – se [www.youtube.com/watch?v=lJvBVOwDJx4](http://www.youtube.com/watch?v=lJvBVOwDJx4)

Kommande etapper i en fortsättning av projektet innefattar två pilotprojekt i verksamheten där olika IoT-/IT-lösningar tas fram och testas i mindre skala i några av de aktuella riskområdena.

## Arbetsgruppen för etapp 1 – förstudie:

- Timo Rajasaari, Skanska Hälsa & Säkerhet, projektledare
- Henrik Flodén Skanska IT, biträdande projektledare
- Pär Bergstedt & Carl Elgh, H&D Wireless
- Micael Larsson, Microsoft Sverige

## Referensgrupp för etapp 1 – förstudie:

- Håkan Skotte, Skanska
- Ewa-Karina Sahlkvist, Veidekke
- Eric Sjögren, PEAB
- Claes Halvars, Svevia
- Jonny Enges, JM
- Evelyn Lampinen, NCC
- Ulf Kvarnström, Byggnads
- Glenn Nordström, SEKO
- Magnus Persson, Installatörsföretagen

## Styrgrupp för etapp 1 – förstudie:

- Anders Erlandsson, Skanska
- Lotta Wibeck, Skanska
- Kajsa Simu, NCC

## Riskområden - översikt

I denna förstudie har vi fokuserat på följande riskområden:

- Säkerhetsavstånd (människa-fordon samt människa-avspärrning/kant)
- Ensamarbete
- Buller, damm samt vibrationer

I förstudien har även dessa riskområden diskuterats i referensgruppen, men de kommer inte utredas närmare:

- Obehöriga på arbetsplatsen
- Ergonomi/tunga lyft
- Kranarbeten – risk för kollision samt säkerhet vid lyft
- Lutningsrisk för fordon vid godshantering och pålning (lastbilar/pålkranar)

## Valda riskområden – beskrivning

### Säkerhetsavstånd människa-fordon

Här finns en risk för människor att bli påkörda av fordon som rör på sig. I förstudien tittar vi endast på fordon som har en förare, dvs. vi utreder inte förarlösa fordon.

Risikfaktorer kan vara bristande uppmärksamhet från fordonsförare eller från människor i eller nära fordons färdväg. En annan riskfaktor kan vara dålig eller skymd sikt där föraren inte ser människor som står i vägen eller närmar sig. Dålig eller skymd sikt kan också göra att människor inte ser fordon som närmar sig. Människor på en byggarbetsplats kan också bära hörselskydd och därför missa att uppmärksamma fordon som närmar sig.

En riskfaktor är också medvetet eller omedvetet risktagande där man exempelvis väljer en genväg för att förenkla eller spara tid, jämför resonemang ”jag skyndar mig över fordonets körväg så hinner jag inte bli påkörd” eller ”jag har bråttom och kör nära en människa för han/hon ser mig och kommer stå stilla”. Sådana risktaganden kan bryta mot föreskrifter, men förekommer likväl.

Utöver dagens i fordon redan förekommande system för varning (t.ex. signalhorn, akustisk varning vid backning och/eller varningslampor, backradar/parkeringsensorer) så vore det bra om varning kan riktas specifikt till berörda människor och/eller förare och fordon då verklig risk föreligger. Fordon som varnar konstant med ljud/ljus-signal kan snabbt bli en del av den allmänna störande miljön på en byggarbetsplats och därmed riskerar effekten av dessa ”allmänriktade” varningar att reduceras eller helt försvinna.

En riktad varning som endast kommer då verklig risk föreligger skulle sannolikt ha en bättre effekt. Som komplement till en riktad varning skulle det i vissa fall även vara värdefullt att kunna fastställa och visualisera var ett fordon eller en människa i verklig risk befinner sig. Exempelvis kan det vara värdefullt för en maskinförare att kunna se exakt var en människa i risk befinner sig, eller för en arbetsledare och/eller andra kollegor att kunna se var på byggarbetsplatsen en risk uppstår.

Vidare skulle man i förlängningen kunna tänka sig att det vore värdefullt om fordon kunde bromsa eller stanna automatiskt (om lämpligt) om en förare missar eller ignorerar en varning om verklig risk. Det skulle också vara värdefullt om man kunde samla in och lagra information om samtliga verkliga risker som uppstår på en specifik arbetsplats – sådan information kan då användas för ett kontinuerligt förbättringsarbete.

## **Säkerhetsavstånd människa-avspärrning/kant**

Här finns en risk att människor trotsar en avspärrning och tar sig in i ett avspärrat område. Exempelvis kan det vara en avspärrning runt ett område där risk för olycka föreligger.

Risikfaktorer kan vara okunskap, bristande förståelse för avspärrningar eller otydlighet i skyltning. Det kan även förekomma medvetet eller omedvetet risktagande där människor väljer att trotsa en avspärrning för att förenkla eller vinna tid. Jämför resonemang ”jag tar den här genvägen för att komma snabbare till lastplatsen” eller ”jag är försiktig och därför är det säkert för mig att beträda avspärrat område”.

Eventuella befintliga varningar såsom avspärrningar, skyltning och regler/föreskrifter riskerar bli ignorerade då dessa kan vara mer eller mindre statiska och blir en del av den totala ”informationsmängden” på en byggarbetsplats. Effekten av allmänna varningar och föreskrifter riskerar avta med tiden.

En riktad varning till den berörda människan vid verklig risk skulle sannolikt ha en bättre effekt. Även i detta scenario skulle det i vissa fall vara värdefullt att kunna fastställa och visualisera var en människa i risk befinner sig. Exempelvis kan det vara värdefullt för en arbetsledare och/eller andra kollegor att kunna se var på byggarbetsplatsen en risk uppstår.

Det skulle också vara värdefullt om man kunde samla och lagra information om var verkliga risker uppstått – för att kunna dra lärdomar och arbeta förebyggande med säkerhetsförbättringar.

## **Ensamarbete**

Även om man i möjligaste mån undviker ensamarbete så förekommer det ändå i vissa fall. Om en incident/olycka inträffar vid ensamarbete så är det inte säkert att den drabbade människan har möjlighet att själv påkalla hjälp.

Här skulle det vara värdefullt om möjlighet finns att automatiskt detektera olika händelser såsom fall eller orörlighet. Det skulle även kunna vara värdefullt att kunna detektera en plötslig höjning eller sänkning av puls såsom en indikator på att någonting inte står rätt till. Om man dessutom automatiskt kan lokalisera människan i fråga så kan man snabbare nå fram med hjälp.

Vid detekterad riskabel händelse så skulle det dels vara värdefullt att kunna uppmärksamma/larma människan i fråga samtidigt som man också automatiskt uppmärksammar arbetsledare och/eller andra kollegor på samma byggarbetsplats så att dessa kan komma till hjälp. Här kan man även tänka sig att det vore bra om en enskild människa också själv kan trigga ett larm manuellt för att påkalla akut hjälp.

Utöver att uppmärksamma/larma för att möjliggöra snabb hjälp så skulle det även kunna vara värdefullt att löpande kunna samla in och lagra information om inträffade incidenter/olyckor för statistiska syften såsom kontinuerligt förbättringsarbete.

## Buller, damm och vibrationer

Vid byggarbetsplatser kan både buller, damm och vibrationer förekomma. Även om man på en given plats håller en genomsnittlig nivå på dessa faktorer som är under olika gränsvärden så kan en individ under kortare eller längre tid exponeras för riskabla eller skadliga nivåer. På byggarbetsplatser kan särskilt riskabla dammtyper bildas såsom kvartsdamm. Denna dammtyp medför stora hälsorisker där arbetare på byggarbetsplatsen riskerar exponeras för skadliga halter.

Här vore det värdefullt om man kan mäta dessa nivåer i anslutning till exponerade individer och automatiskt generera varning/larm både när en exponering riskerar vara skadlig i stunden och/eller när en sammanlagd exponering över tid innebär en risk.

Varning/larm skulle dels kunna riktas till den berörda individen, dels till ansvarig arbetsledare och/eller andra kollegor på byggarbetsplatsen. Det skulle även vara värdefullt att kunna samla uppmätta data över tid för att möjliggöra ett långsiktigt analys- och förbättringsarbete.

## Teknologier

I denna förstudie så har vi tittat på teknologier som finns idag och som i olika utsträckning skulle kunna användas för att förbättra säkerheten inom de utvalda riskområdena.

- Sensorer som kan fastställa absolut position utifrån satelliter (exempelvis GPS, GLONASS eller Galileo). Dessa finns inbyggda i de flesta av dagens smarta mobiltelefoner och i många s.k. smarta klockor/träningsklockor. Dessa sensorer finns också inbyggda i många moderna fordon där de kan användas för navigering.
  - Noggrannheten är typiskt inom 5-10 meter. Med hjälp av olika kompletterande teknologier kan noggrannheten ökas ännu mer.
  - Dessa teknologier kräver mer eller mindre fri sikt till satelliterna som används. Detta begränsar användningen till utomhus under bar himmel.
  - Sensorer för satellitpositionering är små och kan fås med förhållandevis god batterilivslängd vilket möjliggör inbyggnad i små bärbara enheter.
- Sensorer som kan fastställa absolut position med hjälp av radioteknik utifrån ett antal fast monterade lokala s.k. accesspunkter. Denna teknologi erbjuder hög noggrannhet (centimeternära) men kräver en lokal infrastruktur med accesspunkter som tillsammans täcker hela byggarbetsplatsen.
- Trådlösa nätverk för insamling av data i realtid, såsom aktuell positionsdata. Samma teknologi som används idag för trådlös lokal datorkommunikation (s.k. Wi-Fi) kan användas på byggarbetsplatser för sådan datainsamling. Om specifika positionsdata löpande samlas in till en central lösning, så kan man med mjukvara fastställa om en positionssensor är stilla eller rör sig. I det senare fallet kan man ofta med mjukvara även fastställa i vilken riktning och med vilken hastighet en positionssensor rör sig.
- Tjänster för video-/bildanalys som med mjukvarans hjälp kan titta på och tolka innehåll i rörlig video eller i bilder. Det finns idag till exempel inbrottslarm med kameror som kan känna igen om det är en familjemedlem eller en utomstående som är i bild och baserat på detta avgöra om det ska larmas eller ej. Det finns även telefoner och datorer som har inbyggda funktioner för att identifiera specifika användare via en kamerabild. Det finns också lösningar där mjukvaran automatiskt kan se om en människa bär hjälm eller ej. Det finns näst intill obegränsade möjligheter att "träna" mjukvaran på att visuellt känna igen olika föremål, olika människor och olika situationer/händelser.



- Tjänster för video-/bildanalys kan också användas för att positionsbestämma människor, fordon och andra objekt. Detta förutsätter i så fall flera kameror som ser "samma" område ur olika vinklar och därmed kan positionsbestämma objektet eller människan. Det förutsätter också att kamerornas positioner är fastställda som referens.
- Sensorer som kan mäta rörelse och puls och därigenom detektera fall, livlöshet och pulsnivå. Finns till exempel inbyggt i olika smarta klockor.
  - Exempelvis Apple Watch eller olika träningsklockor.
  - Många av dessa funktioner finns också i vanliga s.k. smarta telefoner, t.ex. iPhone och Androidtelefoner.
  - Förekommer också i form av specifika enheter som kan bäras av vårdtagare inom äldreården för att detektera fall och/eller livlöshet. Dessa enheter har dessutom ofta en larmknapp för att möjliggöra för vårdtagaren att själv slå larm om något hänt.
  - Exempel på lösningar (endast som exempel, ej utvärdera):
    - Svevias säkerhetsapp <https://www.svevia.se/gemensamma-sidor/projekt/innovation-och-utvecklingsprojekt/svevias-sakerhetsapp.html>
    - Stanley Guard säkerhetsapp <http://www.stanleyguard.se/se/index.html>
- Sensorer som kan mäta buller (enbart eller i kombination med andra miljöfaktorer)
  - Bullersensorer utgörs i princip av mikrofoner med tillhörande funktion som mäter nivå på ljud. Förekommer exempelvis i känsliga miljöer som sjukhus.
  - Vissa typer av buller är mer störande än andra. Enklare bullersensorer mäter endast ljudnivå, men det finns också mer sofistikerade sensorer som kan mäta buller med viss karaktäristik.
  - Exempel på befintliga sensorer (endast som exempel, ej utvärderade):
    - IoTsens sound sensor <http://www.iotsens.com/sensors/sound-sensor/>
    - NoiseAware noise monitoring <https://noiseaware.io/>
    - Brinja Wearhub <https://www.brinja.se/>
- Sensorer som kan mäta damm (enbart eller i kombination med andra miljöfaktorer)
  - Det finns många olika dammsensorer som mäter graden av damm i luften. De flesta fungerar genom att ljus sänds över en luftspalt där halten av damm mäts genom att sensorn detekterar styrka och karaktäristik på ljuset i den mottagande delen.
  - Utöver att på ovanstående vis mäta partikelkoncentration har vissa sensorer även möjlighet att detektera typen av dammpartiklar.
  - Olika sensorer har olika kapacitet i fråga om vilken minsta och största storlek på partiklar som kan detekteras.
  - Detektion av vissa typer av damm, t.ex. kvartsdamm, är komplex och kräver insamling/upp fångning av partiklar för analys på laboratorium.
  - Vi tror att framtida innovationer kommer möjliggöra snabb detektion av fler dammtyper, samt att storlek och komplexitet på sensorer och mätutrustning kommer att minska. För mätning av dammexponering på individnivå krävs rimligt små batteridrivna sensorer som kan bäras exempelvis utanpå kläderna.
  - IVL har i sin rapport B 2342 (Metoder för snabb och enkel mätning av exponering för kvarts i arbetsmiljön – finns det?) gjort en granskning av existerande mätmetoder och belyser där de utmaningar som finns. Rapporten finns att läsa på denna sida: <https://www.ivl.se/download/18.20b707b7169f355daa71f56/1557921400247/B2342.pdf>
  - Exempel på sensorer (endast som exempel, ej utvärderade):
    - Sharp Dust Sensor Unit <http://www.sharp-world.com/products/device/lineup/selection/opto/dust/index.html>
    - Audiowell dammsensor <http://se.audiowell-sensor.com/dust-sensor/laser-dust/dust-sensor-for-fresh-air-system.html>

- Brinja Wearhub <https://www.brinja.se/>
- Sensorer som kan mäta vibrationer (enbart eller i kombination med andra miljöfaktorer)
  - Det finns många olika sensorer som kan användas för att mäta vibration. Från mycket små till stora, och med olika kapacitet i fråga om förmåga att mäta olika frekvenser av vibration.
  - Det finns sensorer med inbyggd trådlös kommunikation som möjliggör att separera sensorn från mottagande enhet. Till exempel om man vill mäta vibrationer på armen eller på ett verktyg man håller i, medan mottagande enhet för analys och larm är placerad på annan plats.
  - Vi ser goda förutsättningar att hitta lämpliga sensorer för nya lösningar.
  - Exempel på vibrationssensorer (endast som exempel, ej utvärderade):
    - LORD MicroStrain accelerometer <https://www.microstrain.com/wireless/G-LINK-200-OEM>
    - Fluke vibration sensors <https://www.fluke.com/en-us/product/condition-monitoring/vibration/3561-vibration-sensor>

## Lösningförslag

### Säkerhetsavstånd människa-fordon

Här har vi i förstudien tittat på flera olika teknologier som skulle kunna användas i olika kombinationer för att skapa lösningar som minskar risken för tillbud. Vi tror att lösningar behöver kunna fungera med varningar och notiser oberoende av fungerande uppkoppling till centralt system, men att en fungerande uppkoppling kan tillföra värden såsom möjlighet till insamling av data över tid.

Vi tror att det vore lämpligt att utveckla en form av sändare som kan placeras på fordon. Sådan sändare kan då sända ut en radiosignal då maskinen rör sig eller är i arbete. Människor som befinner sig på byggarbetsplatsen kan då bära på sig en enhet som fångar upp signalen och kan avståndsbestämma signalkällan (=maskinen). Om enheten kommer inom ett visst avstånd från maskinen så kan den larma (t.ex. genom vibration och/eller ljudsignal).

Om enheten kommer för nära skulle man även kunna alstra ett larm för föraren av maskinen.

För att undvika upprepade larm för personal som skall befinna sig nära maskinen så kan dessa registrera sina enheter som "godkända för nära vistelse" mot respektive maskin. En sådan registrering bör vara begränsad i tid så att man inte förblir immun mot varningar efter att man avslutat arbete nära maskinen.

En möjlig sådan enhet skulle kunna vara en speciell korthållare för ID06-kortet, där hållaren utgör enheten som då är försedd med ett laddbart batteri samt nödvändig hårdvara. En sådan enhet skulle även kunna vara "mottagande enhet" för eventuella andra separata enheter som bärs av individen. Denna enhet bör även innehålla hårdvara och mjukvara för att kunna kommunicera med ett centralt system.

Som del av förstudien har H&D Wireless tagit fram en prototyp till sådan lösning – se separat film och bifogad presentation.

Ovanstående lösning bygger på att individer som träder in i riskområdet runt en maskin bär nämnda enhet och att denna fungerar. Detta skulle kunna fungera väl för alla dem som är behöriga

(och därmed kända) att vistas på arbetsplatsen, med en process där de tilldelas enheter innan tillträde.

På en byggarbetsplats kan dock även människor befinna sig som inte är behöriga/kända. Det kan vara människor som olovligen eller ovetandes tagit sig dit, eller besökare/medarbetare som inte bär fungerande enheter. Därför anser vi att man i möjligaste mån behöver kunna detektera och varna även när sådana individer kommer för nära ett fordon som rör sig eller är i arbete. Idag utrustas allt fler fordon (t.ex. grävmaskiner) med kameror kopplade till en bildskärm i förarhytten. Dessa kameror täcker ofta skymda vinklar, men det förekommer också 360 graders kameror, s.k. runtomsikt. Dessa kameror kräver dock att föraren är uppmärksam och noterar om/när någon individ dyker upp i fordonets riskzon.

Här anser vi att det vore bra att komplettera bildsignalen från kamerorna med en automatisk bildigenkänning så att ett särskilt larm kan ges om en människa dyker upp i fordonets riskzon. Då skulle föraren kunna få en specifik varning. Även detta är en funktion som H&D Wireless tagit fram en prototyp till inom ramen för förstudien. Se separat film och bifogad presentation.

I förlängningen ser vi ett det vore relevant att kunna positionsbestämma samtliga fordon på en byggarbetsplats i realtid och se till att denna information finns i ett centralt system. Ett centralt system som tar emot information om position av människor och maskiner kan med mjukvarans hjälp fastställa om risk föreligger utifrån definierade riskzoner. Ett centralt system kan också använda aktuellt modelldata för byggarbetsplatsen med tillhörande konstruktion(er) för att t.ex. visualisera risker i 3D-modellen – både i realtid och historiska risker. Samma centrala system kan också lagra alla förekommande larm med tillhörande data för statistik- och analysändamål.

Det finns utöver området hälsa/säkerhet även andra områden där sådan information skulle vara av värde (t.ex. logistik, planering m.m). Därför bör man ta höjd för flera olika tillämpningsområden när man tittar vidare på olika lösningar. Öppenhet i system och lösningar är viktigt för den totala utvecklingen så att man kan återanvända data.

## **Säkerhetsavstånd människa-avspärrning/kant**

Även här har förstudien tittat på flera olika teknologier som skulle kunna användas i olika kombinationer för att skapa lösningar som minskar risken för tillbud. Vi tror att lösningar behöver kunna fungera med varningar och notiser oberoende av fungerande uppkoppling till centralt system, men att en fungerande uppkoppling kan tillföra värden såsom möjlighet till insamling av data över tid.

Här ser vi att en relevant lösning skulle kunna skapas genom utsändning av signal från avspärrning/staket (ex.vis. radiosignal) som innehåller information om att här finns en avspärrning samt möjligen ett värde för ”riskavstånd”. En sådan signal kan tas emot trådlöst av sensor som bärs av människor på byggarbetsplatsen. Sådana sensorer kan då varna bäraren med ex.vis vibration, ljud och/eller ljussignal om bäraren kommer för nära. Se resonemang om individuell enhet i avsnittet ”Säkerhetsavstånd människa-fordon” ovan. Ett sådant varningssystem kräver ingen uppkoppling eller centralt system för att fungera.

Det finns även andra lösningar som skulle kunna användas för att fastställa om en människa närmar sig eller träder in i avspärrat område.

- Man skulle kunna använda sensorer som kan fastställa människas absoluta position utifrån satelliter och som löpande sänder positionsdata till centralt system via lokalt trådlöst nätverk. Detta kärver dock fri sikt mot himlen, och har begränsad precision.

- Man skulle kunna använda sensorer som kan fastställa en människas absoluta position utifrån lokal nätverksutrustning (fast monterade accesspunkter), och löpande sända dessa positionsdata till centralt system.
- Man skulle också kunna använda en kameralösning med video-/bildanalys som kan fastställa människors position relativt avspärrningar, och skicka denna information till centralt system via lokalt nätverk.

Det centrala systemet skulle då kunna korrelera individers positionsdata med kända positioner/områden för avspärrningar och fastställa om risk föreligger. Ett eventuellt larm skulle då kunna skickas till berörd individ såväl som till andra på samma arbetsplats.

Ett centralt system kan också använda aktuellt modelldata för byggarbetsplatsen med tillhörande konstruktion(er) för att t.ex. visualisera risker i en 3D-modell – både i realtid och historiska risker. Det kan även tänkas att modellen som sådan redan innehåller information om var avspärrningar finns samt information om zoner där vis personlig skyddsutrustning behövs/inte behövs.

Samma centrala system kan också lagra alla förekommande larm med tillhörande data för statistik- och analysändamål.

## Ensamarbete

Här ser vi att man skulle kunna skapa lösningar där man använder sensorer som kan mäta rörelse och puls och därigenom detektera fall, livlöshet och pulsnivå. Sådan teknologi finns redan i smarta klockor, samt i många mobiltelefoner. Befintliga klock- och telefonbaserade lösningar har ofta begränsad batterilivslängd och är många gånger mer eller mindre ömtåliga i krävande miljöer.

Vi föreslår därför att man tittar på motsvarande enheter av mer rejäl konstruktion som, liksom smarta klockor och telefoner, kan kommunicera med centralt system via lokal trådlös nätverksuppkoppling och/eller mobiltelefonnät. Sådan enhet bör även innehålla möjligheten att manuellt påkalla hjälp via t.ex. en larmknapp.

Enheter för detta ändamål behöver även kunna fastställa position för att kunna skicka denna information tillsammans med larm till ett centralt system. För olika positioneringsteknologier, se avsnitt ”Säkerhetsavstånd människa-avspärrning/kant” ovan.

Larm kan gå från det centrala systemet till ansvariga och/eller andra som befinner sig på byggarbetsplatsen, med information om plats.

## Buller

För att framgångsrikt kunna mäta nivån av buller som en individ utsätts för så behöver bullersensorn/sensorerna placeras på lämplig plats på kroppen i förhållande till örönen. Det finns gott om sensorer, och vi ser bra förutsättningar att hitta sensorer som går att använda mobilt.

Beroende på placering av sensorer kan dessa finnas antingen i en gemensam enhet tillsammans med andra sensorer eller som separata sensorer som kommunicerar med en gemensam enhet placerad på individen.

Den gemensamma enheten samlar in mätdata, kan genom sin mjukvara larma vid riskabla nivåer (vid specifika tillfällen eller över en tidsperiod) samt sända över insamlade mätdata samt larm till ett centralt system. Sådan data bör även innehålla information om plats. Larm och realtidsmätdata

kan också visualiseras på olika sätt - exempelvis på en skärm på projektkontoret, eller i en lättillgänglig webbsida/app i telefoner, plattor och datorer.

Ett centralt system skulle kunna skicka tillbaka information och konfiguration till den gemensamma enheten. Exempelvis vilka nivåer som ska trigga larm, och hur enheten skall reagera vid larm (t.ex. ljud/ljussignal/vibration).

Den gemensamma enheten skulle även kunna vara möjlig att kalibrera och uppdatera med ny mjukvara från ett centralt system.

## **Damm**

För detektering och mätning av farligt damm så sker detta redan idag centralt på vissa byggarbetsplatser där man har utrustning uppsatt för kontinuerlig eller tillfällig insamling och mätning. Samtidigt som detta kan ha ett värde så vill man även mäta detta på individbasis.

Givet de begränsade möjligheter som finns idag i fråga om portabla sensorer som kan mäta typ av damm, så föreslår vi en generell mätning av dammexponering på individnivå. Då stipulerade nivåer överskrids, i stunden eller över en viss period, så kan det vara aktuellt att samla in och mäta damm på platsen i fråga med en mer sofistikerad utrustning. På så vis blir den individbaserade sensorn något som larmar när en ytterligare analys behövs.

Detta kräver dock ett fastställande av vid vilka nivåer ytterligare mätningar skall göras. Vissa typer av damm kan vara hälsovådliga redan i små doser, medan andra typer kan vara mindre hälsovådliga i små- och mellanstora doser.

I takt med att utveckling och innovation fortskrider så kan de individuella sensorerna gradvis bytas ut och bli alltmer kapabla att mäta dammrisker i realtid.

Beroende på placering av dammsensorer kan dessa finnas antingen i en gemensam enhet tillsammans med andra sensorer eller som separata sensorer som kommunicerar med en gemensam enhet placerad på individen.

För övriga tänkbara egenskaper för en gemensam enhet – se avsnittet ”Buller” ovan.

## **Vibrationer**

Gällande vibrationer så är det de vibrationer som har en negativ påverkan på individen som man vill mäta och kunna larma på. För exempelvis handverktyg så är det ofta inte tillräckligt att mäta verktygets vibrationer då man inte vet hur dessa fortplantas till individen. Därför behöver man hitta vilken/vilka platser på kroppen man ska mäta på, samt fastställa vilken typ av vibrationer och gränsvärden som är hälsovådliga – både i stunden och över tid. Vi föreslår att man börjar enkelt genom att placera sensorn/sensorerna nära handen/händerna och samlar in data. Detta data kan korreleras med av användaren upplevd vibrationsgrad. På så vis kan man testa sig fram till olika gränsvärden samt jämföra olika placeringar av sensorn.

När ovanstående förutsättningar är fastställda så ser vi ingen större komplexitet för framtagandet av lösningar. Sensorer finns i en mängd olika storlekar (även mycket små) och utföranden med låg strömförbrukning. Sensorer kan kombineras med andra i de fall där placeringen av en mätenhet går att kombinera utifrån de storheter som ska mätas.

I annat fall får man titta på en eller flera separata vibrationssensorer som placeras på den/de platser där man ur risksynpunkt vill mäta. Dessa får sedan kommunicera trådlöst med någon form av gemensam enhet som i sin tur kan analysera och larma samt även lagra och skicka informationen vidare till ett centralt system.

För övriga tänkbara egenskaper för en gemensam enhet – se avsnittet ”Buller” ovan.

## Slutsatser och förslag på nästa steg

Många av dessa lösningar fungerar ”autonomt”, dvs utan krav på uppkoppling och kommunikation med centrala system. Samtidigt som vi ser uppkoppling och kommunikation som möjliggörare för att skapa mer nytta menar vi att en autonom grundfunktion är viktig för pålitligheten i säkerhetslösningar.

Vi ser vidare att det är viktigt att nya lösningar och teknologier i möjligaste mån är baserade på överenskomna och öppet tillgängliga standarder så att dessa fungerar oberoende av vems byggarbetsplats det är, och oberoende av vilka fordon och maskiner som används. Vidare ser vi att det är viktigt att öppna upp för flera olika aktörer att både kunna vara med och utveckla standarder och lösningar/teknologier som bygger på standarder.

Vi föreslår att arbetet fortsätter med etapp 2 och 3 med skapandet av fler prototyplösningar för validering på lämpliga byggarbetsplatser. Vi ser flera syften med sådana tester:

- Validera att använda teknologier fungerar tillförlitligt.
- Validera användbarheten.
- Validera värdet, dvs. att risker och incidenter verkligen minskar.
- Skaffa in ytterligare kunskap och erfarenheter och sprida dessa.
- Skapa intresse från flera intresserade aktörer att vara med och utveckla både enskilda teknologier och lösningar.

Förslag på områden/lösningar för kommande prototyper:

- Skapandet av en enhet att bäras av individer på byggarbetsplatsen, som innehåller en kombination av sensorer och som kan kommunicera med ett centralt system. Denna skulle till en början kunna ha förmågan att detektera avstånd till fordon och avspärningar samt möjlighet att larma. I andra hand en möjlighet att sända och ta emot information till/från ett centralt system.
- En enhet som bärs av individer och kan detektera händelser som fall eller livlöshet och då påkalla hjälp genom att sända larm till ett centralt system. En sådan enhet bör även ha möjlighet till manuellt larm. Enheten bör vara tålig samt ha bra batterilivslängd.
- En trådlös sensor som kan mäta vibration och skicka detta mätdata antingen till en telefon eller annan enhet som kan lagra och analysera datat. Fokus här är inte att från början skapa en komplett lösning, utan att validera själva mätningsmetoden.
- En lösning för att mäta buller och som både kan larma direkt om stipulerad nivå överskrids, och även samla in och lagra mätdata över tid. Denna lösning bör vara portabel och kunna bäras av en individ utan att störa eller vara i vägen. Vi rekommenderar att börja med att samla in data under en eller ett par dagar för att sedan med utgångspunkt från det insamlade datat titta på eventuella nivåer för larm samt förutsättningarna för djupare analys.
- För damm rekommenderar vi att börja med en lösning där man mäter partikelnivå med en sensor som bärs av individen. Till en början bör man samla in mätdata under ett par dagar, både från personer som arbetar med kända dammhaltiga moment och från personer som inte gör det. Utifrån detta data kan man fatta beslut om vilka nivåer som bör föranleda ytterligare mätningar av enskilda dammtyper. För specifika dammtyper, t.ex. kvartsdamm, så rekommenderar vi att fortsätta följa det arbete som bl.a. IVL gör för att utveckla mätmetoder.