

MASKIN FÖR AUTOMATISK PLATTLÄGGNING

UTVÄRDERING



Golvimporten AB / CBot AB

2016-04-08

FÖRORD

I Sverige läggs cirka 400 000 kvm plattor på golv i stora kommersiella lokaler inomhus. Idag görs detta arbete manuellt och det finns stora risker för förslitningsskador, eftersom arbetet är både tungt, repetitivt och ofta sker under knähöjd.

Syftet med detta projekt är att testa en prototyp-maskin för automatisk plattläggning som har tagits fram av CBot AB. Målet är att utvärdera om teknologin som används är applicerbar och robust nog för att nå branschens krav på kvaliteten för lagt golv, vilken förbättring i arbetsmiljön och ökning i produktivitet som kan nås samt utvärdera enkelheten i handhavande av en sådan maskin.

Projektet har utförts i samarbete mellan Golvimporten Entreprenad AB och CBot AB, där Golvimporten står för kompetensen av branschen och CBot står för kompetensen av maskinen.

Projektet har haft en referensgrupp bestående av följande personer:

Pertti Johansson, Skanska

Patrik Nordahl, Golvbranschen GBR

Magnus Jansson, Byggkeramikrådet BKR

Martin Söderberg, STRABAG

Projektet har genomförts med stöd från SBUF, Golvimporten Entreprenad AB, CBot AB, samt Vinnova/Bygginnovationen.

Linköping 8 april 2016

SAMMANFATTNING

Plattläggningsyrket är ett högriskyrke när det gäller förslitningsskador och långtidssjukdomar. Målet med projektet var att utvärdera en prototyp-maskin för automatisk plattläggning. Maskinen underlättar den tunga hanteringen av plattflödet samt ersätter den slitsamma läggningen av plattorna i bruket. Tester och beräkningar visar att en sådan maskin förbättrar arbetsmiljön avsevärt, speciellt när tyngre Terrazzo-plattor används.

Fälttester på tre olika byggarbetsplatser har genomförts under projektet. Där har alla arbetsmoment som ingår i plattläggning med maskinen testats under realistiska förutsättningar, om än på en mindre yta än normalt. Här ingår logistik (transport och lastning), uppstartsmoment (sättning av referensram, el och tryckluft, mätsystem, konfigurering), hantering av kontinuerligt flöde av plattor och bruk, samt själva plattläggningen. Förutsättningar och miljö har varierat mellan de olika fälttesterna, såsom temperatur, damm, fukt, ljusförhållanden, densitet och höjd på bruket.

Ett antal mindre ytor har lagts med maskinen under varje fälttest och resultaten har analyserats. Resultatet från maskinen liknar resultatet från den manuella plattläggningen. Framför allt är det viktigaste kravet på *tandning* (höjdskillnad mellan plattor) i paritet med den manuella metoden. Maskinen behöver dock förstärkas för att reducera några mekaniska töjningar för att helt uppfylla alla noggrannhets-kraven som ställs på ett golv. Sedan behöver också hastigheten ökas för att uppnå en lönsam nivå. Arbete på både förstärkning och hastighet har initierats efter detta projekt.

Sammanfattningsvis så visar testerna och analysen att en maskin för automatisk plattläggning ställer höga krav på mekanik och mätsystem för att uppnå ett resultat som motsvarar dagens manuella metod. Men projektet visar också att det är möjligt att realisera, och att en sådan maskin löser ett verkligt behov.

INNEHÅLL

BAKGRUND	5
ARBETSMILJÖ	6
HANDHAVANDE	8
FÄLTTESTER	9
BESKRIVNING.....	9
NOGGRANNHET.....	11
HASTIGHET.....	12
ÖVRIGA KRAV.....	13
ROBUSTHET	13
PRODUKTIVITET	14
SLUTSATSER	16
LITTERATURFÖRTECKNING	16

BAKGRUND

Golvimporten Entreprenad AB är ett 50-årigt bolag som är marknadsledare golvläggare för större ytor, t.ex. Terrazzo. Golvimporten är ett innovativt bolag som hela tiden letar efter nya lösningar både vad gäller verksamhet inom golvläggning och golvbehandling. Bolaget har aktivt jobbat med interna innovationer för att förbättra och förenkla golvarbetet.

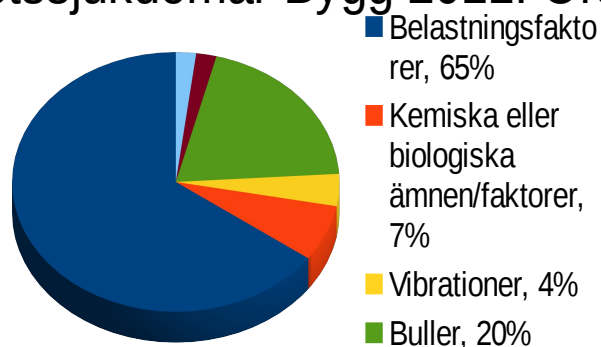
CBot AB utvecklar en maskin för automatisk läggning av Terrazzo- och granitkeramik plattor i bruk på större ytor så som livsmedelsbutiker etc. CBot AB är ett ungt bolag, som är medlem i Sveriges främsta teknikinkubator LEAD i Linköping och har stark koppling till forskning på Linköpings universitet. Vidare så har utvecklingen av denna maskin bl.a. finansierats av Bygginnovationen/Vinnova, där Bygginnovationens programledning har bedömt projektet så pass intressant att man har beviljat maximalt bidrag. CBot har även vunnit tävlingen ”Årets produktinnovation 2013” i konkurrens mot bolag i hela Sverige och utsågs även till en av Sveriges 10 mest innovativa entreprenörer 2015 av ÅForsk och Swedish Incubators & Science Parks (SISP).

Golvimporten har ett starkt intresse av utvecklingsprojekt och syftet med detta projekt är att utvärdera den teknik och maskin som CBot har utvecklat. Utvärderingsprojektet är ett första steg för att ta denna nya innovation i fullskaligt bruk. Ett viktigt syfte med detta test och utvärderingsprojekt är att undersöka om det går att använda robotautomation på en byggarbetsplats genom att analysera ifall tekniken är tillräckligt robust i en riktig miljö. Variationer i sand, bruksblandning, platttyp, belysning som riktas mot maskinen, solljus, temperatur, damm, smuts, fukt, ojämnt golv o.s.v. kan påverka roboten och mätsystemets möjlighet att lägga ett golv med hög kvalitet. För att fånga alla dessa variationer på ett statistiskt säkerställt sätt skulle maskinen behöva lägga väldigt många golv i sin helhet vilket skulle göra ett utvärderingstest oerhört tidskrävande och dyrt. Upplägget i det föreslagna projektet blir istället att för det första lägga riktigt golv för att utvärdera grundfunktionalitet, handhavande och arbetsmiljö. Målet med utvärderingsprojektet är att analysera vilka vinster som roboten genererar i form av förbättrad arbetsmiljö, ökad produktivitet och kortade ledtider.

Det pågår en del forskning inom området automatisk plattläggning [1,2]. Dessutom har SBUF tidigare beviljat medel till ett par förstudier om automatisk plattsättning i tunnlar. Det finns idag ännu ingen kommersiell produkt ute på marknaden för automatisk plattläggning och CBot är troligtvis det företag i världen som är närmast en fungerande maskin.

Målet med maskinen är att förenkla hantering av plattflödet samt ersätta den manuella plattläggningen för stora ytor, båda delarna är tunga moment i dagens manuella metod. Övriga moment är i stort sett desamma som för manuell plattläggning. Det bör nämnas att det kommer fortfarande att finnas behov av manuell plattläggning för mindre ytor där maskinen inte kommer åt, t.ex. nära hinder som golvbrunnar och pelare. Maskinen ska ersätta den repetitiva och slitsamma läggningen av de större ytorna.

Arbetssjukdomar Bygg 2011. Orsak



Figur 1: Orsaker till arbetssjukdomar i privata byggindustrin [3].

ARBETSMILJÖ

Den i särklass största orsaken till arbetssjukdomar inom byggindustrin är belastningsskador, se figur 1. Vid plattläggning av stora golv är arbetsmiljön ett stort problem, där en plattsättare arbetar dagligen under knähöjd och med en sned, vriden och böjd rygg. Att sätta plattor är även ett mycket ensidigt, repetitivt och tungt arbete. Allt detta sammantaget gör plattläggningsyrket till ett högriskyrke när det gäller förslitningsskador och långtidssjukdomar.

Att automatisera delar av det manuella arbetet kommer markant att reducera de repetitiva och slitsamma arbetsmoment som utförs. Fördelarna med att ha en maskin som lägger plattorna automatiskt är att ingen människa behöver sitta på knä på marken och flytta och banka dit de tunga plattorna. Vid manuell läggning måste hantlangaren bära fram plattor till golvläggaren, vilket också är ett mycket slitsamt arbetsmoment. Vid maskinell läggning måste maskinen fyllas på med plattor, men detta arbetsmoment kommer att underlättas markant av den för maskinen designade påfyllnadsvagn som beskrivs nedan, se figur 2.

Under projektet har förbättringarna av arbetsmiljö för golvläggarna studerats samt testats för att kunna se fördelarna med automation. En teoretisk analys av ergonomi vid manuell och maskinell läggning har gjorts m.h.a. ett vedertaget beräkningssystem för ergonomi som har tagits fram av NIOSH [4,5], som är den amerikanska motsvarigheten till det svenska arbetsmiljöverket. Detta beräkningssystem fokuserar på tunga lyft och det har varit svårt att hitta liknande för ergonomiska arbetsställningar som t.ex. att sitta på knä och slå med gummiklubba. Vi har därför valt att endast analysera transport av plattor från pall till plattläggaren vid manuell läggning och från pall till maskin vid maskinell läggning.

NIOSH beräkningssystem utgår från att en arbetare får lyfta maximalt 19 kg, utifrån perfekt ergonomiska förhållanden, maximalt var 5:e minut under en arbetsdag på 8 timmar för att minimera risken för skador. För att nå önskad läggningshastighet måste en arbetare lyfta 24 kg (4 terrazzo plattor), från relativt ergonomiska positioner, i snitt varannan minut, 8 timmar om



Figur 2: Illustration av hjälpmedel för transport av plattor.

dagen. Med denna jämförelse kan man enkelt se att dessa lyft inte rekommenderas och att arbetet till största sannolikhet är skadligt och kan ge upphov till stora förslitningsskador på utsatta kroppsdelar och muskelgrupper.

Vid maskinell läggning skall plattorna transporteras från pall till maskinen. För att minska risken för skador har en påfyllnadsvagn konstruerats (se figur 2) som fylls på med plattor vid den pall som plattorna levereras på och sedan förs till maskinen för att på ett enkelt sätt kunna ladda plattorna direkt i magasinet i maskinen. Om samma flöde av plattor skall hållas med vagnen som för manuell läggning, måste en hantlangare i snitt ladda vagnen med en platta (6kg) 2 gånger per minut. Den minskade vikten per lyft gör väldigt stor skillnad och enligt NIOSH beräkningssystem får en arbetare lyfta ca 6 kg, utifrån perfekt ergonomiska förhållanden, 6 gånger per minut under en arbetsdag på 8 timmar. Dvs det finns en stor marginal på lyftfrekvensen. En vagn skulle även kunna användas vid manuell läggning för transport av plattor från pall till plattläggaren, men då måste vagnen fyllas på vid pall samt att plattorna lyfts av vid plattläggaren och läggs ut i fotledshöjd.

Mer detaljerade beräkningar m.h.a. NIOSH beräkningssystem har gjorts för att analysera ergonomi vid laddning av vagn samt transport av vagn till maskin, där vi kommit fram till att det är möjligt att nå de riktlinjer som krävs givet viss om-design av vagnen. Vi ser därför stora möjligheter att denna innovation kan göra golvläggningssyrket till en ergonomiskt hållbar arbetsplats där man kan vara verksam i hela sitt liv.

För att se så att de teoretiska värdena stämde med verkligheten så testades vagnen under det sista fälttestet för att kunna göra en utvärdering och för att få återkoppling från plattläggarna. Vi fick också möjligheten att se och testa om hjälpmedlet behövde några extra funktioner för att underlätta arbetet mer. Detta test gav mycket bra resultat och vi fick med oss värdefull information för den fortsatta utvecklingen.

HANDHAVANDE

En uppgift i projektet var att uppskatta enkelheten i handhavande av automation på riktiga arbetsplatser. Det mesta har fungerat bra, men testerna har också gett uppslag för ytterligare förbättringar.

Det första momentet innefattar transport och lastning. Maskinen är konstruerad för att få plats i en liten lastbil, och utanför lastbilen manövreras maskinen med ett truckhandtag och drivs med en hjälpdrift-motor. Vid utformningen av detta system har man tagit hänsyn till på vilka underlag som maskinen kommer att köras på, vilket är grovt gjutna betonggolv. Utöver att kunna manövreras och köras på dessa golv är det även tänkt att maskinen skall kunna köras upp och ner för ramper med en maximal lutning på ca 20 grader. Detta för att man ska kunna köra maskinen upp och ner från t.ex. lastbilar. Manövreringen av maskinen har slutligen också utformats för att kunna flytta maskinen snabbt och noggrant mellan lägningspositionerna.

Prototypen kräver extern ström och tryckluft. Även produkten förväntas behöva någon form av externa kablar, men det bedöms inte vara ett stort hinder. Dock var det inte helt ovanligt med korta strömavbrott på byggarbetsplatserna, så batteribackup kommer att behövas.

Förutom maskinen så behövs några externa komponenter till mätsystem. Dessa delar behövs för att tillse att golvet blir tillräckligt rakt och plant över större områden. Detta system kräver ganska lite uppstartstid, men behöver flyttas med varje ny rad som ska läggas. Det är dock i analogi med den manuella metoden där ett snöre behöver flyttas med varje ny rad. Fortsatt arbete pågår också för att göra de externa komponenterna lika enkla att använda som snöret vid hinder såsom golvbrunnar och pelare.

Slutligen behöver ett fåtal parametrar konfigureras innan lägningsprocessen kan påbörjas. Just nu görs det med tangentbord och text-kommandon, men i produkten förväntas detta kunna ske med ett enkelt användargränssnitt bestående av exempelvis en pekskärm för konfigurering vid uppstart samt ett fåtal knappar under normal körning. Skärmen kommer också att användas som återkoppling vid eventuella driftstopp och specialfall såsom golvbrunnar och pelare. Maskinen kan t.ex. också via skärmen ge återkoppling om kompressionen av bruket är tillräckligt hög för att ge ett hållbart golv.

För att underlätta för användaren av maskinen så måste materialflödet av plattor ske på ett enkelt och smidigt sätt som möjligt. Detta har vi löst genom att användaren enkelt fyller på plattor från den pall som plattorna levereras på från tillverkaren, till den specialbyggda kärran som nämnts tidigare. Denna process med att föra över plattorna är tänkt att göras på ett ergonomiskt sätt genom att plattorna överförs på en höjd som minimerar förslitningsskador. När kärran är fylld med rätt mängd plattor, vilket kommer att vara beroende av antalet plattor som skall läggas vid varje uppställning av maskinen samt tjockleken på plattorna, så förs kärran till maskinen där operatören enkelt postar platthögen i maskinens inbyggda magasin.

Vikten av flexibla lösningar för att hantera olika stora ytor och olika hinder bekräftades också under testerna. Även om maskinen främst är tänkt att användas på stora ytor utan alltför många golvbrunnar och pelare så måste den ändå kunna hantera en viss mängd hinder.

FÄLTTESTER

Ett syfte med projektet har varit att utvärdera teknologin som maskinen bygger på ur perspektivet att uppfylla de krav som branschen ställer på ett lagt golv. Den mesta av tiden i projektet har lagts på praktiska tester ute på byggarbetsplatser samt analys av både numeriska data och handhavande.

Vi har utfört tester på tre olika byggarbetsplatser, två byggen utanför Linköping under hösten 2015 samt ett bygge utanför Göteborg under våren 2016. Testerna har skett i samarbete mellan de båda inblandade parterna; dels arbetsledande stenmontörer från Golvimporten med lång erfarenhet av plattläggning och dels ingenjörer från CBot som har utvecklat maskinen.

Beskrivning

En patentstrategi för maskinen är under utarbetning. Under tiden behöver vi skydda maskinen från insyn. Därför skedde testerna i ett tält och i ett avskärmat område. I övrigt så har testerna försökt hållas så realistiska som möjligt. Figur 3-6 visar några bilder från fälttesterna.



Figur 3: Testerna utfördes i ett tält och i ett avskärmat område som en del av patentstrategin.



Figur 4: En ram med plattor (s.k. fris) läggs manuellt runt området som ska läggas. Den tjänar som referens för att få rätt höjd och raka rader. En sådan fris används även av dagens plattläggare. Frisen som användes i testerna gjordes också av erfarna plattläggare. Även det bruk och slam som användes blandades och lades ut av plattläggare. Normalt är frisen bredare än de som användes i testerna men principen är densamma.



Figur 5: Exempel på lagda plattor med maskinen. Vi la 10-20m² yta vid varje fälttest. Plattorna bröts upp efteråt och fästytan mellan plattor och bruk analyserades.

Figur 6: Vi var där samma veckor som plattläggarna som ska lägga golven. Vi hann också studera deras arbetsmoment och läggning (vilket vi även har gjort under tidigare studiebesök).

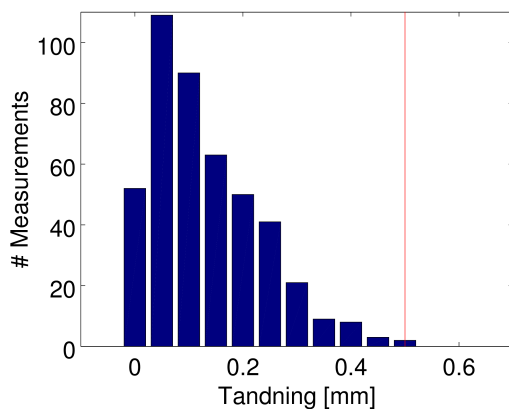


Vi går nedan igenom resultat från fälttesterna och jämför med de krav som finns. Vi har under de tre testerna provat lite olika konfigurering av maskinen. Vi presenterar här de inställningar som fungerat bäst.

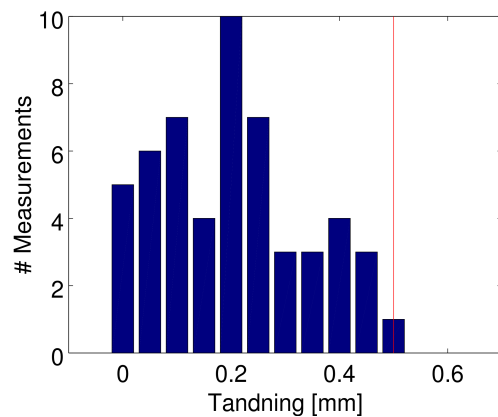
Noggrannhet

Det viktigaste numeriska noggrannhetskravet är *tandning* (höjdskillnad) mellan närliggande plattor. För Terrazzo-plattor så får t.ex. tandningen vara maximalt 0.5mm. Figur 7 visar ett exempel på tandning dels när plattorna läggs med maskinen och dels när de läggs manuellt.

Exempel från tester med maskinen

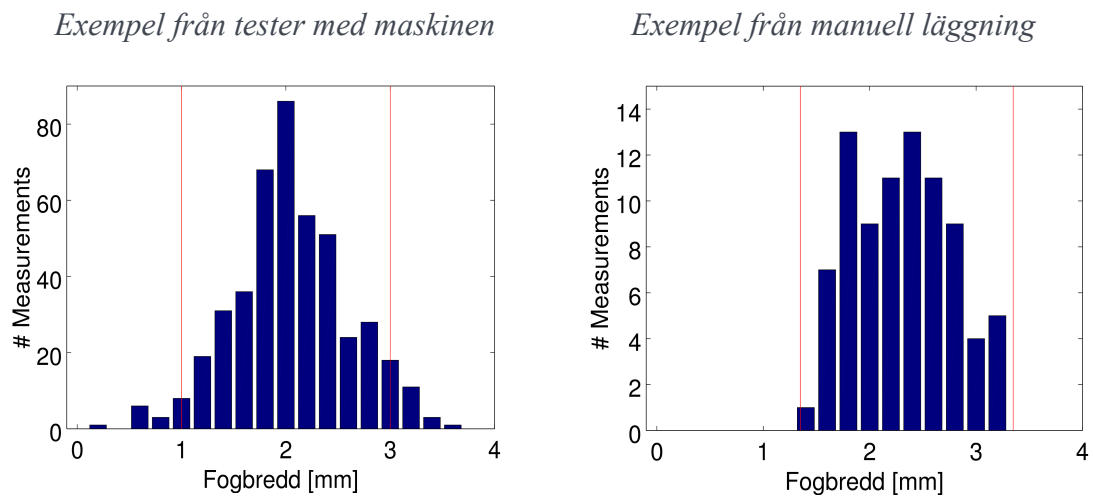


Exempel från manuell läggning



Figur 7: Resultat på tandning. Den röda linjen markerar kravet 0.5mm.

Ett annat krav är *fogbredd* mellan närliggande plattor. Fogbredden väljs av plattläggarna själva och brukar ligga på ca 2mm, men variationen i fogbredd bör inte överstiga +/-1mm. Figur 8 visar ett exempel på fogbredd dels när plattorna läggs med maskinen och dels när de läggs manuellt.



Figur 8: Resultat på fogbredd. De röda linjerna markerar kravet +/-1mm.

Man kan se i figuren att fogbredden ibland hamnar lite utanför kravet. Detta beror på en mekanisk töjning i maskinen och efter detta projekt så har ett arbete startats för att förstärka de delar som orsakar töjningen. Lösningen förväntas reducera driften så mycket att kravet uppfylls.

Förutom lokala krav mellan närliggande plattor så finns också globala krav på att ett golv ska vara rakt och ha konstant höjd. Plattläggarna använder en kombination av uppspända snören och laserplan eller andra avvägningsinstrument för att hålla de kraven. Framför allt så får höjden variera maximalt 1mm per meter. Även om snöret är spänt så sjunker det ner lite på mitten, vilket gör att höjden blir lite lägre där. Höjdkravet uppfylls dock fortfarande med god marginal. Maskinen använder en annan metod som ger en höjdvariation som är mer oberoende av position, fortfarande inom kravspeccen.

Hastighet

Den manuella plattläggningen utförs väldigt effektivt av ett arbetslag. Prototypen är än så länge för långsam för att uppnå samma hastighet. Det pågår just nu ett annat projekt för att snabba upp maskinen och förväntas ta hastigheten till en lönsam nivå. Här ingår t.ex. mekaniska rörelser av delsystem, datainsamling av mätsystemet, regleralgoritmer för läggningen, enkel hantering av flytt av maskin och laddning av magasin.

Även om maskinen klarar av ganska hårt bruk så påverkar det också hastigheten, vilket också är fallet vid manuell läggning. Det kommer därför bli nödvändigt att brukets hårdhet hålls under kontroll. Eftersom maskinen är tänkt att ersätta de manuella klubbslagen så är det viktigt att maskinen istället kan ge automatisk återkoppling på brukets hårdhet och estimat av den kompression som nås i bruket. Detta bedöms möjligt att göra genom maskinens mät- och reglersystem samt skärmen.

Det finns också en möjlighet att använda två maskiner parallellt. Då kan dessutom vissa arbetsmoment utföras av samma person till båda maskinerna och på så sätt reducera antalet personer som behövs till varje maskin, vilket ökar produktiviten markant. Ett exempel är två maskiner som vardera har en operatör, men bara en gemensam hantlangare.

Övriga krav

Förutom numeriska krav så finns t.ex. krav på täckning under plattan. Det är viktigt att bruket har täckning under hela plattan efter läggning. Plattorna har emellanåt lyfts upp och inspekterats, och täckningsgraden har sett bra ut efter läggning med maskinen. Eftersom vibrationer används istället för klubbslag så tror vi att täckningen under plattan kommer att bli bättre vid maskinell läggning jämfört med manuell, vilket i sin tur leder till ett mer hållbart golv.

ROBUSTHET

En stor anledning till fälttesterna har varit att utvärdera om teknologin är tillräckligt robust för användning i branschen. Nedan diskuteras några viktiga aspekter.

Då maskinens främst kommer att användas i dammiga och smutsiga arbetsplatser så är det viktigt att olika delar av maskinen går att rengöra på ett enkelt sätt. Detta har lösts genom att kapsla in rörliga delar samt att göra det enkelt att komma åt att rengöra känslig utrustning. Det finns även möjlighet att t.ex. byta ut skydd på mätsystemet om problemet med smuts blir för stort.

Maskinen förväntas ha en hög nyttjandegrad vilket kommer att resultera i ett stort slitage på rörliga delar. Det är viktigt att driftstopp för maskinen minimeras, då varje arbetsuppgift på en byggarbetsplats har en tight deadline och hela bygget skulle stanna upp om inte golvet lades på rätt tid. För att minimera denna risk har stort arbete lagts på att göra det möjligt att smörja in och inspektera rörliga delar, vilket underlättar vid service och att livslängden ökar avsevärt.

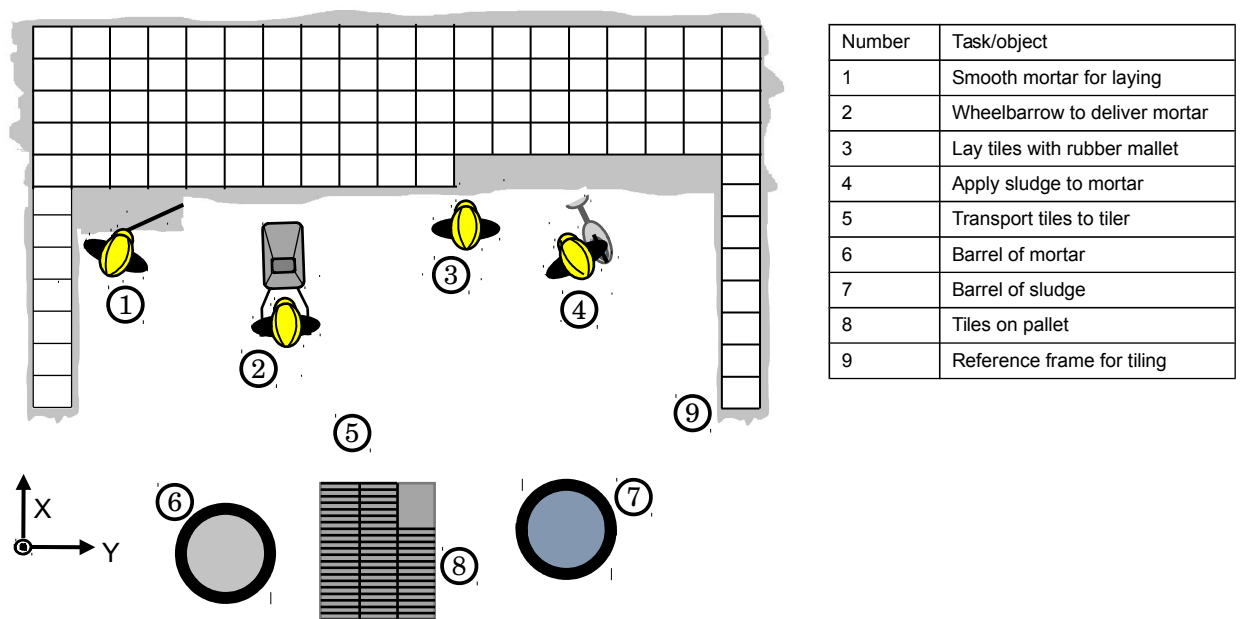
Det är stor skillnad på ett mätsystem som ska fungera i en industrilokal där miljön kan kontrolleras jämfört med en byggarbetsplats där man har begränsad kontroll på t.ex. ljusförhållanden, temperatur, damm och fukt. Dessutom måste systemet kunna hantera variationer i position på maskinen, olika typer av plattor samt olika hårdhet och höjd på bruket. Detta ställer höga krav på mätsystem och reglersystem och vi har under fälttesterna provat på olika variationer med bra resultat trots att maskinen ännu bara är en funktionsprototyp.

Prototypen har visats robust nog för fälttesterna och testerna har också gett en bra uppfattning om vilka krav på robusthet som ställs på den framtida produkten; Det måste vara enkelt att rengöra maskinen från damm. Byggnaden är oftast men inte alltid uppvärmd när golvet ska läggas, vilket ställer krav på arbetstemperaturen. Det kan vara ganska fuktigt i lokalen vilket ställer krav på beständighet mot fukt både på elektromekanik och elektronik. Olika delar av lokalen kan vara mörka eller utsatta för direkt solljus vilket ställer krav på mätsystemet. Dessutom gav fälttesterna viktig information om vilka typer av specialfall och hinder som maskinen och mätsystem behöver kunna klara av.

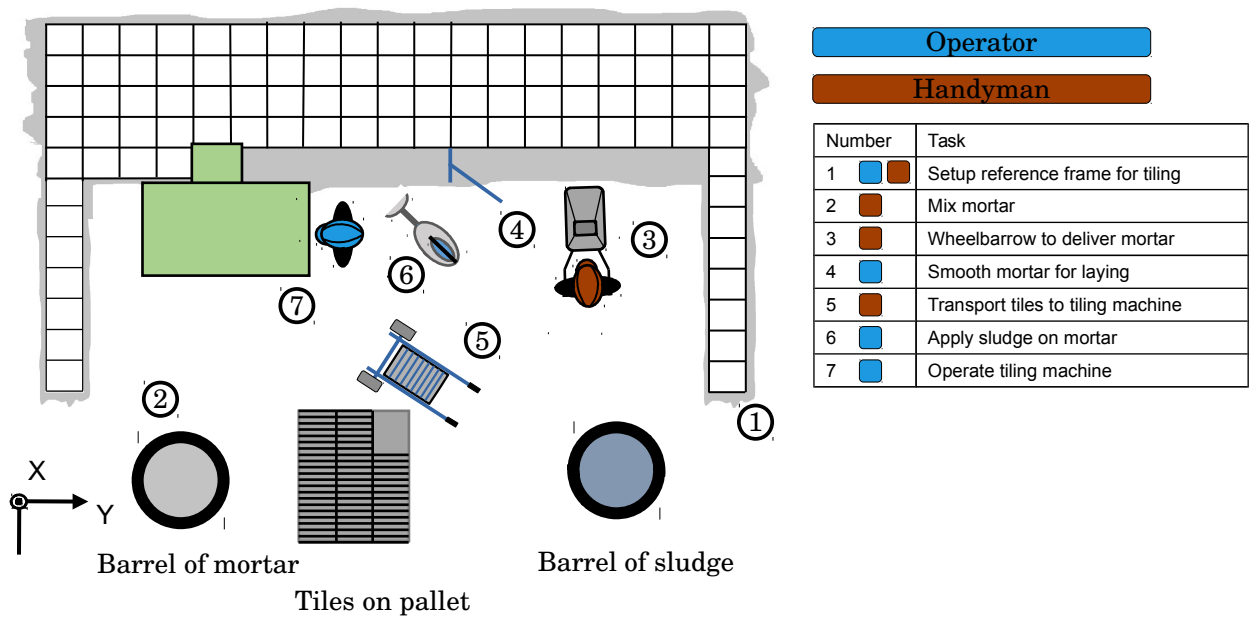
PRODUKTIVITET

En annan del av detta projekt var att uppskatta den ökade produktivitet som kommer att kunna nås genom automation. Det går i dagsläget inte att ge en siffra på produktiviteten. Det beror bland annat på hur mycket det går att öka hastigheten. Några olika scenarios har dock diskuterats.

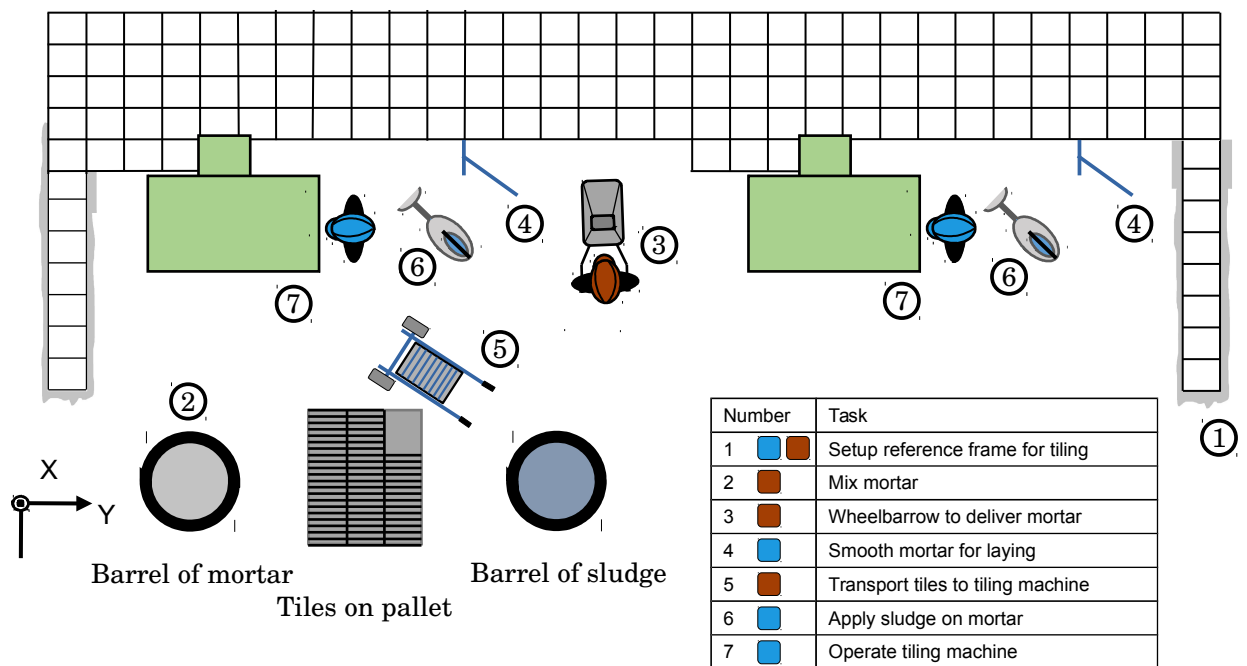
Figur 9 visar en exempel-skiss på arbetsmomenten i dagens manuella metod. Arbetslaget är typiskt 4-5 personer. Ofta lägger de två fack samtidigt (skissen visar bara ett fack). Figur 10 visar ett exempel på en maskin, en operatör och en hantlangare. Beroende på hastighet så behövs det allt från 1-3 personer för handha maskinen, lägga ut bruk, fylla på plattor, blanda bruk, etc. Observera att maskinen lägger plattorna själv utan att en operatör behöver övervaka, vilket innebär att operatören kan göra andra arbetsuppgifter. Bedömningen idag är att det krävs två maskiner som arbetar parallellt för att nå önskad lägningshastighet på ett bygge, se figur 11. Beroende på automationsgraden på maskinen, dvs. om den kan förflytta sig själv eller inte så är vår bedömning att det behövs 2-3 personer för att supporta två maskiner jämfört med dagens arbetslag på 4-5 personer vid manuell lägnings. Detta ger en produktivitetsökning på 25 – 60%.



Figur 9: Dagens manuella metod.



Figur 10: Exempel på en maskin och två människor.



Figur 11: Exempel på två maskiner och tre människor.

SLUTSATSER

Sammanfattningsvis så ger manuell läggning och läggning med maskin liknande noggrannhet. Det viktigaste kravet på tandning kan uppfyllas med maskinen. Det återstår dock en mekanisk töjning i maskinen som ibland ger en drift av plattorna i sidled. Arbete för att förstärka de delarna har initierats. Den viktigaste faktorn kvar att förbättra är hastigheten, och även här pågår ett arbete för att ta maskinen till en lönsam nivå. Här ingår även att slutföra helhetskoncept av alla arbetsmoment.

Fälttesterna har gett information som blir till stor nytta inför slutförandet av en produkt i kommande projekt. Det står fortfarande klart att maskinen uppfyller ett verkligt behov och ger en stor förbättring på arbetsmiljön.

LITTERATURFÖRTECKNING

[1] ”Robotic tiling of rough floors: A design study”, J.P.R. Jongeneel, Master Thesis

[2] Robotic Tiling Demonstrator: <http://www.futurecities.ethz.ch/project/robotic-tiling-demonstrator>

[3] ”Arbetsmiljöverket, Arbetskadestatistik – Arbetsolyckor i byggbranschen”

<http://oru.diva-portal.org/smash/get/diva2:734194/FULLTEXT01.pdf>

https://pure.ltu.se/portal/files/98555121/Arbetskadator_inom_byggindustrin_2011.pdf

[4] ”Arbete och teknik på människans villkor”. M. Bohgard et al. Förlag: Prevent, ISBN 9173650374.

[5] ”Applications Manual for the Revised Lifting Equations”. Thomas R. Waters, Vern Putz-Andersson, Arun Garg, 1994. U.S. Department of Health and Human Services. DHHS (NIOSH) Publication Number 94-110.