

TEKNIKSCANNING

PRODUKTIONSautomation I BETONGBYGGANDET

2020-01-08

Introduktion

Det här dokumentet är en bilaga till rapporten 13610
Produktionsautomation i betongbyggande för SBUF.

Dokumentet listar automations- och robotiseringsteknologier som har identifierats av författarna under arbetets gång. För mer information kring metodik och urval se rapporten.

Tillhörande det här dokumentet finns även en processmatris där teknologiernas påverkan och inverkan i byggprocessen åskådliggörs.

Dokumentet är sammanställt av:

Petra Jennings, FOJAB
Robert Larsson, Cementa

2019-12-20

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

• Introduktion	s. 2
• Automatiserade maskiner	s. 4
• Artikulerade robotarmar / SKM	s. 22
• Parallelrobotar / PKM	s. 36
• Linrobotar	s. 39
• Gantrymonterade verktyg	s. 41
• Drönare	s. 47
• Artificiella Exoskelett & Humanoida robotar	s. 51
• Robotar + AI	s. 59

Utvärderingskriterier

UTVÄRDERINGSKRITERIER

Utvärderingen av respektive teknologi sker med hjälp av en 4-gradig skala (Skala 0-3) inom områdena nedan.

0 = Ingen påverkan

1 = Liten potentiell påverkan

2 = Viss potentiell påverkan

3 = Stor potentiell påverkan



A: Produktivitet

B: Arbetsmiljö

C: Produktkvalitet

D: Produktinnovation

E: Miljöpåverkan

TRL-NIVÅER

Skala 1-9

Fas	TRL	Kännetecken för uppnådd nivå	Exempel på den mognadsnivå som ska uppnås
Införande	9	Produkt används med framgång (verifierad produktanvändning).	Produkten har introducerats på marknaden och tekniken har visat sig fungera i verklig användning.
Pilot- och demonstratorprojekt	8	Komplett system är validerat.	Test- och demonstrationsfasen är avslutad till potentiella kunders belåtenhet. Tekniken har funnit sin slutliga form, prestanda är bekräftade.
	7	Demonstration i driftsmiljö.	Tekniken har visat sig fungera i tester med prototyp- eller demonstrationsfordon i verklig driftsmiljö. Överlämning till produktutveckling.
	6	Demonstration i relevant miljö.	Systemet eller ett större delsystem har testats under verklighetsliknande förhållanden (t ex på provbana).
Teknisk forskning	5	Teknisk validering i relevant miljö.	Komponenter eller delsystem har testats under verklighetsliknande förhållanden (t ex testrigg eller testfordon). Teknikens livskraft verifierad.
	4	Teknisk validering i laboriemiljö.	Komponenter eller delsystem har testats. Konzeptets relation till andra system (t ex i ett komplett fordon) har bestämts.
	3	Experimentella bevis på konceptets potential föreligger.	Analytiska eller experimentella studier har genomförts. Karaktäristiska drag hos tekniken är kända.
Grundforskning	2	Teknikkoncept formulerade.	Möjliga applikationer har identifierats. Grundläggande principer studeras. Förfinad förutsägelse av prestanda.
	1	Grundläggande principer observerade.	Vetenskapliga resultat finns som tyder på en möjlig praktisk tillämpning. Prestanda kan uppskattas.



AUTOMATISERADE MASKINER

Specifika maskiner som kan fjärrstyras, har automatiserats eller robotiserats

Lyftoket Humlan

Inomec

TRL 7

1

PROD.

3

ARB.

2

KVAL.

0

INNO.

0

MILJÖ

Lyftoket Humlan hjälper till med finjustering vid placering av prefabelement vid montage. Oket är försett med batteridrivna hydraulik och har två kolvar som kan sänkas ned 400 millimeter. Manövreringen sker med fjärrstyrning, vilket gör det både enkelt och säkert att justera betongblocken till rätt position. Normalt räcker en laddning till två till tre dagars användning.

NYTTA

Bidrar till minskade arbetsplatsolyckor och ökad produktivitet.

STATUS

Oket finns som prototyp men ej kommersiellt tillgänglig.

UTMANINGAR

- Utmanande steg att gå från fjärrstyrning till automation.

Referenser:

- http://www.mynewsdesk.com/se/maskin_expo/pressreleases/hydruliska-lyftoket-humlan-visar-tidsvinster-paa-maskinexpo-1377027



Bilder: MaskinExpo Sweden AB

Självklättrande formor

Doka

TRL 9

2

3

0

0

0

PROD.

ARB.

KVAL.

INNO.

MILJÖ

Självklättrande plattform guidad av vertikala element monterade på fasad. Med hjälp av en lyftkran dras klätterställningen inklusive form, styrd vid konstruktionen, snabbt och vindoberoende uppåt. Genom systemets moduluppbyggnad kan klätterformen användas för många olika byggnadstyper. T ex höghuskärna, pelare eller industribyggnad. Dessutom kan systemet användas som skyddsskärm med olika inklädnadsvarianter.

NYTTA

Ställningen medför säkrare arbetsmiljö och underlättar att hålla tidplanen.

STATUS

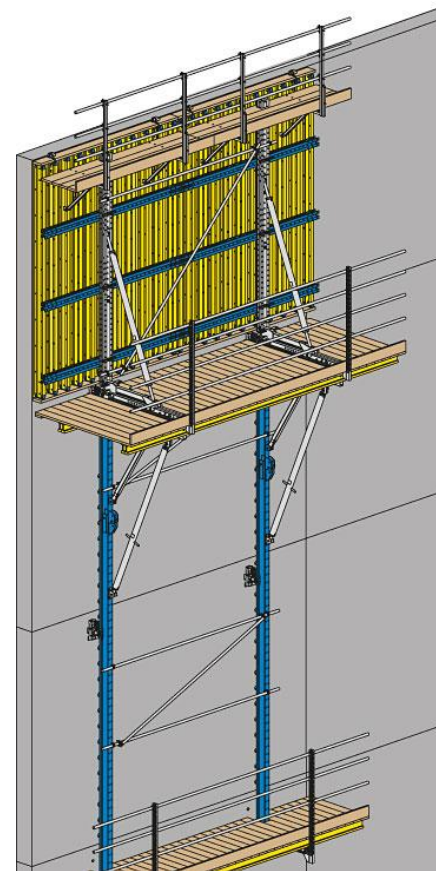
Produkten är etablerad och finns på marknaden idag.

UTMANINGAR

Svårare att applicera vid mer komplicerad utformning av byggnader?

Referenser:

- <https://www.doka.com/en/system-groups/doka-climbing-systems/crane-lifted-climbing-formwork/guided-climbing-formwork-xclimb60/index>



Bilder: doka

<https://www.doka.com/en/system-groups/doka-climbing-systems/crane-lifted-climbing-formwork/guided-climbing-formwork-xclimb60/index>

The rising factory

Davies Maguire och MACE

TRL 9

3	3	1	0	2
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

En femvåningsfabrik som klättrar upp en våning per vecka. Byggnaden konstrueras inom fabriken, och endast interiöra ytarbeten återstår när fabriken klättrar vidare. Fabriken medför säkrare arbetsmiljö och underlättar att hålla tidplanen. Fabriken är hissas med hjälp av hydrauliska pumpar.

NYTTA

Uppskattningsvis medför den vertikala fabriken, enligt tillverkaren:

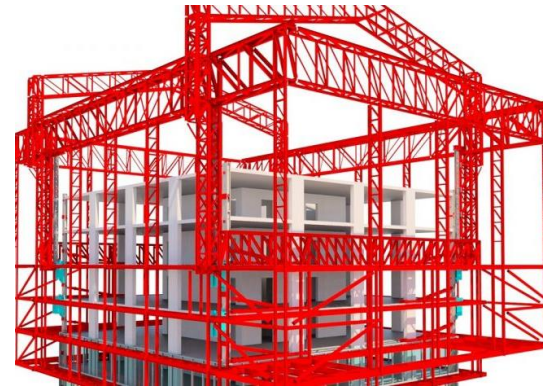
- 25% kortare byggtid
- 30% reduktion av motortrafik
- 75% reduktion av materialspill

UTMANINGAR

- Kräver stor satsning från byggföretag för att implementera.
- Förutsätter noggrann detaljerad planering och väl intrimmade logistikflöden enligt JIT?

Referenser:

- <http://www.dmag.com/projects/the-rising-factory/>
- <https://bldwhisperer.com/rising-factories/>



1.



2.



3.

Bilder: 1 och 3: Davies Maguire (<https://www.dmag.com/projects/the-rising-factory/>)
2: <https://www.macegroup.com/projects/east-village-no8>

Utsättningsroboten Archibot

Han Seok Nam - Landor architecture

TRL 4

3	0	1	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Liknande en robotdammsugare så åker den här utsättningsroboten runt i rummet och ritar upp en CAD-ritning direkt på bjälklaget. Roboten orienterar sig själv i rummet.

NYTTA

Utsättningsroboten bidrar till ökad produktivitet dels då utsättningen kan ske automatiskt och kontinuerligt, dels då byggfel kan minskas.

STATUS

Roboten är patenterad i ett flertal länder. Prototyp är under utveckling.

UTMANINGAR

- Precision och tillförlitlighet
- Rita på olika sorters ytor och material
- Navigera och operera i stökiga och smutsiga miljöer

Referenser:

- <http://landorarchitecture.com/archibot.php>



Bild: Courtesy of Han Seok Nam
<https://www.core77.com/posts/26824/archibot-the-plan-printing-roomba-for-architects-and-contractors-26824>

Radiostyrd betongfördelare och transportmaskin

Line Dragon

TRL 9

2	3	0	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Radiostyrd bensindriven betongfördelare och transportmaskin från Line Dragon i USA. Maskinen kan förflyttas över armering, värmegolv, bjälklags kassetter, bärlager mm, fram, bak, vertikalt (krabbstyrning). Maskinen väger ca 500 kg och körs på breda, gummifyllda däck som fördelar vikten.

Line Dragon "betongfördelaren" anslutes i slutet av pumpslangen och distribuerar betongen som pumpas av pumpbilen. Line Dragon "transportören" placeras mellan ca 6 -12 meter innan betongfördelaren som flyttar pumpslangen och håller undan för betongfördelmaskinen samt flyttar bort demonterade slangar.

NYTTA

- Säker manövrering på avstånd ger förbättrad arbetsmiljö, och ökad effektivitet
- Snabbare utläggning
- Större stenmax då maskinen klarar bredare slangar än manuell manövrering

STATUS

Finns tillgänglig på marknad

UTMANINGAR

- Att utveckla maskinen mot ökad automation
- Kan kvalitetskontroll och informationsåterföring automatiseras

Referenser:

- <https://sv.lindec.com/product/line-dragon-concrete-placer>



Bild: AB linedec

Självstyrande pumpslang

Reich

Automatiserad pumpslang som kopplar ihop med automatisk betongpump och bildar ett system av automatisk och självstyrande betongfördelning. Pumpslangen styrs av fjärrkontroll, och dess biomimetiska mobila struktur efterliknar mänskliga armen.

NYTTA

- Säker manövrering på avstånd ger förbättrad arbetsmiljö, och ökad effektivitet
- Tar bort det slitiga jobbet att manuellt hålla i slangen.
- Snabbare utläggning

STATUS

Prototyp finns, men ingen pågående utveckling. Patent finns.

UTMANINGAR

Information saknas

Referenser:

- <https://reichag.com/>

TRL 4

2	3	0	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Reich

Higher Output

More Safety

Steady Productivity

Less Man-power

Power Steering

Flex

Automated End-hose System

The advertisement features a central image of the Reich Flex hose system, which is a red and black articulated hose with a control handle. The background is dark with a circular inset showing the hose in use. The text is arranged in a list-like format on the left side, and the product name 'Reich Flex' is prominently displayed in the center and bottom.

The Reich Automated End-hose is patented worldwide. It is now possible to position the End-hose freely by remote control. Its innovative biomimetic mobility structure imitates the muscle system of the human arm.

We Move Concrete

The advertisement shows three different views of the Reich Flex hose system. The top view shows the hose from a side angle, the middle view shows it from a front angle, and the bottom view shows a close-up of the control handle. A circular inset shows a hand operating the handle. The background is orange. The text is arranged in a list-like format on the left side, and the product name 'Reich Flex' is prominently displayed in the center and bottom.

Bilder: Reich

Ytbearbetning: Robotar för glättning, slipning och städning

TRL 8

Dynapac & Chalmers
Tibroc
Taisei Cooperation

University of Tsukuba
Takenaka
Kajima m.fl.

3	3	1	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Glättning av betong med semi-automatiska radiostyrda till automatiska självkörande maskiner.

1. Tibroc – Radiostyrd
 2. T-iRobo, Taisei – Självkörande
 3. Stratex Floor – Självkörande
 4. SurfRobo, Takenaka Corporation – Självkörande
- Slipning och städning av horisontella betongytor.
MTV-1, Shimizu – Automatisk, sladdlös
8kvm/min vid städning, 2 kvm /min vid slipning
Kapaciteten är ca 500kvm/h.

STATUS

Maskinerna har funnits sedan 80-talet, men har inte implementerats i någon större utsträckning. Utveckling av prototyperna avstannade under 1990-tals finanskris.

Referenser:

- Kikuchi et al, ISARC 1988
- Åhman, P. et al: Robotar i Byggbranschen, FoU-Väst 1988



Bilder:

1. www.youtube.com/watch?v=Op1J06KXUgI
2. T-iROBO (www.taisei.co.jp/english/csr/feature/03/)
3. www.youtube.com/watch?v=dDxPOqPcDY4

Fjärrstyrda bandmaskinen Rollit

FormConsult AB

TRL 9

2

2

2

0

0

PROD.

ARB.

KVAL.

INNO.

MILJÖ

Bandmaskin för planare och tätare betongytor. Maskinen är fjärrstyrd och så lätt att den kan köras på färsk betongmassa. Klarar hel- och halvflytbetong, anläggningsbetong och s.k. självkompakterande betong. Genom att yttrycket är så lågt kan maskinen bearbeta ytan långt innan den kan bära en konventionell glättningsmaskin. Ytan är färdigbehandlad redan 2-3 timmar efter att betongen har lagts ut.

NYTTA

- Operatören behöver inte beträda den nylagda betongytan
- Eftervibrering minskar risken för ofta förekommande tidiga krympsprickor
- Ger ett planare, tätare och ett starkare ytskikt
- Ytan blir mer beständig mot kloridmigration

STATUS

Finns tillgänglig på marknaden

UTMANINGAR

- Att utveckla maskinen mot ökad automation
- Kan kvalitetskontroll och informationsåterföring automatiseras

Referenser:

- <http://www.rollit.se/rollit-bandmaskin/>



Bilder: FormConsult AB

Laserstyrd rotormaskin för betongavjämning

Samarbete: Leif Johansson ABV och Chalmers

TRL 4

2	3	1	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Underlättar vid betonggjutning av plattor och valv.
Arm med upp till 10m räckvidd med ett hydraulmotordrivet skovelhjul som jämnar ut betong, magasinerar överskottsбетong och fyller ut håligheter i ytan.

NYTTA

Avlastar tunga arbetsmoment

STATUS

Prototyp finns, men ingen aktiv utveckling

Referenser:

- Åhman, P. et al: Robotar i Byggbranschen (Bilaga 1, nr29), FoU-Väst 1988.



Textila stickade formar som stickas på automatiserad stickningsmaskin. Textilerna spänns upp med hjälp av kolfiberstavar och vajrar till önskad form och en cementslurry appliceras för att göra den stel. Efter det kan betong antingen gjutas mot formen eller sprayas på. Textilerna och kolfiberstavarna kan agera som armering i den färdiga produkten.

NYTTA

Möjliggör för tunna och lätta konstruktioner och kan på så vis reducera klimatpåverkan.

UTMANINGAR

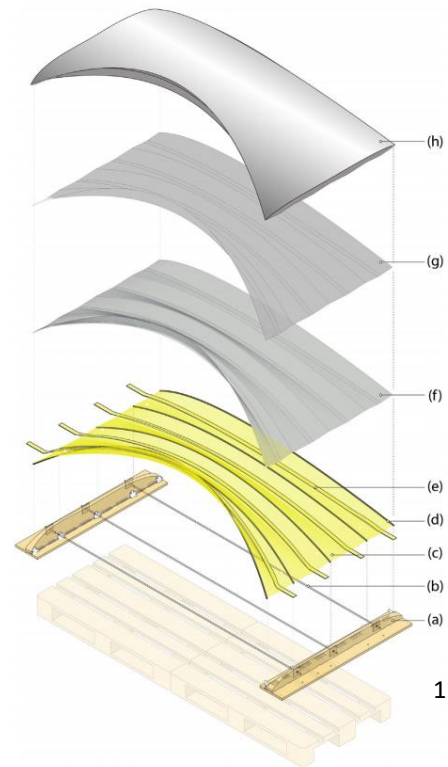
- Innovationsteknik som kräver förändringar i hela värdekedjan för att kunna implementeras.

STATUS

Stickmaskiner är kommersiellt tillgängliga, men kunskap för användning av dem inom bygg är väldigt ovanlig.

Referenser:

- Building in Concrete with an Ultra-lightweight Knitted Stay-in-place Formwork: Prototype of a Concrete Shell Bridge
- Tailored Fabric Formwork, K. Milne



Bilder: 1: Institution of Structural Engineers (www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352012418300262)

2: Stoll (www.directindustry.com/prod/stoll/product-180256-1776577.html)

3: Block Research Group and Physical Chemistry of Building Materials Group, ETH Zurich

CNC-frästa gjutformar av is

Innochain(Vasily Sitnikov), KTH och Buro Happold

TRL 3



Is i stora block fräses till önskad form med hjälp av en CNC-maskin, och används sedan som gjutform. När betongen är härdad avformas den genom att isen smälter. Processen ger stor geometrisk frihet och hög ytfinish på produkten.

NYTTA

Möjliggör nya estetiska uttryck på betongytor.

UTMANINGAR

- Temperatur-beroende process
- Betongegenskaper är kritiska
- Betongens hållfasthetstillväxt avstannar/går långsammare om den kyls ner.
- Oklart hur betongens prestanda påverkas av att härdas mot den frusna ytan.

STATUS

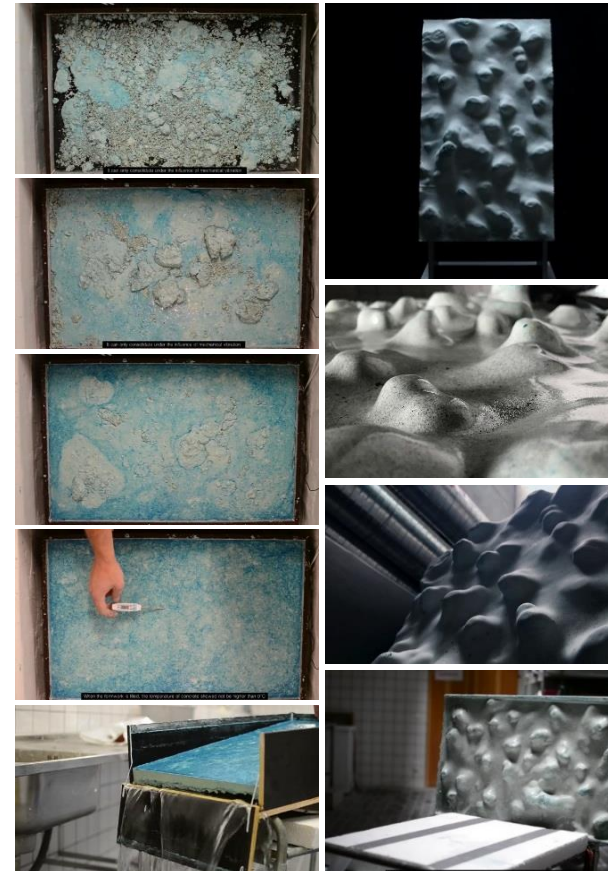
Forskning pågår.

KOMMENTAR

Ej tillräcklig informations för att uppskatta produktivitet, arbetsmiljö, kvalitet och klimatpåverkan.

Referenser:

- <http://innochain.net/esr9-simulating-concrete-formwork/>



Bilder: <https://vimeo.com/243123322>



Bilder: <http://innochain.net/iceformwork-new-type-formwork-ultra-high-performance-concrete/>

Formbord - DoKart

Doka

TRL 9

3

3

0

0

0

PROD.

ARB.

KVAL.

INNO.

MILJÖ

Maskin som hjälper till vid förflyttning av formbord på byggplats. Konstruktionen är anpassad för användning vid besvärliga förhållanden på byggarbetsplatser. Vagnen är kompakt och tillförlitlig genom stora hjul. Den förflyttar sig horisontellt i sidled och roterar runt centrumaxeln. Detta medför kortare körsträckor och gör det enklare att snabbare flytta formborden. Hög bärförmåga(2000 kg) och lyft hastighet påskyndar arbetet.

NYTTA

- Optimering av arbetsplatslogistiken genom färre kranar resp. krantider.
- Hög säkerhet. Ergonomiskt och säkert arbete genom flyttning från golvet.

UTMANINGAR

- Idag är maskinen manuell, utveckling krävs för fjärrstyrning och automation.

STATUS

Kommersiellt tillgänglig

Referenser:

- <https://www.youtube.com/watch?v=VCoKWeD05to>
- <https://www.doka.com/se/system-groups/doka-floor-systems/tableforms/shifting-devices-for-tables/index>



Bilder: www.doka.com

Förlösa truckar och lastbärare: Robo-carrier

TRL 6

Shimizu

2	2	0	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Lastbärare utvecklad för att transportera material inom byggplatsen till där arbetet kommer att utföras. Den detekterar storleken på det den bär automatiskt och undviker att köra in i saker. När den stöter på ett hinder stannar den och väntar, ifall hindret inte har rört på sig efter en viss tid så räknar den om sin väg och fortsätter att köra. Den klarar även av att självmanövrera sig mellan våningsplan med hjälp av hissar. För att underlätta vid lyft så har den en hiss integrerad som kan lyfta upp materialet till rätt höjd.

NYTTA

- Hjälper till med logistik på byggplats, minskar tunga lyft.
- Minskar risken för rygg- och klämskador.

STATUS

Prototyp finns utvecklad och har testats i labmiljö
Inom andra branscher (främst verkstad och lager) finns kommersiellt tillgängliga förlösa truckar och lastbärare, bl.a. av Rocla, Toyota, Jungheinrich

UTMANINGAR

- Navigation i oförutsägbara, stökiga och smutsiga miljöer.
- Säkerhet när människor vistas inom arbetsområdet

Referenser:

- <https://www.shimz.co.jp/en/company/about/sit/facility/facility14/>
- <https://www.shimz.co.jp/en/company/about/sit/facility/facility14/>



Bilder: Shimizu



ARTIKULERADE ROBOTARMAR / SERIE-KINEMATISKA MASKINER

Generell robotarm/industrirobot med utbytbara verktyg

Robotiserad glödtrådsskärning av polystyreneformar

Odico m.fl.

Glödtråd monterad på artikulerad robotarm för skärning av gjutformar av polystyrene. För att nå ytterligare frihetsgrader kan polystyreneblocket vara placerat på ett rotationsbord. Möjliggör för geometriskt komplexa gjutformar.

NYTTA

Skapar geometriska komplexa gjutformar på ett tidseffektivt sätt

STATUS

Används i produktion

UTMANINGAR

Materialintensivt

Referenser:

- Bard, J. et al: Image classification for robotic plastering with convolutional networks, RobArch 2018

TRL 9

2

PROD.

1

ARB.

3

KVAL.

2

INNO.

0

MILJÖ

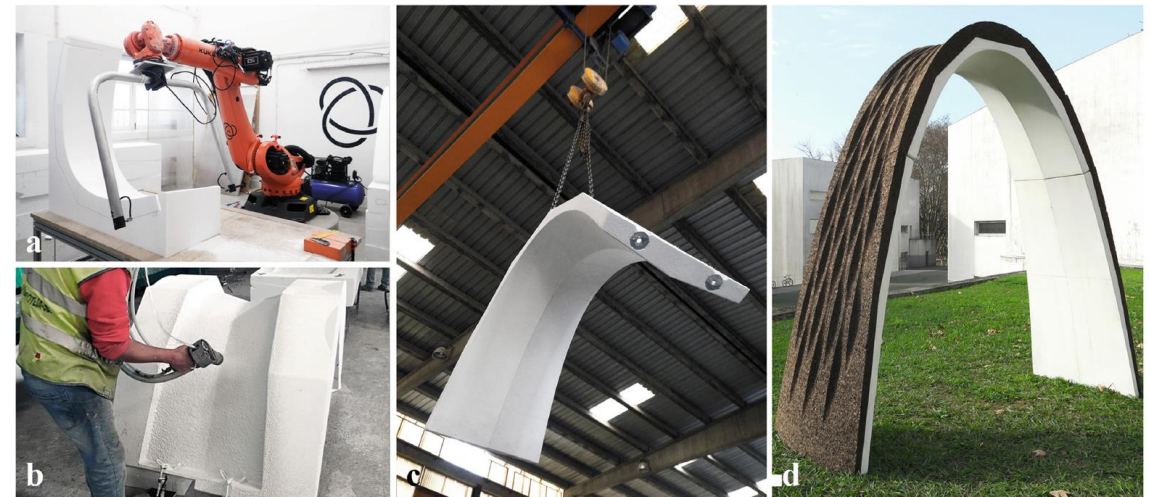


Fig. 2. (a) Hot wire cutting of mold with interior ruled surface exposed - center component; (b) GRC spray process after assembled mold – center component; (c) finished GRC center arch component; (d) final assembled Corkcrete Arch.

Bilder: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-99519-9_29

Robotiserad Slipskärning

Carrara Robotics och Odico

TRL 8

1	1	3	2	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Slipskärningsverktyg monterat på artikulerad robotarm.
Kan användas för att skära olika material, antingen direkt i slutprodukten, eller för tillverkning av gjutformar. Möjliggör för komplexa geometrier.

NYTTA

Skapar geometrisk komplexa gjutformar på ett tidseffektivt sätt

STATUS

Används i produktion

UTMANINGAR

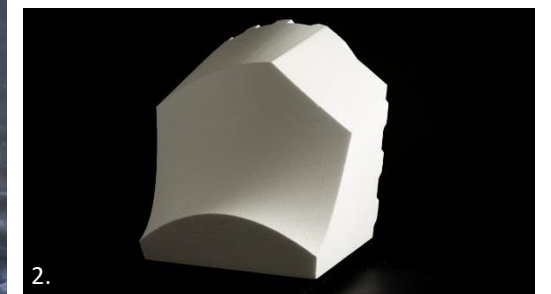
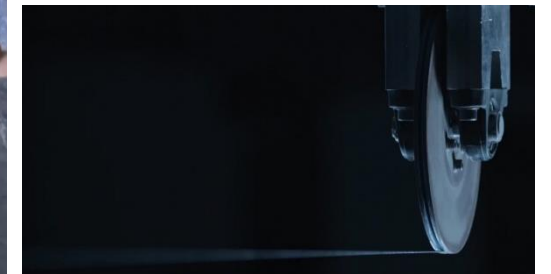
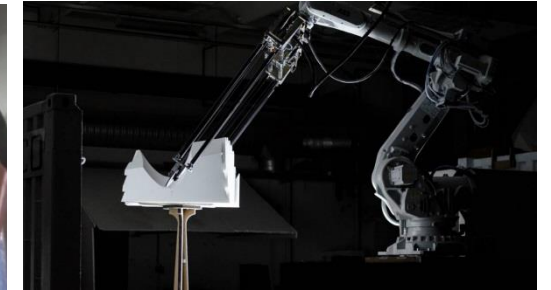
Materialintensivt

Referenser:

- <https://www.odico.dk/technologies#abrasive-wire-cutting>
- <https://vimeo.com/94076571>



1.



2.

Bilder: 1: <https://vimeo.com/94076571>

2: [odico.dk \(https://www.odico.dk/technologies#abrasive-wire-cutting\)](https://www.odico.dk/technologies#abrasive-wire-cutting)

Najning av armering

Robotdalen och Skanska

TRL 6

2	2	2	3	-
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Gantrymonterade robotarmar som lägger ut och najar armering i prefabelement av betong. Med tillhörande programvara som omvandlar armeringsritningar till robotinstruktioner.

NYTTA

- Kortare produktionstid
- Förbättrad arbetsmiljö och säkerhet då roboten utför tunga och repetitiva moment

STATUS

Under utveckling

UTMANINGAR

- Kräver detaljerad planering av hur armeringen ska läggas.

Referenser:

- www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/robotar-effektiviserar-arbetsplatsen/

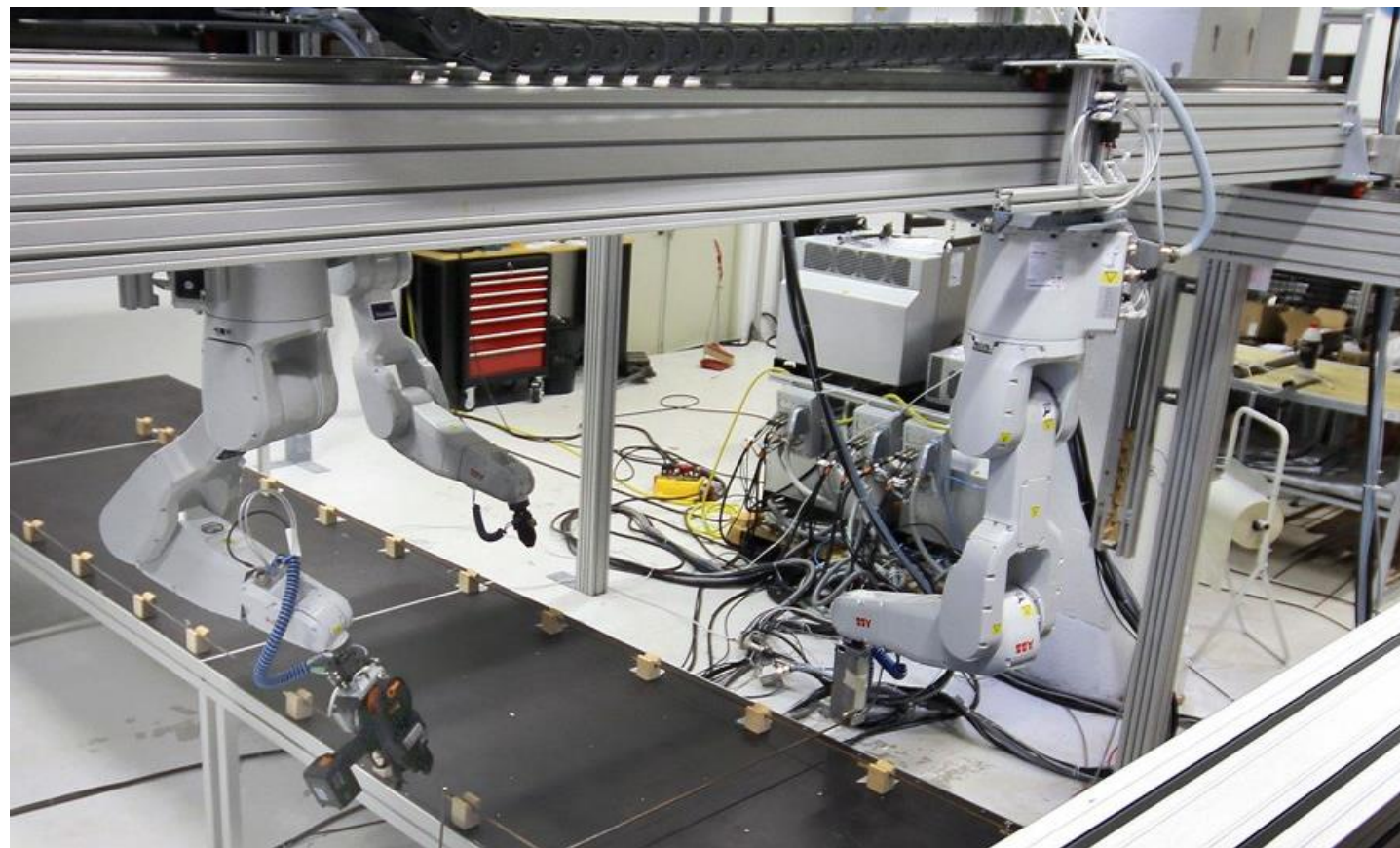


Bild: Peter Nordahl (www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/robotar-effektiviserar-arbetsplatsen/)

Mesh Mould

ETH

TRL 7

1	1	0	3	3
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

En bur av stål svetsas ihop, och fylls med betong. Relationen mellan burens hålstorlek och betongens egenskaper är kritisk för att lagom mycket betong ska blöda igenom buren. Ytan bearbetas manuellt med ytterligare betong eller puts.
Möjliggör väggar av fri form utan användning av gjutform.

NYTTA

- Klimatpåverkan reduceras då gjutformar inte behöver produceras.
- Möjliggör optimerad armering/placering anpassat efter lastfördelning i konstruktionen.

STATUS

Använts framgångsrikt i labprojekt. Utveckling pågår.

UTMANINGAR

- Helt automatiserad process inkl. materialhantering, gjutning och ytbearbetning
- Öka produktiviteten
- Mobilitet på arbetsplats / samverkan robot-maskin

Referenser:

- <https://dfabhouse.ch/publications/>



Bilder: NCCR Digital Fabrication (<https://robohub.org/mesh-mould-robotically-fabricated-metal-meshes/>)

In Situ Fabricator

ETH

TRL 4

1	3	1	2	1
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Robotarm monterad på mobil enhet. Utvecklad specifikt för svetsning av Mesh Mould, men applicerbar även i andra sammanhang, tex tegelmurning.

NYTTA

- Generell robot som kan bidra till många olika arbetsmoment på arbetsplatsen: minska tunga lyft och arbete i farliga miljöer.
- Möjliggör återkoppling av data kring utfört arbete.
- Möjliggör nya estetiska uttryck

STATUS

Prototyp finns, vidare utveckling pågår.

UTMANINGAR

- Mobilitet i komplicerade och oförutsägbara miljöer.
- Stabilisering av robot vid stora momentkrafter
- Interaktion människa-robot

Referenser:



Bild: NCCR Digital Fabrication (<https://robhub.org/in-situ-fabricator-an-autonomous-construction-robot/>)

Mobil svetsningsrobot

ETH och Shimizu Construction Company

TRL 6



Robotarm med verktyg utvecklade för svetsning. Roboten står monterad på en flyttbar plattform. När plattformen är korrekt placerad klarar roboten av hela svetsarbetet helt autonomt. Med hjälp av en laser känner den av var det ska svetsas.

NYTTA

Ersätter mänsklig arbetskraft när det är ont om personal.

STATUS

Prototyp finns utvecklad och har testats i labmiljö

UTMANINGAR

- Navigation på arbetsplatsen
- Matning av material
- Interaktion människa-maskin

Referenser:

- <https://www.shimz.co.jp/en/company/about/sit/facility/facility14/>
- <https://www.shimz.co.jp/en/company/about/sit/facility/facility14/>

KOMMENTAR

Information saknas för utvärdering.



Bild: Shimizu

Ytbearbetning av blöt betong

Carnegie Mellon University

TRL 4

0	3	2	2	1
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Med hjälp av olika formade verktyg/mallar bearbetas den blöta betongytan efter traditionell gjutning. Verktuget sitter monterat på en robotarm. Verktugets utformning och robotens rörelsemönster skapar tillsammans ytans form. Processen möjliggör för nya estetiska uttryck samt möjliggör för ytor med flera funktioner, t ex bullerdiffuserande och självskuggande.

NYTTA

- Minskat klimatavtryck i de fall processen ersätter byggandet av specifika gjutformar. Dock genereras en del betongspill.
- Produktivitetsökning vid tillverkning av unika ytor/mönster

STATUS

Forskning pågår.

UTMANINGAR

- Betongens egenskaper, behöver rätt konsistens och härda lagom fort.

NYTTA

Minskat klimatavtryck i de fall processen ersätter byggandet av specifika gjutformar. Dock genereras en del betongspill som

Referenser:

- Bard, J. et al: Thermally informed robotic topologies: Profile-3D-printing för the robotic construction of concrete panels, thermally tuned through high resolution surface geometry, RobArch 2018



Bilder: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-92294-2_9

Digitalt kontrollerad kemikalieinjektion

Singapore University of Technology and Design

TRL 4

1	0	0	3	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Genom injektion av kemikalier (lösning av hydratiserad aluminium) i färsk betong skapas håligheter i betongen. Håligheterna förändrar betongens strukturella integritet och utseende. Kemikalien administreras genom ett specifikt verktyg monterat på en robotarm.

NYTTA

- Möjliggör tillverkning av betongelement med lokalt differentierade egenskaper.
- Möjliggör tillverkning av element med komplex håltagning/perforering.

STATUS

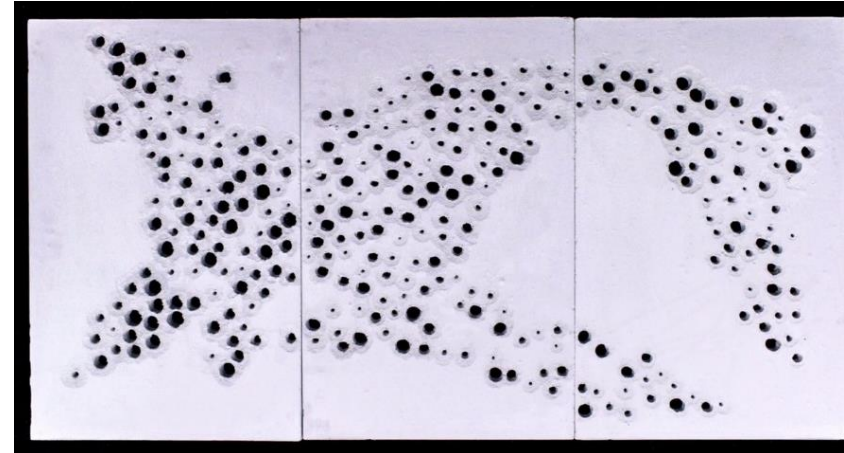
Forskning pågår

UTMANINGAR

- Svårt att få exakt kontroll på den kemiska processen.
- Oklart hur den kemiska processen påverkar armeringen.

Referenser:

- Wei Shen Chee, R. et al: Locally Differentiated Concrete by Digitally Controlled Injection, RobArch 2018



Bilder: http://papers.cuminCAD.org/data/works/att/caadria2018_156.pdf

Hydralisk formade gjutform

ROK-OFFICE, TailorCrete, Chalmers m.fl.

TRL 4

2	2	3	2	2
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Hydraliska gjutformar för användning vid prefabricering av betongelement.

NYTTA

- Återanvändbar form för unikt formade komponenter
- Reducerat klimatavtryck då formen kan återanvändas, och specifika formar för varje element inte behöver tillverkas.

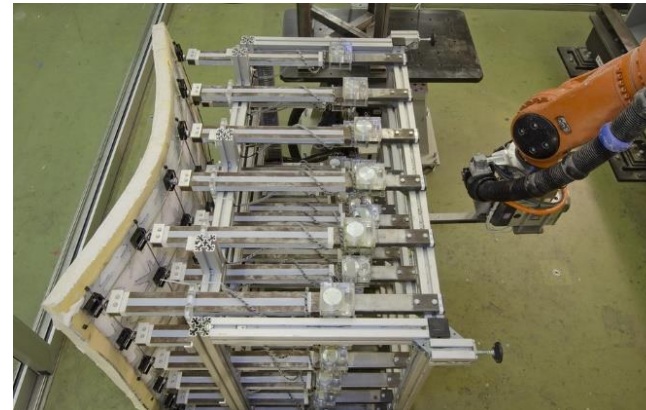
STATUS
Prototyp

UTMANINGAR

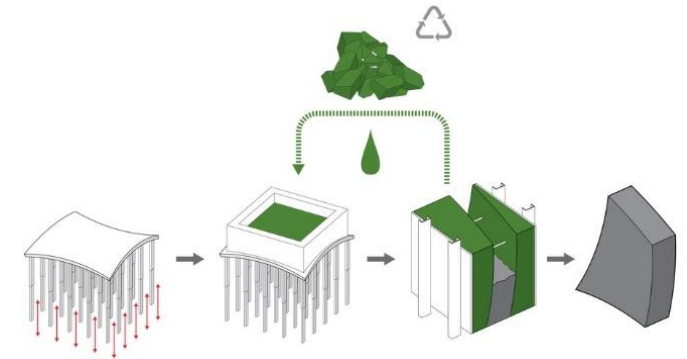
- Möjliga geometrier är begränsade.

Referenser:

- <http://www.rok-office.com/projects/083-tailorcrete/>



Bilder: ETH Zurich (<http://www.rok-office.com/projects/083-tailorcrete/>)



Extruderande 3d-printning med robotarm

NTV Singapore, MIT, CyBe, Danish Technological Institute m.fl.

TRL 4-9

2	2	1	3	2
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Extruderande printhuvud monterat på robotarm, för 3D-printning i betong. I den enklaste varianten består verktyget av en skruv, som i sin tur matas med betong via en traditionell pump.

NYTTA

- Teknologin har potential att reducera klimatpåverkan ifall den integreras i designprocessen tidigt.
- Additiv tillverkning minimerar spill
- Tillåter hög geometrisk komplexitet
- Möjliggör att även insidan av ett element formas

STATUS

Forskning och utveckling sker på många håll just nu.

UTMANINGAR

- Betongens egenskaper (färskt och hårdnat tillstånd)
- Betongrecept är idag inte klimatförbättrade
- Beständighet är ej utforskad
- Integrera med armering och annan funktionalitet (isolering etc.)
- Robotarmens räckvidd
- Interaktion människa -maskin

Referenser:

- www.cybe.eu/3d-concrete-3d-printing/
- www.robotik.com/blog/concrete-3d-printing/



Bilder : CyBe (<https://www.cybe.eu/3d-concrete-3d-printing/>)

Robotiserad sprutbetong

Technical University Braunschweig, Kajima Corporation m.fl.

TRL 4-9

2	1	0	2	2
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Sprutbetong appliceras med industriell robot. Sprutbetongstekniken i sig är en traditionell teknik, innovationen ligger i att använda en robot för appliceringen, att spruta från kort avstånd om ca 20 cm, och att använda tekniken för uppbyggnad av hela element. Robotens exakthet och uthållighet lämpar sig väl för tekniken.

NYTTA

3d-printteknik som hanterar armering på ett effektivt sätt.

STATUS

Forskning pågår

UTMANINGAR

- Betongens vidhäftningsförmåga behöver kontrolleras. Betongens egenskaper fram till sprutmunstycket, och efter.
- Förlorar den extruderande 3d-printteknikens förmåga att forma insidan på elementet.
- Estetik av färdig yta

Referenser:

- Lindemann, H. et al: Development of a Shotcrete 3D-Printing (SC3DP) Technology for Additive Manufacturing of Reinforced Freeform Concrete Structures, Digital Concrete 2018
- Åhman, P. et al: Robotar i Byggbranschen, FoU-Väst 1988

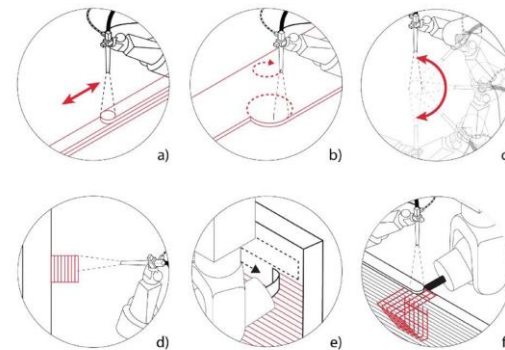
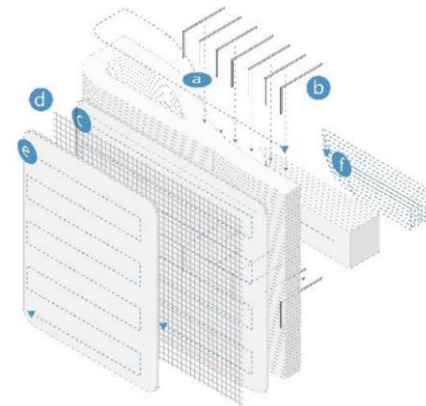


Fig. 1. Specific features of the SC3DP process: layer-by-layer application (a), laminar application (b), Variation of the application angle from 0° to 180° (c), overhang spraying (d), several post processing options (e), implementations of reinforcement and build-in-parts (f)



Bilder: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-99519-9_27

3d-skriven och CNC-fräst gjutform i vax

Laing O'Rourke's FreeFAB Technology

TRL 9

2	0	3	3	2
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Hybrid av 3D-printning och 5-axlad ytfräsning, för fabrikation av friform-gjutformar i hög precision. Vaxen som används för tillverkningen av formarna är återanvändningsbar (viss kontinuation förekommer), och medför därför ett relativt lågt ekologiskt fotavtryck jämfört med formar av polystyrene.

NYTTA

- Materialresurseffektiva gjutformar
- Relativt enkelt att åstadkomma komplexa former
- Fin gjutyta

STATUS

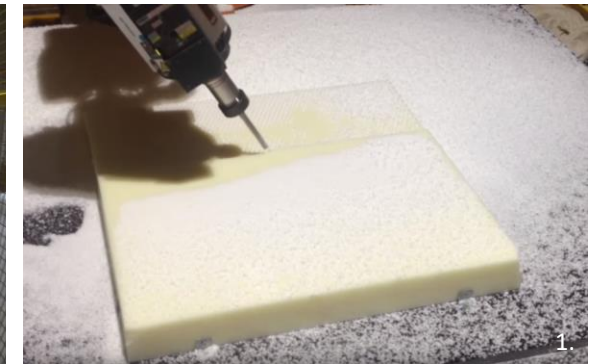
Används i produktion

UTMANINGAR

- Svårt att få till en bra produktionslina då vax tar lång tid att stelna i stora block.

Referenser:

- <https://www.freefab.com/>



Bilder: 1. FreeFAB, Laing O'Rourke, 2. www.ianvisits.co.uk

Extruderande printning på 3D-topografi

Cornell University, CITA m.fl.

TRL 2



Printning av betong ovanpå tredimensionella formar. Formen kan bestå av textil, sand, nät eller polystyrene. De försök som finns printar bara några få lager och kommer då bort från problem med kollaps orsakad av egenvikt, men åstadkommer ändå tredimensionella objekt. Tekniken är i sin linda, och svår att utvärdera effekten av.

NYTTA

- Tekniken möjliggör helt nya typer av strukturer och paneler, som hittills har varit omöjliga eller ytterst komplicerade att producera.
- Då formarna är återanvändningsbara medför tekniken ett lågt ekologiskt fotavtryck jämfört med traditionell formsättning.

STATUS

Utveckling pågår

UTMANINGAR

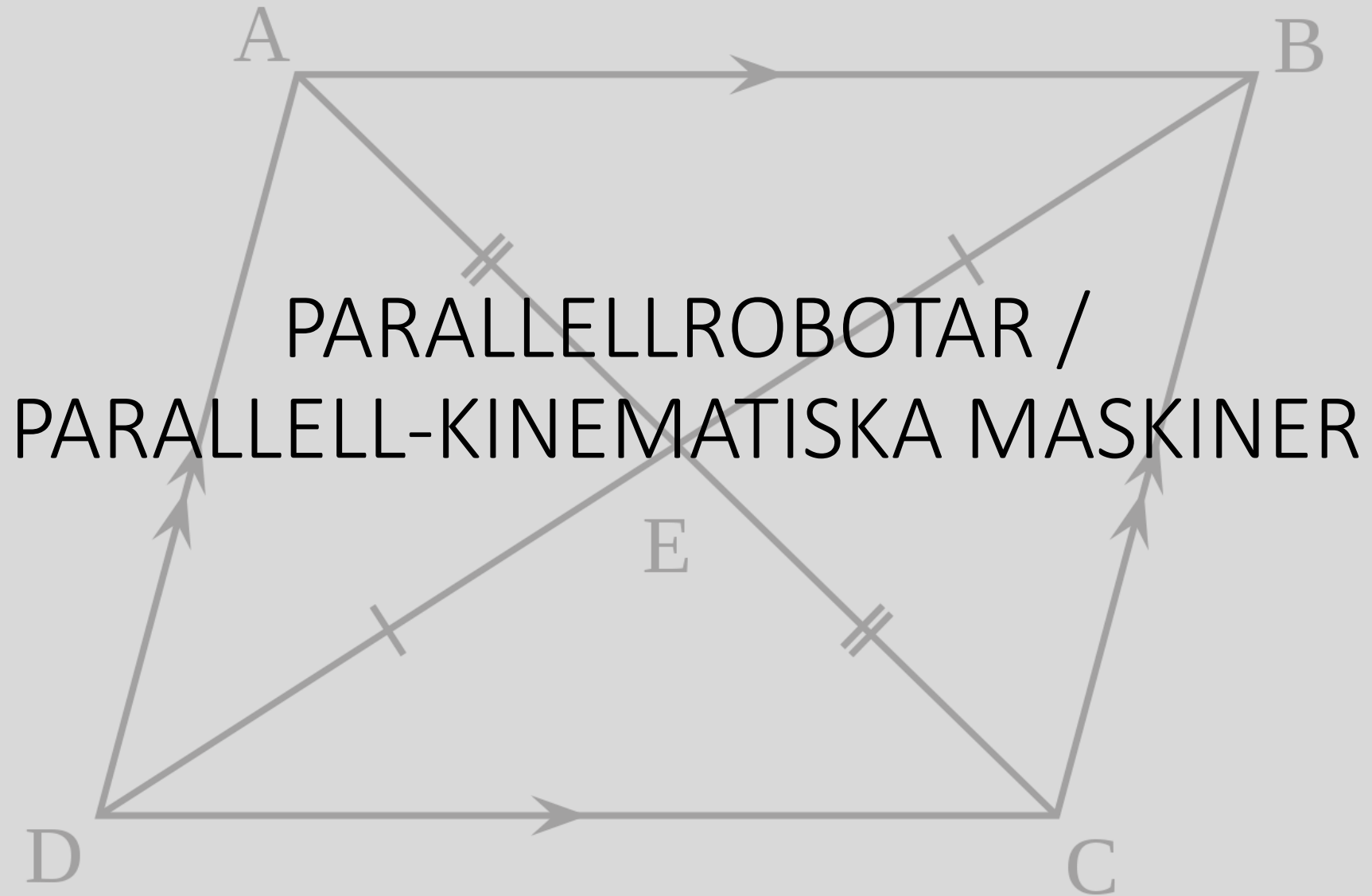
- Hur åstadkommer man formen på ett stabilt sätt?
- Bindning mellan form och 3d-printat material
- Armering

Referenser:

- Battaglia, C. et al: Sub-additive 3D printing of optimized double curved concrete lattice structures, RobArch 2018
- Ayres, P. et al: SCRIM – Sparse concrete reinforcement in meshworks, RobArch 2018



Bild: Petra Jennings



Parallell-robot Gantry-Tau

Lunds Tekniska Högskola

TRL 4



Parallell-robot monterad på skenor mot vägg och tak. Kan användas för applikationer liknande robotarm, dvs beroende på vilket huvud som monteras på den nyttjas för olika applikationer.

NYTTA

- Erbjuder större arbetsområde än traditionella parallellrobotar i relation till sin storlek.
- Stabilare och bättre kraftverkan än seriekopplad robotarm

STATUS

Utveckling för byggrelaterade applikationer pågår

UTMANINGAR

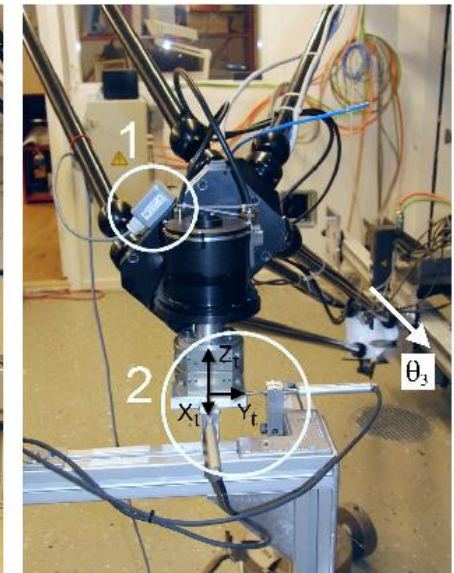
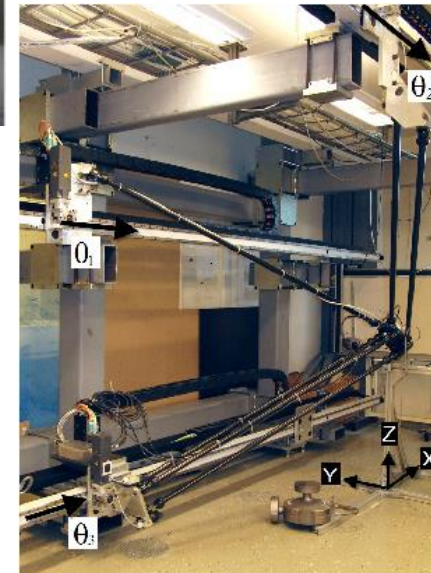
- Kräver ställning att monteras på
- Kan ha svårt att komma åt om det inte är ett fritt utrymme

KOMMENTAR

För att utvärdera teknikens potential behöver specifik process/applikation preciseras.

Referenser:

- <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8847420&fileId=8859291>
- <https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/6162435/8168897.pdf>



Bilder: Dressler, Isolde; Brogårdh, Torgny; Robertsson, Anders

Extruderande printning med delta-robot

WASP

TRL 6-9

2	2	1	2	2
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Stor delta-robot för 3d printning i betong eller lera. Printhead monteras på parallellkinemastisk robot, som i sin tur är monterad på ett gantry eller liknande ställning.

NYTTA

- Parallellrobotens fördelar, men högre stabilitet och lägre vikt än flera andra robotar.
- Deltaroboten rör sig relativt snabbt över arbetsområdet.
- Klimatpåverkan reduceras genom minimalt materialspill.
- Produktiviteten ökar vid framställande av komplexa former.

UTMANINGAR

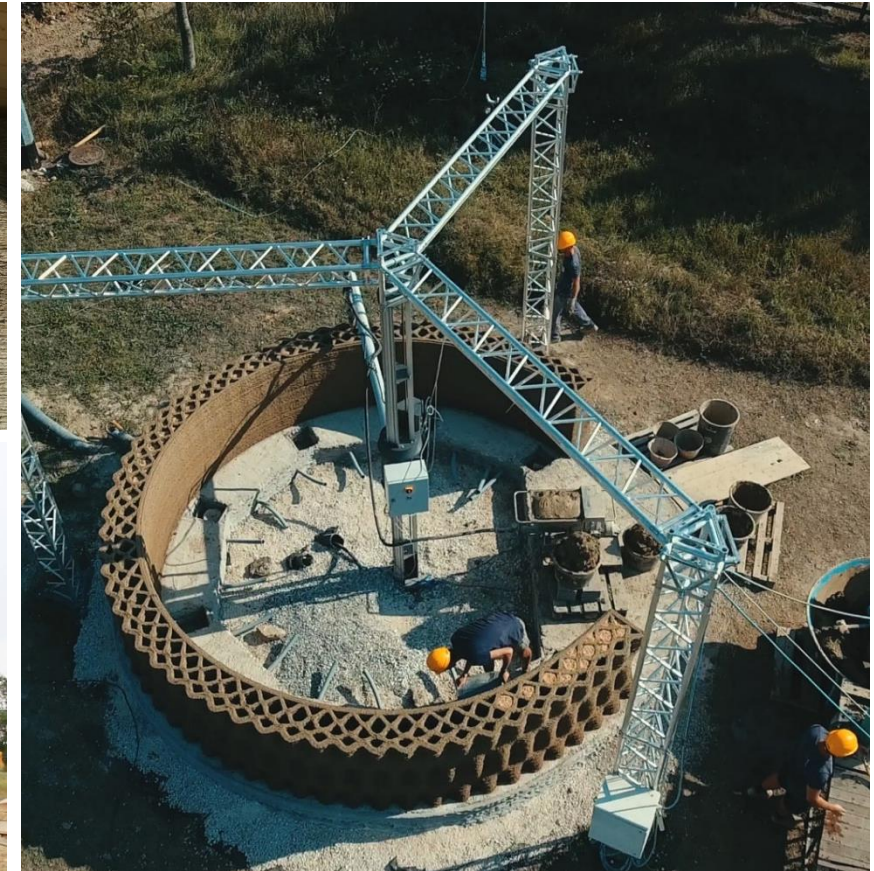
- Materialspecifikation och egenskaper
- Printern behöver vara större än det den ska tillverka.
- Räckvidd och precision

STATUS

Finns tillgänglig

Referenser:

- <https://www.3dwasp.com/en/>



Bilder: Wasp



LINROBOTAR

Kabelrobot / Linrobot

ARUP och Spiderbot

TRL 3-6



Verktyg som kontrolleras i rummet (position och rotation) med hjälp av linor som kortas respektive längs. Beroende på vilket verktyg som används kan roboten utföra olika processer. Vanligtvis använt för plocka-placera operationer.

NYTTA

Kostnadseffektiv och lättviktig robot

STATUS

Inom bygg är applikationer på experimentnivå.

UTMANINGAR

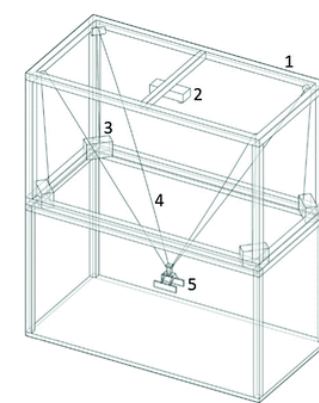
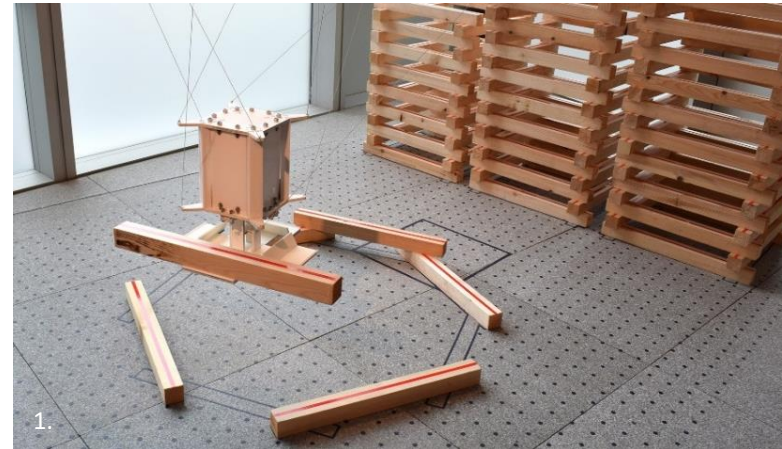
- Känslig för störningar ex. vibrationer och vind.

KOMMENTAR

För att utvärdera teknikens potential behöver specifik process preciseras.

Referenser:

- <https://www.arup.com/perspectives/building-the-future-are-cable-robots-the-future-of-construction>
- [The SPIDERobot: A Cable-Robot System for On-site Construction in Architecture](#)



Bilder: 1: Arup, 2: Max Planck Institute for Biological Cybernetics, 3: the SPIDERobot

GANTRYMONTERADE VERKTYG

Storskalig partikelbäddsprintning

Dshape

TRL 6

2	0	0	3	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Partiklar av sand, grus eller sten läggs ut i tunna lager och ett bindemedel sprutas på partiklarna där man vill att de ska härda. Bindemedlet sprutas ut av ett printhuvud monterat på ett x, y, z- gantry.

NYTTA

- Möjliggör tillverkning av komplex tredimensionell geometri
- Additiv tillverkning är resurseffektiv med material (så länge obundet material återanvänds)

STATUS

Tekniken har använts för tillverkning av storskaliga protyper.

UTMANINGAR

- Svårt att samla upp och återvinna överblivet material när printen är färdig.
- Gantryt behöver vara större än det den ska tillverka.

Referenser:

- <https://d-shape.com/>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/D-Shape>



Bilder: 1: Post Magazine 2: D-shape (D-shape.com/)

Småskalig partikelbäddsprintning av formar

ETH

TRL 6

2	0	0	3	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Partikelbäddsprintning i plast för framtagning av gjutformar. Formen kan förkastas eller vara kvarsittande.

Tekniken har använts för gjutning av bjälklag i DFAB House Zürich, med ett resulterande betongbjälklag med en vikt som är reducerad med nästan 70% jämfört med ett traditionellt bjälklag.

NYTTA

- Minimal materialåtgång för framställning av komplex form
- Enklare att framställa betongelement med komplex form och optimerad materialåtgång, t.ex bjälklag.

STATUS

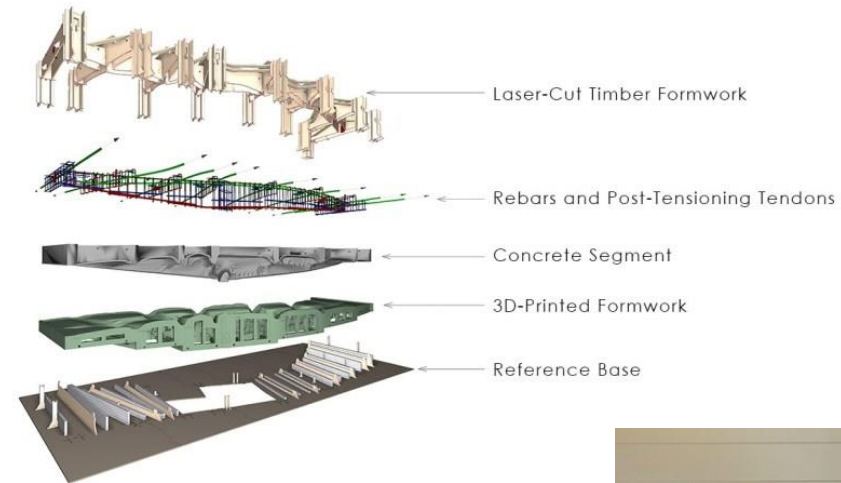
Bevisat i prototypprojekt och labmiljö

UTMANINGAR

- Svårt att samla upp och återvinna överblivet material när printen är färdig.

Referenser:

- <https://dfabhouse.ch/smart-slab/>



Bilder: Digital Building Technologies ETH

Extruderande printning med gantry

Gantryrobotar

TRL 2

2	1	2	2	-
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Betong extruderas genom ett munstycke i lager om ca 5 – 25 mm. Lager av betong appliceras ovanpå varandra. Munstycket är monterat på ett gantry.

NYTTA

- Klimatpåverkan reduceras genom minimalt materialspill.
- Ökad produktiviteten vid framställande av komplexa former.

UTMANINGAR

- Gantryt behöver vara större än det den ska tillverka.
- All 3dprintteknik har materialutmaningar med: pumpbarhet, placering bindning mellan lager och uppbyggnad.

STATUS

- Finns kommersiellt tillgänglig.
- Exempel: COBOD säljer BOD2 för 180.000 € och uppåt (2,5x2,5x2,5 m)

Referenser:

- Koshnevis, B.: Innovative rapid prototyping process making large size, smooth surface complex shapes in a wide variety of materials. *Mater. Technol.* 13, 52–63 (1998)
- Gaudilliere, N. et al: Large-scale additive manufacturing of ultra-high-performance concrete of integrated formwork for truss-shaped pillars
- Esnault, V. et al: Experience in Online Modification of Rheology and Strength Acquisition of 3D Printable Mortars, *Digital Concrete* 2018
- <https://3dp.se/2019/04/02/arkitektur-i-ny-tappning>



Bilder: 1: The Blaze, 2: Design Buildings Wiki, 3: Houben & Van Mierlo Architecten, 4: Cobod

Najningsrobot

AcrBots m. fl.

TRL 9

3	2	0	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Robot som najar armering. Roboten arbetar autonomt och lokaliserar skärningspunkten av armeringsstänger samt najar fast dessa med en ståltråd. Maskinen najar ca 800 skärningspunkter per timme. Minsta gridstorek är 100x100mm, och armeringsstängerna får vara max 29 mm i diameter.

NYTTA

- Ökad produktivitet
- Förbättrad arbetsmiljö för byggarbetare: färre repetitiva uppgifter.

STATUS

Robotar finns tillgänglig för uthyrning eller försäljning.

Finns flera olika robotar utvecklade.

TyBot används idag för platsgjutning av brodeck, men kan utvecklas mot platsgjutning av bjälklag i byggnader och prefab.

UTMANINGAR

- Kräver fortfarande lyft och läggning av armering
- Stor och skrymmande gantry, anpassade för stora ytor (tex industrigolv eller brobanor).
- Fungerar enbart på horisontella ytor
- Kan man anpassa till för mindre ytor och mer flexibla tillämpningar?

Referenser:

- Products & Practice Spotlight, September 2019, www.concreteinternational.com
- <https://www.tybotllc.com/>



Bild: AcrBots

Armeringsrobot

AcrBots

TRL 5



Vidareutveckling av TyBot för lyft, positionering och placering av armering.

NYTTA

- Ökad produktivitet
- Förbättrad arbetsmiljö för byggarbetare: färre tunga lyft och repetitiva uppgifter.

STATUS


Under utveckling

UTMANINGAR

- Stor och skrymmande gantry, anpassade för stora ytor (tex industrigolv eller brobanor).
- Fungerar enbart på horisontella ytor
- Kan man anpassa till för mindre ytor och mer flexibla tillämpningar?

Referenser:

- <https://www.tybotllc.com/>

A large number of drones are flying in a cloudy sky. The drones are of various sizes and are scattered across the frame. In the background, there are trees and a utility pole with power lines. The overall scene is a dense swarm of drones in flight.

DRÖNARE

UAV (Unmanned Aerial Vehicals)

Drönare: Sprutbetong

Innochain (Stephanie Chaltiel), CLOUD 9, ROK-office

TRL 3

1	1	1	3	-
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Sprutmunstycke monterat på en drönare, som då kan spruta betong. Processen är iterativ, och betongen sprutas på sekventiellt i tunna lager ovanpå en stödstruktur.

NYTTA

- Minskad arbetsbelastning då ingen människa behöver hålla i sprutmunstycket.
- Ökad tillgänglighet till svåråtkomliga platser
- Möjliggör otraditionella byggmetoder

STATUS

Avslutat forskningsprojekt

UTMANINGAR

- Processen är tidskrävande
- Förutsätter specifik designad spray-form och armering.

Referenser:

- <http://innochain.net/esr15-small-scale-robotic-manufacturing-for-the-large-scale-buildings/>



Bilder: Stephanie Chaltiel

Drönare: Pick & Place

Gramazio & Kohler and Raffaello D'Andrea i samarbete med ETH Zurich

TRL 4

2	2	1	3	-
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Drönare utvecklad att utföra plocka och placera operationer. Flight Assembled Architecture är den första arkitektoniska installationen helt monterad av flygande robotar. Den består av över 1.500 moduler som placerats av en svärm av quadrotor-helikoptrar.

NYTTA

Drönaren kommer åt otillgängliga platser, och kan underlätta utförandet av arbetsuppgifter på höga höjder eller i farliga miljöer.

STATUS

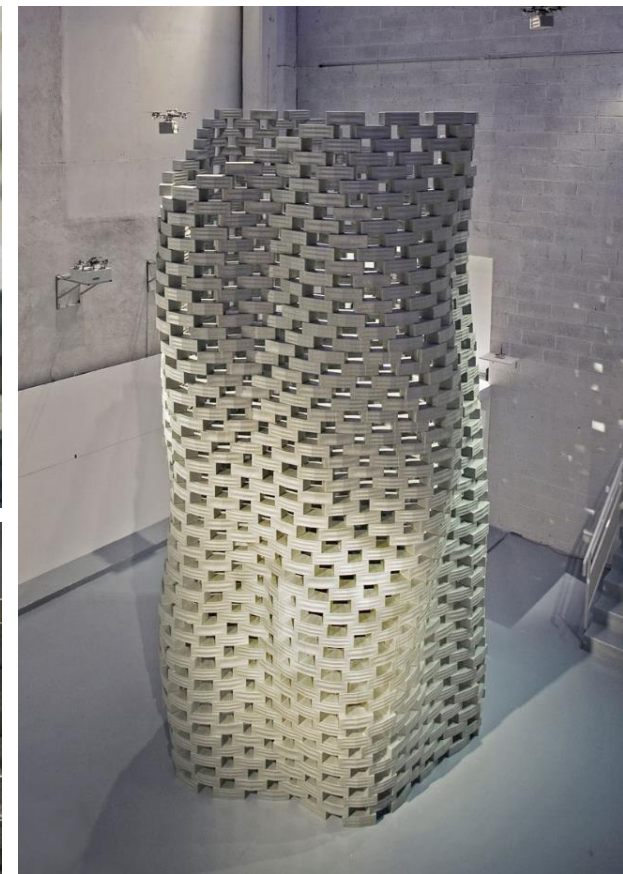
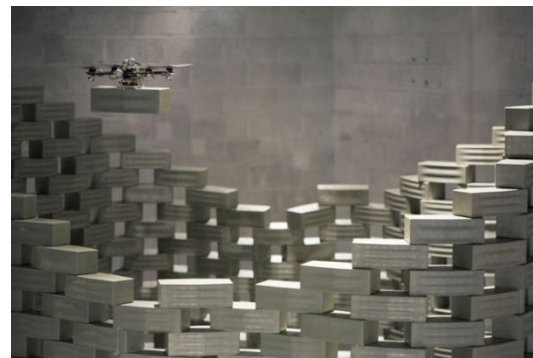
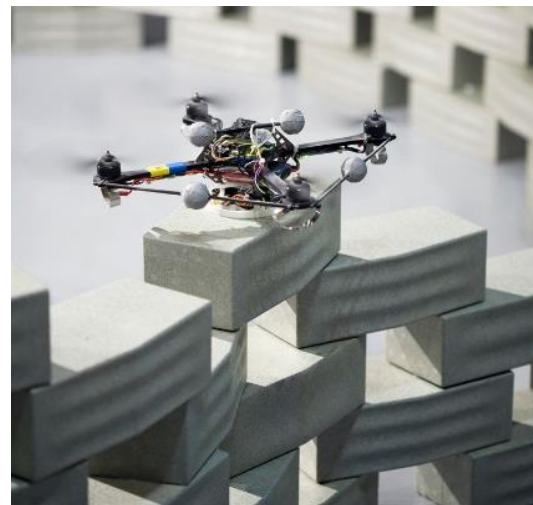
Avslutat forskningsprojekt

UTMANINGAR

- Drönaren har en begränsad nyttolast
- Inmätning och orientering i rummet
- Batteritid

Referenser:

- <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/projekte/209.html>



Bilder: François Lauginie

2	3	3	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Kvalitetskontroll av byggda miljöer med hjälp av drönare. Drönaren har en kamera och en 3-D-scanningsutrustning som kan hämta in information om det utförda arbetet. Drönaren kan hämta hem informationen som lagrad information som senare kan bearbetas av människor eller algoritmer. Alternativt kan drönaren fungera som ett förlängt öga i realtid.

NYTTA

- Bättre dokumentation och feedback av utfört arbete.
- Möjligt att scanna bjälklag innan gjutning – är allt som ska gjutas in med och rätt placerat?
- Möjligt att mäta in prefab-element och lämna feedback till prefab-leverantör gällande toleranser och kvalitet
- Möjligt att tkoppla till digital tvilling av det som ska byggas och kontinuerligt uppdatera.

UTMANINGAR

- Navigation i dynamiska miljöer. Kollisioner med människor.
- Batteritid
- Informationseffektivitet

Referenser:

- Human-robot Integration For Pose Estimation And Semi-autonomous Navigation On Unstructured Construction Sites
- Shape Recognition With Point Clouds In Rebars
- Automatic Surface Flatness Control using Terrestrial Laser Scanning Data and the 2D Continuous Wavelet Transform
- Automatic Reconstruction of As-built BIM from Laser Scanned Data of Precast Concrete Elements for Dimensional Quality Assessment
- Designing LiDAR-equipped UAV Platform for Structural Inspection
- Automated Localization of UAVs in GPS-Denied Indoor Construction Environments Using Fiducial Markers



Bilder: 1:

2: Mohammad Nahangi, Adam Heins, Brenda McCabe, Angela P. Schoellig
 3: https://pureapps2.hw.ac.uk/ws/portalfiles/portal/10682361/ISARC_2016_submission_11.pdf

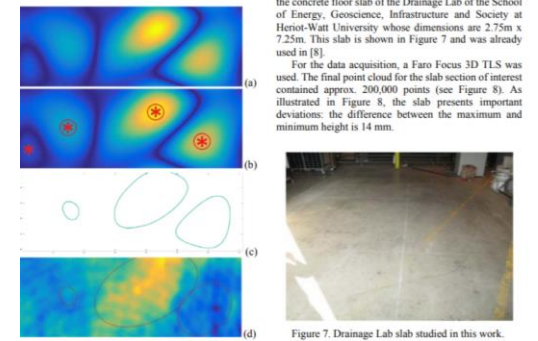
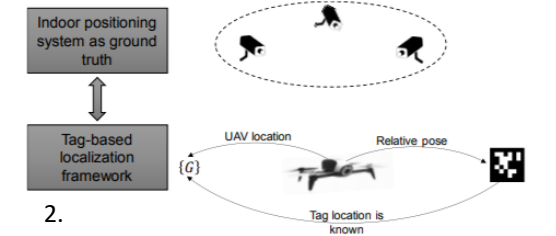


Figure 5. Step 3 of the process carried out for the detection of potential defects in a slab with $A=297.6\text{cm}$ (i.e. $a=75$).

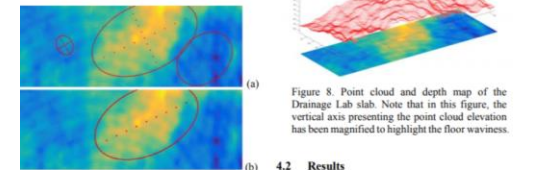


Figure 6. Step 4 of the process carried out for the detection of potential defects in a slab with $A=297.6\text{cm}$ (i.e. $a=75$).

4.2 Results

Figure 9 shows, enclosed by ellipses, the areas in which potential defects are found by the proposed method for the five wavelengths: 60, 120, 180, 240 and

3.



ARTIFICIELLA EXOSKELETT & HUMANOIDA ROBOTAR

2	3	0	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

En bärbar mobil maskin/robot med syfte att förstärka människans kapacitet genom utökad rörlighet och styrka. Används idag främst inom medicin/rehab samt militära applikationer, men finns även flera modeller utvecklade för bygg.

Mycket utveckling sker inom området just nu. Modeller varierar från att stärka enstaka leder eller muskler, till att vara heltäckande dräkter som hjälper hela kroppen.

UTMANINGAR

- Dyrt
- Svårt att få generella lösningar att passa många

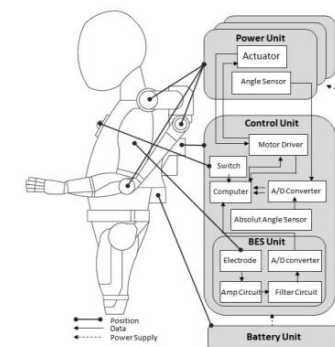
Referenser:

- Identification of Usage Scenarios for Robotic Exoskeletons in the Context of the Hong Kong Construction Industry
<https://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2018-Paper013.pdf>

Main category	Subcategory	Basic kinematic composition	Graphical illustration	Power (Type*)	Examples
Full body	Full body	Full body is actuated or powered		Active (a) Passive (b)	<ul style="list-style-type: none"> • HULC by Lockheed Martin and Ekso Bionics • Ekso by Ekso Bionics • MAX by SuitX
	Shoulder type for back support (without arm)	Provide support to the back		Active (c) Passive (d)	<ul style="list-style-type: none"> • upcoming development activity expected • FLx ErgoSkeleton by StrongArm Technologies
	Shoulder type for arm support	Provide support to the arm		Active (e) Passive (f)	<ul style="list-style-type: none"> • Titan Arm by University of Pennsylvania • AIRFRAME by Levitate Technologies
Upper limb	Elbow	Provide assistive power to elbow joint		Active (g) Passive (h)	<ul style="list-style-type: none"> • HAL Single Joint Type by CYBERDYNE • PEX by UC Berkeley
	Hand	Provide assistive power to the wrist or fingers		Active (i) Passive (j)	<ul style="list-style-type: none"> • SEM Glove by Bioservo Technologies • Pneumatic Power Assist Glove by Daiya Industries
Lower limb	Hip	Provide support to hip joint or lumbar		Active (k) Passive (l) Passive (m)	<ul style="list-style-type: none"> • HAL Lumbar Type by CYBERDYNE • AWN-03 by Panasonic ActiveLink • Hip Auxiliary Muscle Suit by Innophys
	Hip-knee-ankle type for leg support	Provide support to the leg and reduce fatigue during squatting, standing or walking		Active (n) Passive (o) Passive (p)	<ul style="list-style-type: none"> • Walking Assist Device with Bodyweight Support System by Honda • Chairless Chair Wearable Ergonomic Device by Noonee • Archelis by Wearable Chair
	Knee or ankle	Provide extra force to the knee or ankle to improve walking performance		Active (q) Passive (r) Active (s)	<ul style="list-style-type: none"> • HAL Single Joint Type by CYBERDYNE • Exo-Boot by Carnegie Mellon and North Carolina State
Body extension	Tool holding	With an additional arm to support the holding of a heavy tool, while the weight of the tool is transmitted into the ground		Active (q) Passive (r) Active (s)	<ul style="list-style-type: none"> • Lower Extremity Exoskeleton Robot for Concrete Placing (HEXAR-PL) by Hanyang University • Ekso Works by Ekso Bionics • Fortis by Lockheed Martin
	Extensional / Supernumerary	With two or more extensional arms to perform material handling or other works		Active (s) Passive (t) Active (u) Passive (v)	<ul style="list-style-type: none"> • Exoskeleton for handling heavy steel elements by DSME • Supernumerary Robotics Limbs (SRL) by MIT • upcoming development activity expected
	Extensional / Wheeled	Extension with wheels or mobile platform which could be further integrated into body parts		Active (u) Passive (v)	<ul style="list-style-type: none"> • EXOWheel by Soqang University • iReal by Toyota • upcoming development activity expected

1.

*letters in brackets are referred to classified types of exoskeletons.



Bilder: 1 och 2: T. Linner, M. Pan, W. Pan, M. Taghavi, W. Pan, T. Bock
 3: <https://www.zdnet.com/article/prediction-youll-see-a-whole-bunch-of-people-wearing-robots-at-work-in-2018/>

Humanoida skivsättaren HRP-5P

AIST, Japan's National Institute of Advanced Industrial Science

TRL **3**

2	3	0	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

En humanoid robot som potentiellt kan ersätta hantverkare och byggarbetare. Den här roboten har utvecklats till att kunna montera skivor.

NYTTA

Motverkar arbetskraftsbrist

Minskade tunga lyft och repititiva uppgifter för byggarbetare.

Potentiellt utökad arbetspass då roboten kan arbeta utan uppehåll och på obekväma arbetstider.

STATUS

Under utveckling

UTMANINGAR

Dyr och komplicerad teknologi

Långsam i prototypstadiet

Referenser:

<https://newatlas.com/aist-construction-robot-humanoid-hrp-5p/56585/>

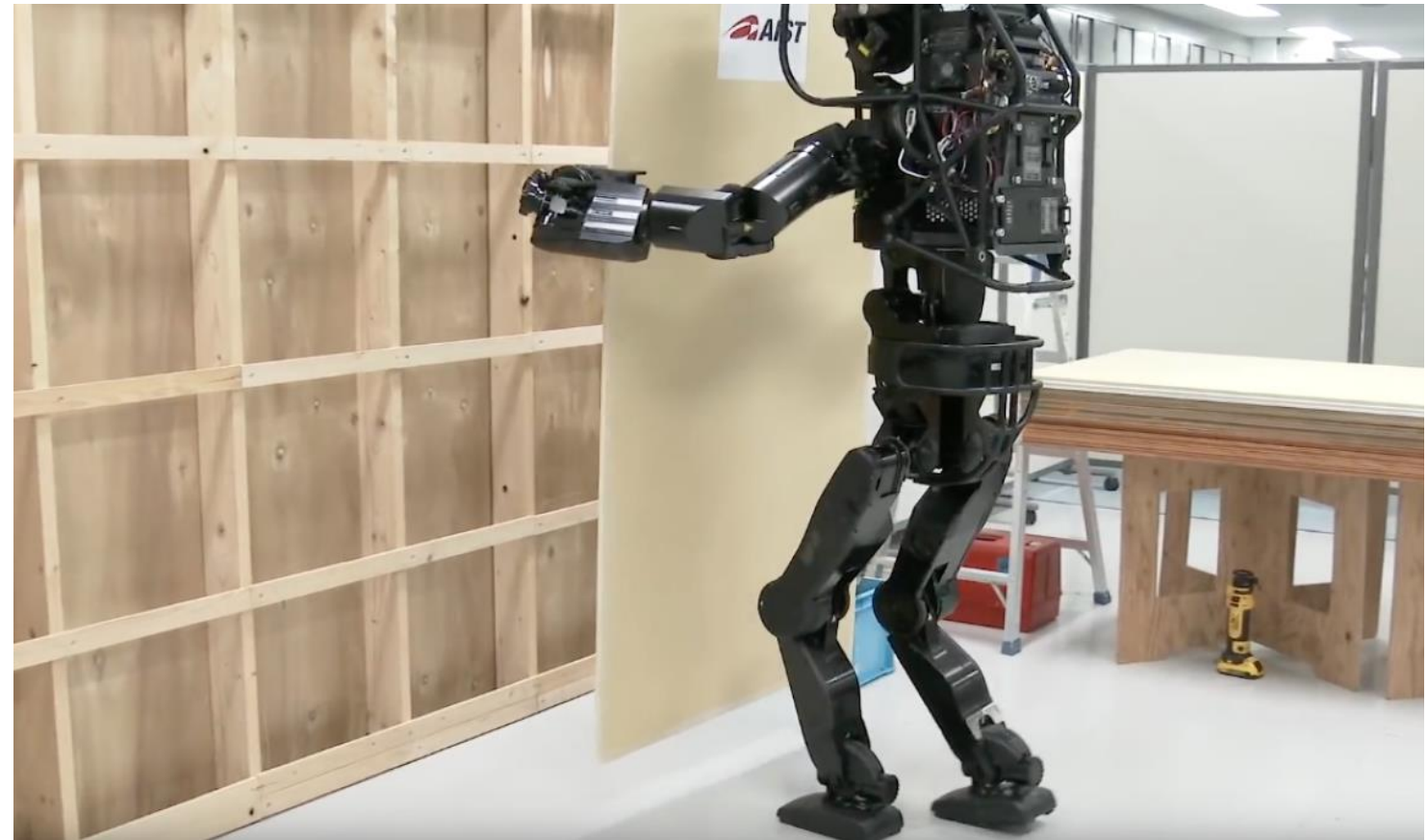


Bild: AIST

Supernumerary Robotic Limbs (SRL)

Korea University, University of California, Hanyang University, MIT m.fl.

TRL 3-7

3	2	0	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

En typ av bärbar robot som förstärker användaren genom att ge den extra kroppsliga lemmar, så som fler armar, ben, fingrar etc. En viktig aspekt av SRLs är att de ska kunna styras oberoende av de mänskliga lemmarna.

NYTTA

Poängen med SRLs är att de kan göra det möjligt för en byggnadsarbetare att genomföra ett arbetsmoment själv, som normalt sätt kräver minst två personer. Till exempel kan en extra robot arm göra det möjligt för en person att hålla upp en gipsskiva samtidigt som samma person skruvar fast den.

STATUS

Mycket av arbetet om SRLs är fortfarande på forskningsstadiet, och flera olika typer av prototyper för armar, ben och fingrar har tagits fram på flera universitet. Kommersialiseringen av SRLs har kommit längst för mindre lemmar, som extra fingrar.

UTMANINGAR

En stor del av utmaningarna för SRLs ligger i att göra de ergonomiska och bekväma att arbeta med. De ska också ge en feedback till användaren som känns naturlig, tex med hjälp av sensorer som härmnar mänskliga sinnen.

Referenser:

- <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2016-Paper217.pdf>
- https://golden.com/wiki/Supernumerary_robotic_limbs



Ironhand

Eiffage & Bioservo

TRL 9

1	3	0	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

En mjuk bionisk vante bestående av 5 tryckkänsliga sensorer vid fingertopparna, artificiella leder som löper längs med fingrarna kopplade till fem motorer som bärs i en liten ryggsäck på ryggen. När arbetaren griper tag i ett föremål och därmed skapar tryck mot sensorerna så aktiveras motorerna hjälper till med att förstärka greppet.

NYTTA

- Minskar belastning på händer och vrister

STATUS

- Finns kommersiellt tillgänglig i fyra olika storlekar

Referenser:

- <https://www.bioservo.com/sv/professional/ironhand>
- <https://www.bioservo.com/sv/nyheter/new-film-from-eiffage-about-ironhand>



Bild: Bioservo



ROBOTAR + AI

Robotiserad bildanalys med AI

Carnegie Mellon University

TRL 4

2	2	2	0	0
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Klassificering av en betongytas struktur med hjälp av en artificiell intelligens. Betongen fotograferas efter gjutning av en kamera monterad på industrirobot. Bilderna analyseras med hjälp av AI, och fel och misstag i ytan identifieras.

NYTTA

Förbättrad kvalitetskontroll då AI kan användas för att kontrollera defekter (sprickor/färgskiftningar) mellan element/gjutningar

STATUS

Pågående forskningsprojekt

UTMANINGAR

Bildupplösning, och möjlighet att scanna större ytor.

Referenser:

- Bard, J. et al: Image classification for robotic plastering with convolutional networks, RobArch 2018

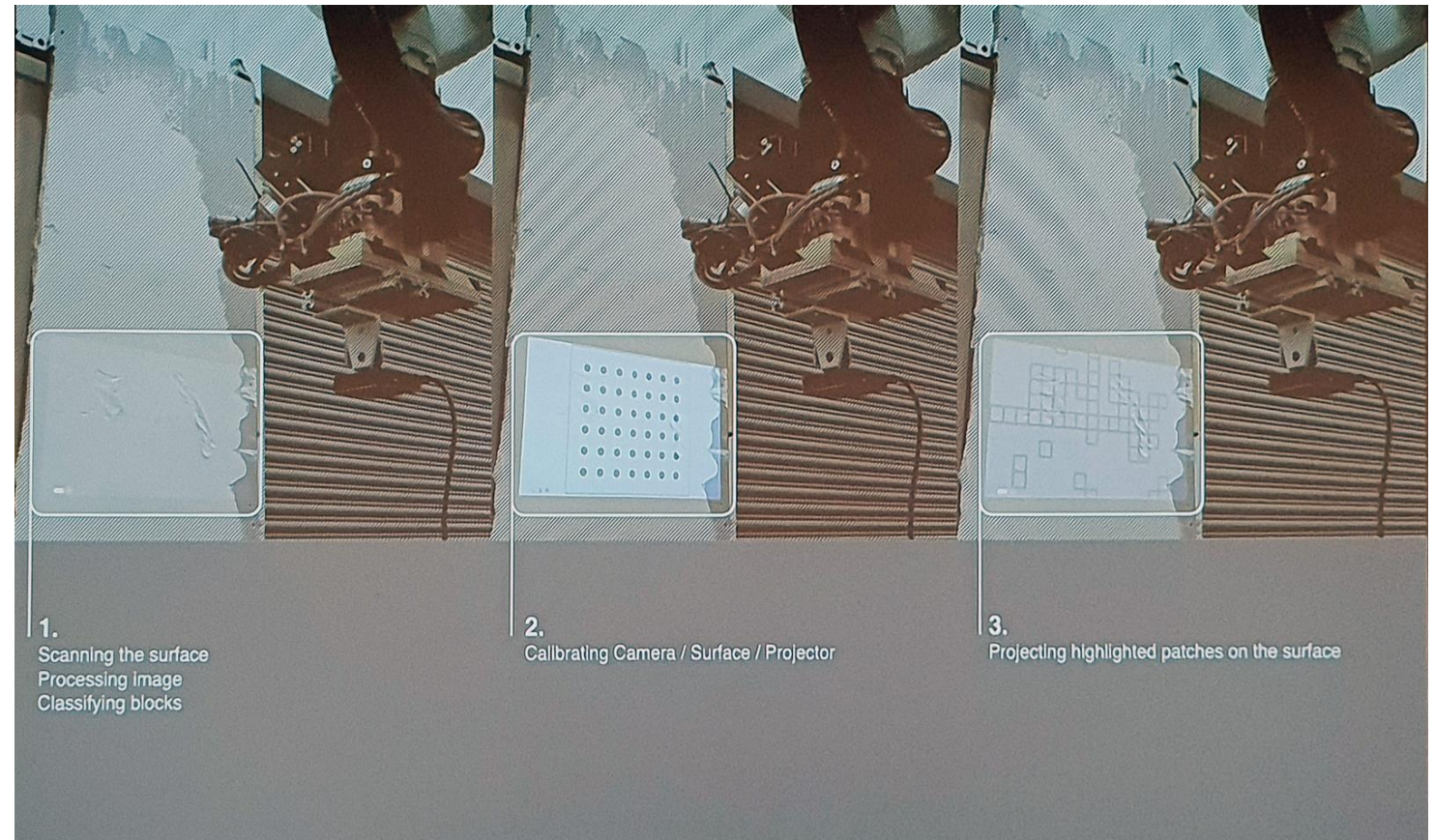


Bild: Petra Jenning från presentation under konferensen RobArch 2018

Programmering av robot genom att en människa fysiskt visar och för roboten genom en sekvens av rörelser, människan kan också fysiskt föra roboten till ett område där roboten bör kunna lösa sin uppgift.

Den haptiska programmeringen stöttar traditionell programmering, och möjliggör för människor utan programmeringskunskap att integrera med roboten. Det underlättar också för att anpassa ett mer generellt robotprogram till platsspecifika förutsättningar.

KOMMENTAR

Utvärdering inte möjlig utan specificerad applikation.

Referenser:

Stumm, S & Brell-Cokcan, S (2018) Haptic programming, In Proc. ROBARCH 2018, Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design, pp. 44-58, Springer Nature Switzerland



Bild: Reuters och Tyrone Siu
(<https://www.ibtimes.com/haptic-feedback-will-let-users-control-prosthetic-devices-better-study-says-2545709>)

Verifikation av byggnadställningar med AI

University of Nevada & University of Houston

TRL 2

2	3	3	-	-
PROD.	ARB.	KVAL.	INNO.	MILJÖ

Användning av AI för att förutse farliga situationer orsakad av belastning på byggnadställningar. Byggnadställningen utrustas med sensorer för belastning. Datan skickas till en AI som är tränad för att förutse när instabilitet eller brott uppstår, eller ställningen riskerar att välta.

NYTTA

- Ökar säkerheten, särskilt vid vindlaster
- Samma teknik skulle kunna appliceras för att verifiera stämplaster och då potentiellt höja produktiviteten genom att stämp för bjälklag kan tas bort snabbare, särskilt i kombination med mätning av hållfasthet i betong.

STATUS

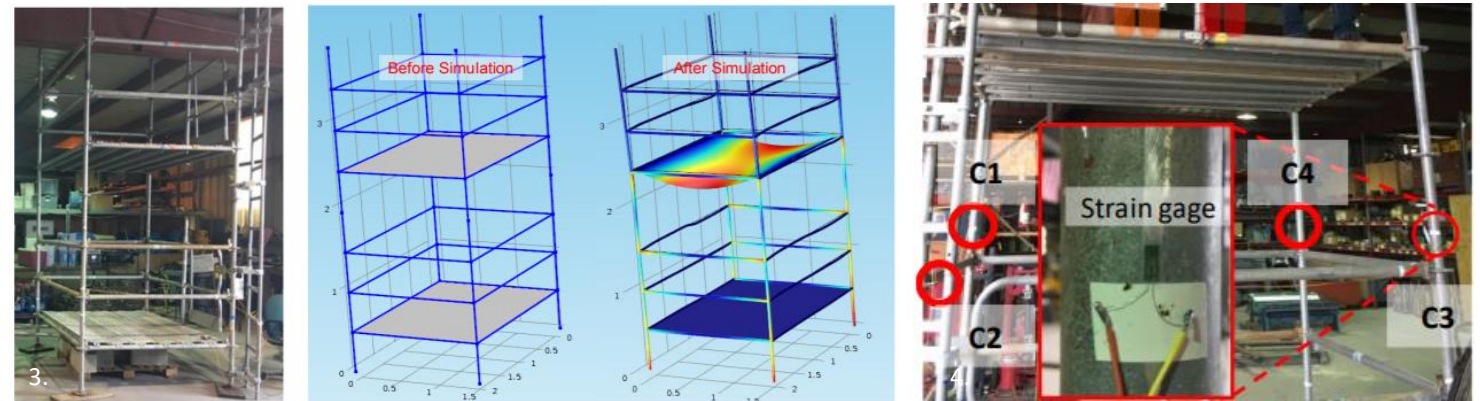
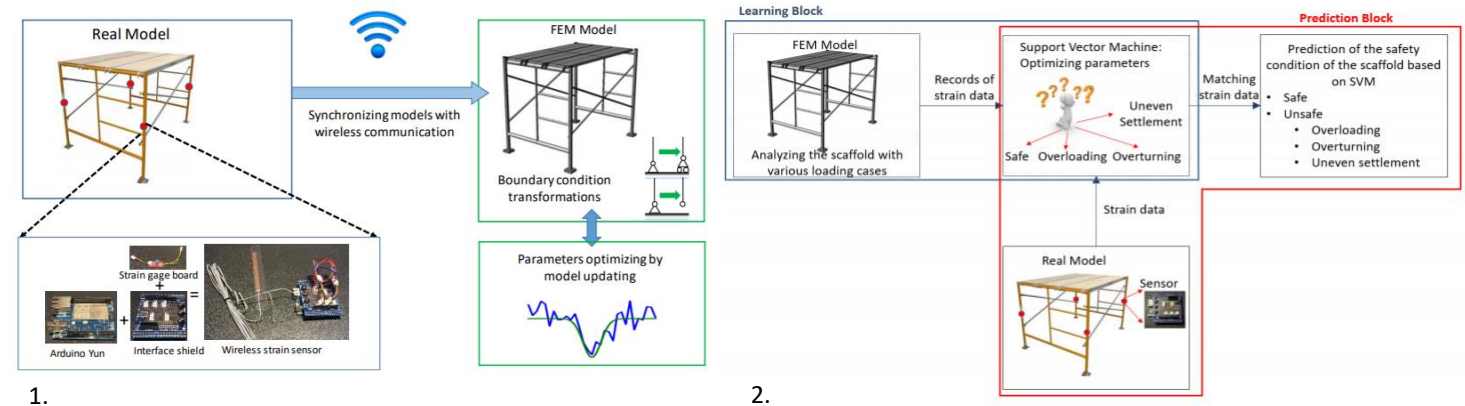
Pågående forskning

UTMANINGAR

- Tillgång till tillräcklig mängd träningsmaterial för AI
- Säker etablering av sensorer på bygget, bl. a. stabil tillgång till wifi och ostörd datakommunikation
- Användargränssnitt för hur man läser av status på bygget

Referenser:

- Scaffolding Modelling for Real-Time Monitoring using a Strain Sensing Approach, (ISARC 2018)
- Machine Learning for Assessing Real-Time Safety Conditions of Scaffolds, (ISARC 2018)



Bilder: 1, 3 och 4: Chunhee Cho, Sayan Sakhakarmi, Kyungki Kim, Jang-Hyun Park 2018.
2: Chunhee Cho, Jang-Hyun Park, Kyungki Kim, Sayan Sakhakarmi 2018.