



SLUTRAPPORT

Utveckling av maskininlärning

**-inbäddade applikationer för att stödja bedömning av farligt material
vid renovering och rivning**

Mikael Mangold, RISE

**RE:
SOURCE**

Slutrapport för projekt:

Utveckling av maskininlärning

-inbäddade applikationer för att stödja bedömning av farligt material vid renovering och rivning

Engelsk titel: Development of machine learning

-embedded applications to support hazardous material assessment in renovation and demolition

Projektperiod: 2022-2024

Datum: 2024-08-09

Projektnummer: P2022-00304

Diarienummer: P2022-00304

Projektledare: Mikael Mangold

Organisation: RISE

Adress: Sven Hultins plats 5

Ev. övriga projektdeltagare: Pei-Yu Wu

Nyckelord: 5–7 st: Maskininlärning, miljöinventering, farliga ämnen, materialkvalitetssäkring, metodutveckling, mönsterigenkänning, riskbedömning

RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram och finansieras av

VINNOVA

 Energimyndigheten

FORMAS ::

Förord

Detta projekt har utförts framförallt av Pei-Yu Wu som disputerade den 9e januari 2024. Detta projekt har möjliggjort applikation mot samhällsaktörer av hennes avhandlingsarbete. Pei-Yus doktorandprojekt har även finansierats av SSF och EU projektet BuiltHub.

Ett särskilt tack vill vi rikta till deltagarna i workshop i projektet samt projektets ursprungliga samarbetspartners Ragn-Sells Group och Boverket. Riktat tack till:

- Åsa Holmberg, Miljökonsult, Relement
- Peder Forsgren, Rang-Sells Group, Affärsutveckling
- Josef Johansson, Skanska, fd doktorand. Materialinventering, AI
- Christina Claeson Jonsson, FoI chef för NCC, Adj prof vid Chalmers
- Anna Öhberg, Framtiden
- Linus Berg, Hållbarhetschef vid Ocab AB (avfuktnings- och saneringsföretag), ledningsgrupp mot cirkulärt byggande
- Lena Bergden, Relevant miljökonsult, materialinventering
- Joel Almqvist, Kiruna LKAB samhällsomvandlingen leder avvecklingen, rivningen 550 000kvm som ska rivas
- Tommy Engström, Skanska teknik, materialinventering återbruk
- Viktoria Espejel, Skanska, inköp rivning återbruk, farligt avfall
- Martin Wiss, Boverket, miljörisk och infrastrukturfrågor, Boverkets regeringsuppdrag om cirkulära flöden, även digitalisering, ontologier
- Johan Götbring, Miljö och materialinventering sedan 1995. Miljöinvent AB.

Innehåll

1. Sammanfattning	5
2. Summary	6
3. Inledning och bakgrund.....	7
4. Genomförande	8
5. Resultat och diskussion	9
6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg	10
7. Publikationslista.....	11
8. Projektkommunikation	11
9. Bilagor	12

1. Sammanfattning

Ett doktorandprojekt på RISE har utvecklat avancerade maskininlärningsmodeller för att förutsäga förekomsten av farliga ämnen såsom asbest, PCB och radon i byggnadskomponenter. Detta projekt, som startade 2022, har haft som mål att adressera en central utmaning inom cirkulärhetsperspektivet – att minimera riskerna för hälsa och miljö i samband med renovering och rivning av byggnader.

Genom att samla in och digitalisera miljöinventeringar har maskininlärningsmodeller tränats som kan förutse förekomsten av farliga material med hög precision. Projektet har innefattat omfattande datainsamling från tidigare byggprojekt och användning av avancerade algoritmer för att identifiera och förutsäga förekomsten av farliga ämnen.

Resultaten från projektet är lovande och erbjuder värdefulla insikter för fastighetsägare, entreprenörer och myndigheter för att hantera farliga material mer effektivt i byggbranschen. Genom att tillämpa maskininläring kan man få bättre insikter för att fatta informerade beslut och minimera potentiella hälsorisker och miljöpåverkan.

Projektet har resulterat i flera akademiska publikationer och två workshops har hållits för att diskutera och analysera resultaten samt för att samla in ytterligare insikter och perspektiv från olika intressenter inom byggbranschen.

Slutsatserna från detta projekt representerar ett betydande framsteg mot en mer cirkulär och säker byggbransch. Genom att integrera avancerade teknologier som maskininläring med branschkunskap och erfarenhet kan vi bättre förutse och hantera risker relaterade till farliga material, vilket i sin tur kan bidra till att skydda både människors hälsa och miljön på lång sikt.

Nästa steg innebär att fortsätta samarbetet mellan olika intressenter och att utveckla digitala verktyg för inventering och bedömning av farliga material, samt att integrera de nya metoderna och verktygen i befintliga arbetsflöden inom byggbranschen. Det är också viktigt att fortsätta arbeta med standardisering och digitalisering av miljöinventeringar för att effektivisera hanteringen av farliga material och främja en säkrare arbetsmiljö inom byggsektorn.

2. Summary

A doctoral project at RISE has developed advanced machine learning models to predict the presence of hazardous substances such as asbestos, PCBs, and radon in building components. This project, initiated in 2022, aimed to address a central challenge within the circularity perspective – minimizing health and environmental risks associated with building renovation and demolition.

By collecting and digitizing environmental inventories, machine learning models have been trained to predict the presence of hazardous materials with high precision. The project involved extensive data collection from previous construction projects and the use of advanced algorithms to identify and predict the occurrence of hazardous substances.

The results of the project are promising and offer valuable insights for property owners, contractors, and authorities to more effectively manage hazardous materials in the construction industry. By applying machine learning, better insights can be gained to make informed decisions and minimize potential health risks and environmental impacts.

The project has resulted in several academic publications, and two workshops have been held to discuss and analyze the results, as well as to gather additional insights and perspectives from various stakeholders within the construction industry.

The conclusions from this project represent a significant step towards a more circular and safe construction industry. By integrating advanced technologies such as machine learning with industry knowledge and experience, we can better anticipate and manage risks related to hazardous materials, thereby protecting both human health and the environment in the long term.

The next step involves continuing collaboration between various stakeholders and developing digital tools for inventorying and assessing hazardous materials, as well as integrating the new methods and tools into existing workflows within the construction industry. It is also important to continue working on standardization and digitization of environmental inventories to streamline the management of hazardous materials and promote a safer working environment within the construction sector.

3. Inledning och bakgrund

I en tid där hållbarhet och hälsosam miljö blir allt viktigare och möjligare att arbeta på fokuserar många forskningsprojekt på att identifiera och hantera farliga material i byggnader. Doktorandprojektet startade 2019 och detta projekt startade 2022 för att koppla doktorandprojektet bättre mot branschen. Vårt projekt har syftat till att utveckla maskininlärningsmodeller för att prediktera förekomsten av asbest, PCB och radon i byggnadskomponenter. Dessa modeller är avsedda att underlätta planeringen och genomförandet av renoveringar och rivningar genom att ge fastighetsägare och entreprenörer värdefull information om potentiellt farliga material i deras byggnader.

Genom att kombinera avancerade maskininlärningsalgoritmer med omfattande datainsamling och analyser strävar detta projekt efter att öka kunskapen och medvetenheten kring riskerna med farliga material i byggbranschen. Dessutom har projektet kompletterats med två workshops där intressenter från akademien, entreprenörsbranschen, och myndigheter har delat sina insikter och erfarenheter för att ytterligare förbättra förståelsen och hanteringen av dessa frågor.

Denna rapport presenterar resultatet av delprojektet och de insikter som samlats in genom workshopparna. Genom att utforska metoder för att förutsäga och hantera förekomsten av farliga material i byggnader bidrar detta projekt till en mer hållbar och säker byggbransch.

4. Genomförande

För att genomföra detta projekt och de tillhörande workshopparna har följande metoder och processer använts:

Datainsamling och modellutveckling: Projektet inleddes med en omfattande datainsamling av information om byggnadskomponenter och förekomsten av farliga ämnen såsom asbest, PCB och radon i svenska byggnader. Denna data användes sedan för att utveckla maskininlärningsmodeller för att förutse förekomsten av dessa material. Datainsamlingen omfattade historiska byggdokument, tidigare inventeringar, och mätningar av radonhalter.

Modellträning och utvärdering: Maskininlärningsmodellerna utvecklades genom att använda olika algoritmer och tekniker för att träna dem på den insamlade datan. Modellerna utvärderades sedan noggrant med avseende på deras prestanda och förmåga att förutsäga förekomsten av farliga material. Utvärderingen innefattade användning av olika metriker och valideringsmetoder för att säkerställa modellernas tillförlitlighet och noggrannhet.

Publikationer: Resultaten av modellutvecklingen och utvärderingen dokumenterades och presenterades i form av akademiska publikationer. Dessa publikationer granskades och godkändes av relevanta forskningstidskrifter och konferenser inom området för byggnadsfysik och miljövetenskap.

Workshops: Två workshops hölls för att diskutera och analysera resultaten av projektet samt för att samla in ytterligare insikter och perspektiv från olika intressenter inom byggbranschen. Workshopparna organiserades med hjälp av förutbestämda frågor och diskussionspunkter för att säkerställa ett strukturerat och givande samtal.

Den första workshopen gav mestadels input till projektet och i den andra workshopen var fokus att presentera projektresultat och få feedback från branschen och från myndigheter.

Feedback och följdaktiviteter: Efter varje workshop samlades feedback in från deltagarna för att utvärdera workshopparnas effektivitet och identifiera eventuella områden för förbättring. Denna feedback användes sedan för att planera eventuella följdaktiviteter och fortsatt forskning inom området.

Genom att kombinera avancerade tekniker som maskininläring med branschspecifika kunskaper och erfarenheter kan förståelsen och medvetenheten öka kring hanteringen av farliga material i byggbranschen.

5. Resultat och diskussion

I doktorandprojektet har avancerade maskininlärningsmodeller utvecklats för att förutse förekomsten av farliga ämnen, såsom asbest och PCB, i byggnadskomponenter samt för att förutsäga radonnivåer. Projektet har resulterat i flera akademiska publikationer och två workshops har hållits för att diskutera identifiering och hantering av farliga material i byggbranschen.

Workshops:

Två huvudworkshops har organiserats för att diskutera identifiering och hantering av farliga material i byggbranschen. Den första workshoppen ägde rum den 30 november 2022 i Göteborg och samlade 13 deltagare från olika sektorer, inklusive akademi, entreprenörer, miljökonsulter, och myndigheter. Diskussionerna kretsade kring informationsbehov för planering av hantering av byggavfall samt undersökningar inför ombyggnad eller rivning.

Den andra workshoppen hölls den 5 december 2023 i Göteborg och hade deltagare från olika organisationer såsom fastighetsägare, entreprenörer, forskningsinstitut och myndigheter. Diskussionerna fokuserade på utveckling av maskininlärningsbaserade applikationer för att stödja bedömning av farliga material vid renovering och rivning.

Sammanfattning av resultat:

Resultaten från workshopparna och publikationerna visar att det finns en ökande medvetenhet om behovet av att använda avancerade tekniker, såsom maskininläring, för att förutse och hantera farliga material i byggnader. Identifiering och inventering av sådana material är avgörande för att minimera risker och säkerställa en säker arbetsmiljö under ombyggnads- och rivningsprojekt. Genom att tillämpa maskininläring kan fastighetsägare och entreprenörer få bättre insikter för att fatta informerade beslut och minimera potentiella hälsorisker och miljöpåverkan. Fortsatt samarbete mellan olika intressenter och utveckling av digitala verktyg för inventering och bedömning av farliga material kan ytterligare förbättra branschens förmåga att hantera dessa utmaningar på ett effektivt sätt.

Ytterligare arbeten, seminarier och möten:

För att informera om och till projektet har även ett antal separata möten hållits med experter från industrin, akademien och deltagare i EU projektet BuiltHub. Bland annat hölls flera möten med Mikael Teorin. Vid LTH och i BuiltHub i Aten och Wien hölls seminarier för spridning av resultat.

6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Resultaten från doktorandprojektet på RISE och de två mer centrala workshopparna som hölls ger värdefulla insikter om hanteringen av farliga material i byggbranschen och användningen av maskininlärningsmodeller för att förutsäga deras förekomst. Genom att integrera avancerade tekniker som maskininläring med praktisk kunskap och erfarenhet från olika intressenter, har projektet adresserat flera utmaningar och frågor som rör hanteringen av farliga material i byggnader.

En central fråga som framkommer är behovet av bättre informationshantering och datainsamling för att effektivt kunna förutse och hantera farliga material. Genom att samla in och analysera data från olika källor kan maskininlärningsmodeller skapa mer träffsäkra prognoser och underlätta beslutsfattande för fastighetsägare och entreprenörer. Det är också viktigt att betona betydelsen av att involvera olika aktörer och intressenter i processen för att säkerställa att modellerna är relevanta och användbara i praktiken. För detta syfte har en kontakt med Boverket (Martin Wiss) och deras satsning på digitala miljöinventeringar etablerats.

En annan diskussionspunkt är den praktiska tillämpningen av resultaten och hur de kan integreras i befintliga arbetsflöden inom byggbranschen. Det krävs eventuellt ytterligare utbildning och resurser för att säkerställa att entreprenörer och fastighetsägare kan dra nytta av de nya verktygen och metoderna på ett effektivt sätt. Dessutom är det viktigt att överväga eventuella etiska och juridiska frågor som kan uppstå vid användningen av maskininlärningsmodeller för att prediktera förekomst av farliga material.

I det större sammanhanget är resultatet av detta projekt och de två workshopparna ett steg framåt mot en mer cirkulär och säker byggbransch. Genom att integrera avancerade teknologier med branschkunskap och erfarenhet kan vi bättre förutse och hantera risker relaterade till farliga material, vilket i sin tur kan bidra till att skydda både människors hälsa och miljön på lång sikt.

Det som behövs närmast är standardiserade och digitaliserade miljöinventeringar samt ett faktiskt användande av de prediktioner av farliga ämnen och andra byggmaterial som nu är möjliga att göra inom bygg- och renoveringsbranschen i stort.

7. Publikationslista

1. Wu, P-Y. (2024). Data-driven approaches for predicting hazardous substances in the building stock. [PhD thesis, Division of Building Physics]. Lund University.

2. Wu, P-Y., Sandels, C., Johansson, T., Mangold, M., & Mjörnell, K. (2023). Machine Learning Models for the Prediction of PCB and Asbestos Materials in Buildings. Resources, Conservation, and Recycling, 199 (107253).

3. Wu, P-Y., Johansson, T., Sandels, C., Mangold, M., & Mjörnell, K. (2023). Indoor Radon Interval Prediction in the Swedish Building Stock Using Machine Learning Building and Environment, 245 (110879).

Sjöström, C. (organisatör) Lisco, M. (Ordförande för en session) Johnson, E. (presentatör) Wu, P. (presentatör) Jennerheim, J. (presentatör) Seminarium (2023)
<https://portal.research.lu.se/sv/activities/joint-phd-seminar-on-environmental-challenges-from-niche-to-norm>

8. Projektkommunikation

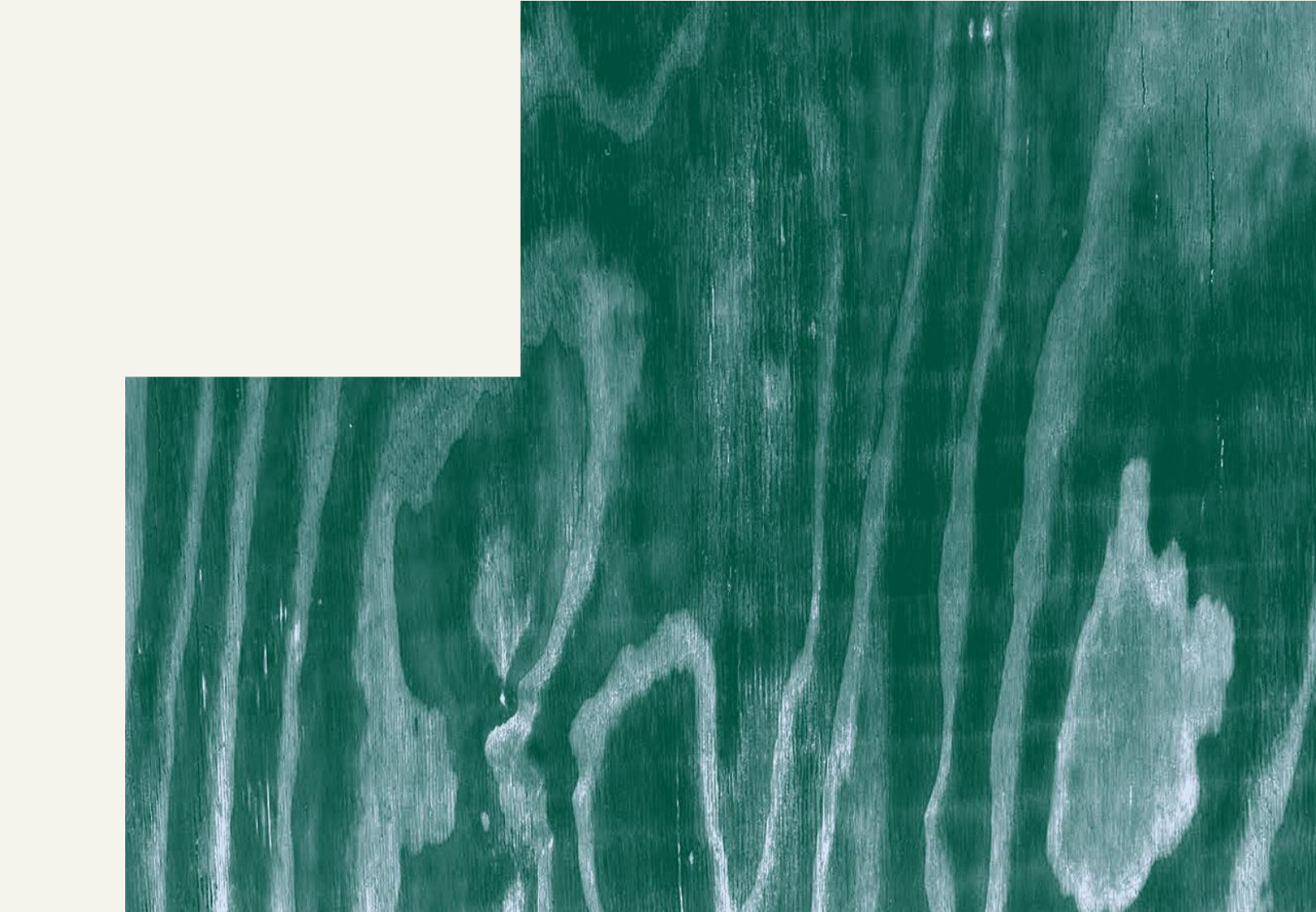
Projektets huvudsakliga kommunikation har varit via akademiska kanaler så som vetenskapliga journaler, konferenser samt disputation. Då projektet är litet men del av ett större sammanhang har även kommunikation skett i systerprojekt: EU-projektet BuiltHub och Pei-Yu Wus doktorandprojekt.

9. Bilagor

1. Wu, P-Y. (2024). Data-driven approaches for predicting hazardous substances in the building stock. [PhD thesis, Division of Building Physics]. Lund University.

2. Wu, P-Y., Sandels, C., Johansson, T., Mangold, M., & Mjörnell, K. (2023). Machine Learning Models for the Prediction of PCB and Asbestos Materials in Buildings. *Resources, Conservation, and Recycling*, 199 (107253).

3. Wu, P-Y., Johansson, T., Sandels, C., Mangold, M., & Mjörnell, K. (2023). Indoor Radon Interval Prediction in the Swedish Building Stock Using Machine Learning *Building and Environment*, 245 (110879).



RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram som fokuserar på att utveckla cirkulära, resurseffektiva materialflöden. Vårt mål är att uppnå en hållbar materialanvändning där vi håller oss inom planetens gränser.

**RE:
SOURCE**

resource-sip.se