

Smart vedligeholdelse

Niels W. Falk

Viet T. P. Pham

CON
TECH
LAB_



Projektet

Målet med projektet er, i **ConTech Lab regi**, at udvikle et digitalt og intelligent vedligeholdelsesplanlægningsværktøj der automatisk kan udarbejde smarte **driftsplaner**.

Parterne

Driftsorganisation



Droneregistrering



Projektledelse



Teknologi-konsulenter



Tidsplan



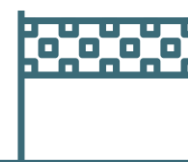
Primo **Maj** 2021

Forprojekt afsluttes

Ultimo **September** 2021

Opstart projektet

Primo **December** 2021



Ultimo **December** 2022

CON
TECH
LAB_



Hvorfor

Driftsplaner bliver i dag typisk udarbejdet på baggrund af **visuelle** inspektioner, mange års **erfaring** og **subjektive** vurderinger.

Det er en **besværlig, langsom, upræcis** og en **manuel proces**, der kræver at man:

1. **Indhenter** data fra ejendomsejeren
2. **Interviewer** ejendomsejeren
3. **Visuelt** inspicerer alle bygningsdele
4. **Behandler** alle data input
5. **Formidler** input til en rapport

1.
Indhente Data



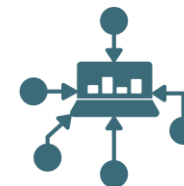
2.
Interview



3.
Visuelle Inspektioner



4.
Behandle Data



5.
Formidle Rapport



Idéen

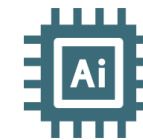
Hvad nu hvis vi kunne **optimere** og **automatisere** udarbejdelsen af **driftsplaner** på ejendomme, ved at udnytte offentligt tilgængelig **data**, en **database** af tidligere vedligeholdelsesplaner, kunstig **intelligens** og **reality capture** teknologier.



Reality Capture



Trænings Data



Kunstig Intelligens



Automatisk Vedligeholdelsesplan



Tilgængeligt
Offentligt Data



Trænings Data

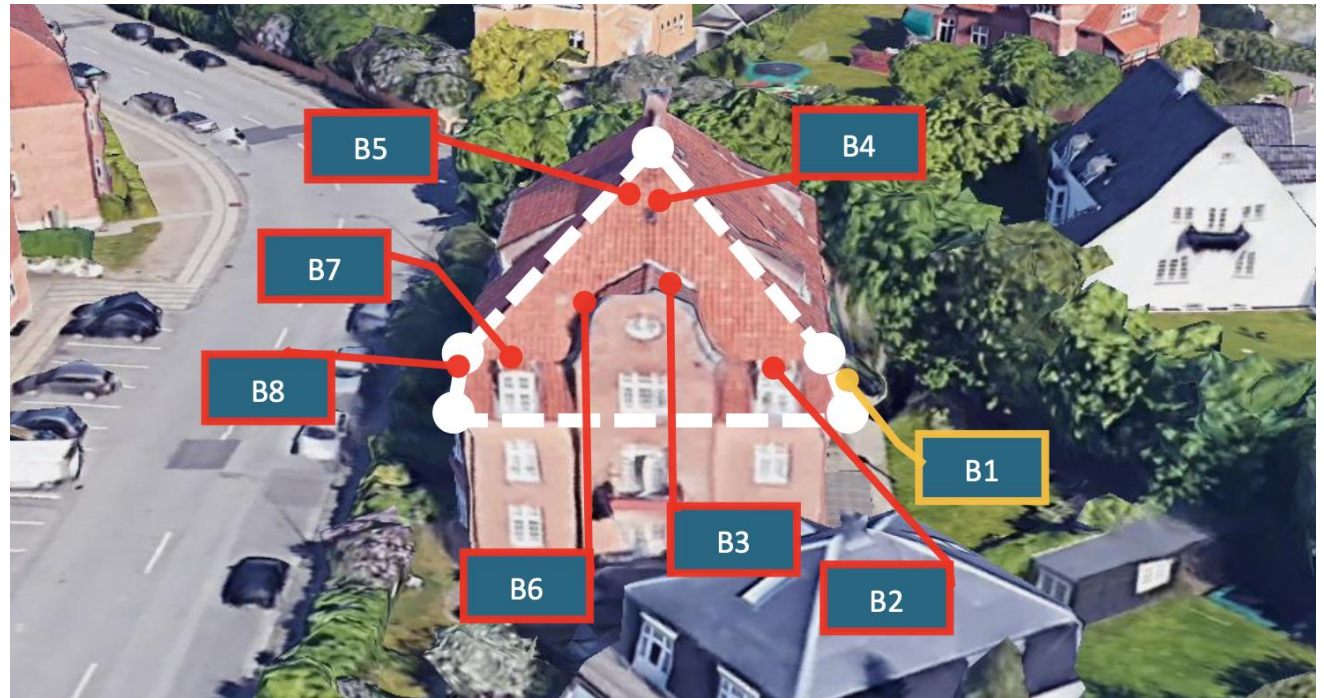
Forprojekt

Tagbelægning

For at **afgrænse** problemstillingen er der i forprojektet fokuseret på en bygningsdel.

Målet er at kortlægge processen der danner basis for udarbejdelsen af en traditionel vedligeholdelsesplan, og benytte denne til at udvikle en Proof of Concept (PoC).

PoC'en vil demonstrere en **automatisk** tilstandsvurdering af vilkårlige *tagbelægnings*, ved at identificere **revnede/knækkede tegl** på droneregistreringer og forudsige **tilstand** og **levetid** med kunstig intelligens.



Reality Capture

Droneregistreringer

Teknologien omkring **reality capture** fokuserer på at digitalisere virkeligheden – automatisk, hurtigt og effektivt. I stedet for fotos, noter og håndskitser, så anvendes digitalkameraer, algoritmer og computerkraft til at indsamle digitale data og omsætte dem til billeder, virtual reality, tegninger og mål.

Da *tagbelægningen* er i fokus, vil **forprojektet** fokusere på **droneregistreringer**, der er fordelagtige at bruge til **udvendige inspektioner**.

I **projektet** vil scopet kunne udvides til at indeholde **fotogrammetri** og **laser scans**, der er fordelagtige at benytte til **indvendige inspektioner**.



■ Klasse 0 ■ Klasse 1 ■ Klasse 2 ■ Klasse 3

Trænings Data Droner

Ved en **droneinspektion** af *tagbelægningen* på en ejendom, bliver ejendommen overfløjet med en drone og videooptagelser bliver efterfølgende **manuelt** gennemgået af en drone operatør der klassificerer skaderne og udarbejder et **registreringsdokument**

Følgende typer skader klassificeres:

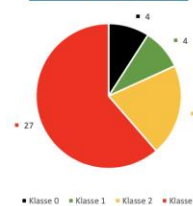
- Revner/knæk/brud
- Inddækning
- Afdækning
- Fuger/forskælning
- Deformering
- Tagfod



OVERSICHT AF REGISTRERING PÅ A-SIDE



Fordeling af registreringer



Generel bemærkning til denne taglade:

Der er beskadiget tegl, partielt fordelt på tagladen

Inddækninger ligger generelt med lille overlæg, nogle steder er den løstnet.

Forskælning ved rygning, grater, og overstrøgne tagsten mangelfuld

Løse genstande/snavs i tagrende flere steder



Foto info	DJI_0009. Tidspunkt 02:44
Områdekode	A3
Beskrivelse	Knækkede/revnede tagsten Forskælning ved grat

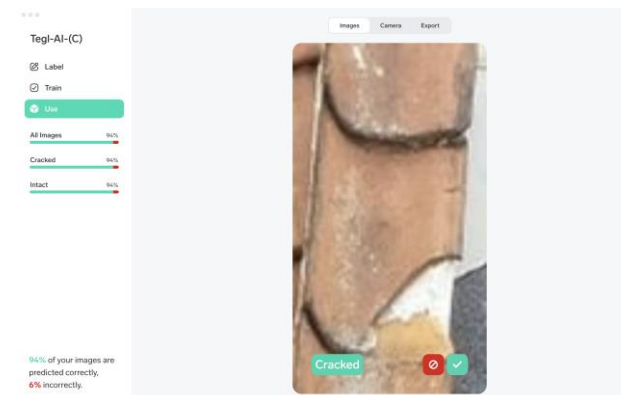
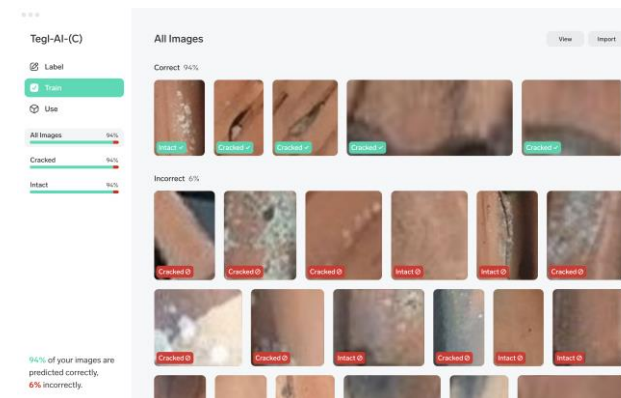
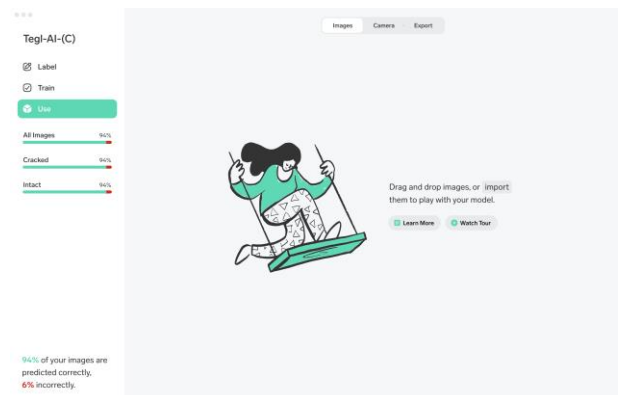
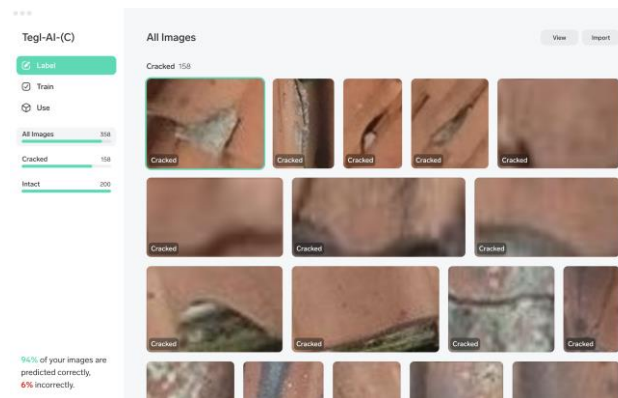
Kunstig Intelligens Dronefotos

I forbindelse med afgræsningen af **forprojektet** er der fokuseret på at indhente træningsdata på skadet tegl.

358 billeder fra fire forskellige ejendomme er blevet analyseret med **billedgenkendelse** teknologi og en kunstig intelligens er blevet trænet til at identificerer revner/knæk og brud i teglsten.

Præcisionen på billedgenkendelsen af skadet tegl i forprojektet blev **94%** på beskåret billeder og **61%** på ubeskåret billeder.

Brugeren vil kunne uploade et billede og den kunstige intelligens, vil kunne fortælle om teglen er intakt eller skadet.



Driftsplaner

Udover en visuel inspektion af bygningsdelene ifm. tilstandsvurderingen, består en **driftsplan** af en kort **beskrivelse** af ejendommen, anbefalet **aktivitetsplan** for drift og vedligeholdelse, nøgletal og **konklusion** på **budget** og fordelingsplanen.

Disse informationer indhentes manuelt ved at trække på **offentligt tilgængelig data**.

Ejendommen og anbefaling

Aktivitetsplan

Omsættinger til drift og vedligeholdelse				Efteropkøb/tilbud			
RPS	Regningsår	Mængde	Omsættinger	RPS	Regningsår	Mængde	
1	Servicearbejde	2200	4800	1	Materialer	2 stk.	
11	Servicearbejde	1	12000	3	Servicearbejde	100 stk.	
14	Servicearbejde	1	1000	4	Servicearbejde	2 stk.	
17	Servicearbejde	1	3400	3	Servicearbejde	200 stk.	
17	Servicearbejde	1	2300	3	Servicearbejde	20 stk.	
17	Servicearbejde	1	2300	3	Servicearbejde	100 stk.	
	Subtotal		36.134				

Bygningsdele

Nøgletal og konklusion

Tilgængeligt Offentligt Data

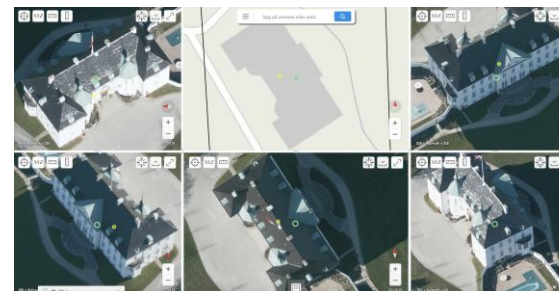
De offentlige tilgængelige data benyttes bl.a. til at forudsige **tilstand** og **levetid** på en given bygningsdel. Tilstand og levetid udledes ved at analysere materiale, antal (m²), indbygnings år, renoverings år mm. og kan indhentes via:

- Energimærkningen
- BBR/Matrikeldata og tingbog
- Tegninger
- Billeder og skråfotos

Erhvervsstyrelsen Boligejer



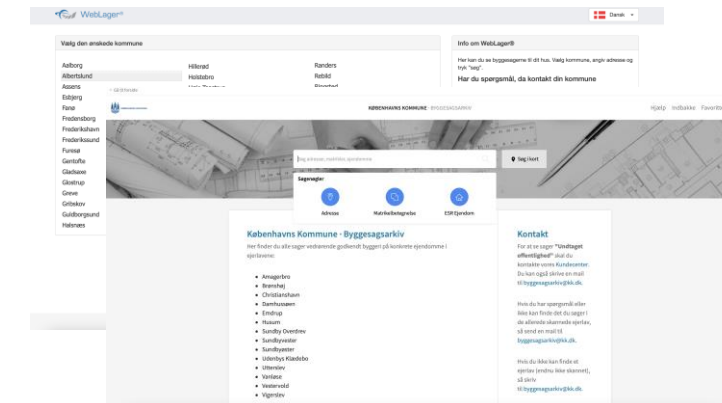
Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet Skråfotos



Udvikling og Foreklingsstyrelsen OIS



Kommune Byggesagsarkiv



Trænings Data

Driftsplaner

Efter ejendomsejeren er blevet **interviewet**, **data** er **indhentet** fra ejendomsejeren og offentlige tilgængelige datakilder, alle relevante bygningsdele er blevet **visuelt inspiceret**, bliver **data behandlet**.

Data bliver behandlet i tre spor:

1. Alle relevante **bygningsdele** bliver oprettet
2. **Tilstand og levetid** for hver bygningsdel bliver vurderet
3. Frekvens, tid og omkostninger bliver vurderet pr. bygningsdel

På baggrund af alle vurderingerne bliver en **rapport** udarbejdet med en generel **konklusion**, **budget** og **fordelingsplan** for drift og vedligehold af ejendommen.



NUMMER 1 POSTNR.	NUMMER 1 OPFØRELSEÅR	NUMMER 1 AREAL	NUMMER 1 ERHVERVSAREAL	NUMMER 1 ETAGER	CATEGORY 1 BYGNINGSDEL	CATEGORY 1 MATERIALE	NUMMER 1 INDBYGGET ÅR	NUMMER 1 EFTERSET/OPRETET	NUMMER 1 REST LEVETID	NUMMER 1 ANTAL (M2)	CATEGORY 1 TILSTAND
2200	1961	3852	0	4	Tagbelægning	Tagpap	1961	2018	10	750	Middel
2200	1906	3551	20	5	Tagbelægning	Skifer	2010	2018	50	130	God
2200	1906	3551	20	5	Tagbelægning	Tagpap	2010	2018	30	490	Middel
2950	1965	2429	0	4	Tagbelægning	Bølge-eternit	2019	2019	40	700	God
2300	1920	1655	0	5	Tagbelægning	Teglisten	2011	2018	25	480	God
2200	1885	1076	108	5	Tagbelægning	Skifer	1992	2020	30	117	Middel
2200	1885	1076	108	5	Tagbelægning	Tagpap	1992	2020	3	94	Under middel
1758	1928	22825	271	4	Tagbelægning	Teglisten	1928	2019	15	13172	Under middel
2000	1895	7070	3718	5	Tagbelægning	Skifer	1997	2020	35	2606	Middel
2000	1895	7070	3718	5	Tagbelægning	Bølge-eternit	1997	2020	35	2606	Middel
2200	1901	890	0	5	Tagbelægning	Tagpap	1901	2020	25	229	Under middel
2200	1901	890	0	5	Tagbelægning	Skifer	1901	2020	25	229	Under middel
1850	1894	1688	220	5	Tagbelægning	Skifer	1894	2021	20	350	Middel
1850	1894	1688	220	5	Tagbelægning	Tagpap	2021	2021	35	150	God
2720	1934	1290	0	3	Tagbelægning	Teglisten	1934	2017	5	600	Under middel
2300	1934	1310	0	5	Tagbelægning	Teglisten	1934	2019	10	416	Under middel
2200	1905	1267	0	5	Tagbelægning	Skifer	2007	2017	80	200	God
2200	1905	1267	0	5	Tagbelægning	Tagpap	2007	2017	25	200	God
2200	1898	2295	0	5	Tagbelægning	Skifer	1996	2018	20	250	Middel
2200	1898	2295	0	5	Tagbelægning	Tagpap	1996	2018	20	140	Middel
2000	1903	2669	0	4	Tagbelægning	Skifer	1999	2019	35	798	God
1749	1861	13282	381	5	Tagbelægning	Teglisten	1994	2018	30	3350	Middel
1827	1905	3637	208	5	Tagbelægning	Skifer	1992	2019	25	1220	Middel
1557	1894	2734	0	5	Tagbelægning	Skifer	1894	2017	20	580	Middel

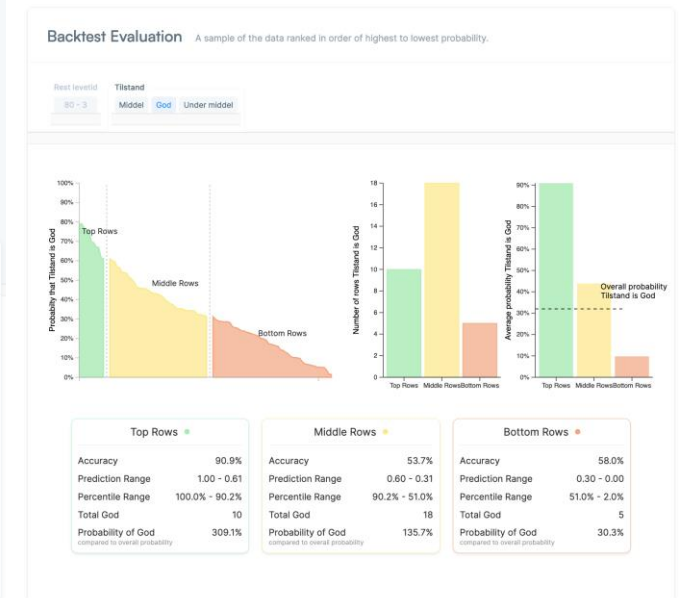
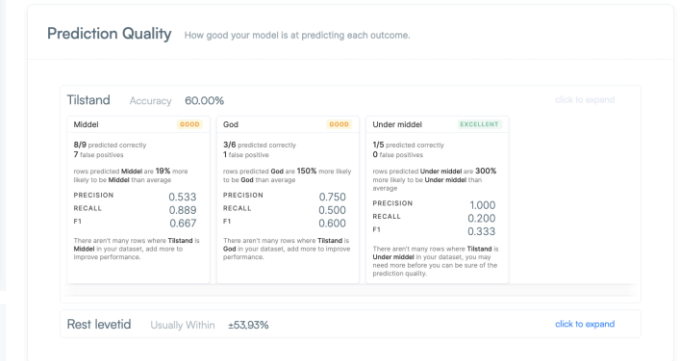
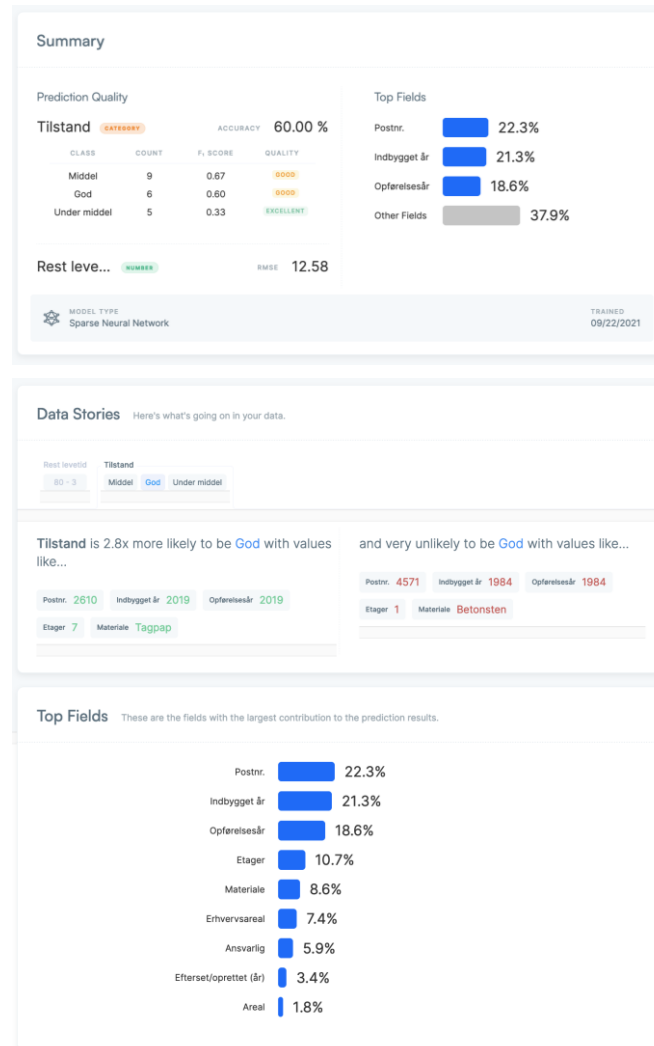
Kunstig Intelligens Tilstand & Levetid

Forprojektet har fokuseret på at automatiserer vurderingen af tilstand og levetid (Spor 2) på individuelle *tagbelægnings*.

Træningsdata fra **100 ejendomme** med hver **13 individuelle parametre** er blevet analyseret med en **predictive model** og en kunstig intelligens er blevet trænet til at forudsige **tilstand og levetid** på *tagbelægningen* på en vilkårlig ejendom på baggrund af 9 variabler.

Præcisionen på forudsigelsen af tilstand og levetid blev **60%** på tilstanden af *tagbelægningen* og **±54%** på levetiden.

Brugeren vil ved at indtaste 9 variabler kunne forudsige tilstanden og levetiden på bygningsdelen.



Kunstig Intelligens Eksempel

Den kunstige intelligens der er bygget kan forudsige **restlevetiden**, **tilstanden** og fortæller samtidigt **usikkerheden** ved sin forudsigelse.

I **eksemplet**, kan man se at den kunstige intelligens forudsiger en restlevetid på **22 år** og en **middel** tilstand, med usikkerhed på **44,35%**.

Hvilket passer med den menneskelige forudsigelse noteret på stamkortet (til højre) på **20 år** og **middel** tilstand.

Dog kendes usikkerheden ikke på de menneskelige forudsigelser, men jo mere data der hældes på systemet, jo lavere bliver usikkerheden på den kunstige intelligens.

Plan-1: Tilstands- og Levetidsberegner

Postnr. 1967	Opførelsesår 1895	Areal 2250
Erhvervsareal 0	Etager 4	Ansvarlig Kasper Rasmussen
Materiale Tagpap	Indbygget år 2005	Eftersat/oprettet (år) 2018

Predict Fields

Upload Excel, CSV, Parquet or JSON

You can drag and drop a dataset (CSV, XLSX, XLS) anywhere on this page to upload.
[What should my dataset look like?](#)

13.58.43

PREDICTION

Rest levetid 22	Tilstand Middel	Probability Tilstand is Middel 44.35%
Probability Tilstand is God 42.34%	Probability Tilstand is Under middel 13.30%	

INPUT

Postnr.: 1967, Opførelsesår: 1895, Areal: 2250, Erhvervsareal: 0, Etager: 4, Ansvarlig: Kasper Rasmussen, Materiale: Tagpap, Indbygget år: 2005, Eftersat/oprettet (år): 2018

Stamkort

Indbygget år
2005

Rest levetid
20 år

Antal
200 m²

Tilstand
● Middel

BIPS ID
1

- = Under middel
- = Middel
- = God

Maskine

VS.

Menneske

Kunstig Intelligens

Hvordan virker det?

Ved at indsætte følgende parametre:

1. Postnummer
2. Opførelsesår
3. Beboelsesareal
4. Erhvervsareal
5. Antal etager
6. Ansvarlig for udførelse af driftsplanen
7. Materiale af tagbelægningen
8. Indbygningsår for tagbelægningen
9. Sidst efterset

Kan den kunstige intelligens forudsige tilstand og levetiden på tagbelægningen.

Plan-1: Tilstands- og Levetidsberegner

Postnr. Number	Opførelsesår Number	Areal Number
Erhvervsareal Number	Etager Number	Ansvarlig Click to select
Materiale Click to select	Indbygget år Number	Eftersat/oprettet (år) Number

Predict Fields

Upload Excel, CSV, Parquet or JSON

You can drag and drop a dataset (CSV, XLSX, XLS) anywhere on this page to upload.

[What should my dataset look like?](#)

Stamkort

Indbygget år

2005

Rest levetid

20 år

Antal

200 m²

Tilstand

● Middel

BIPS ID

1

● = Under middel

● = Middel

● = God

Maskine

VS.

Menneske

Hvad byggede vi?

To kunstige intelligenser – en billedgenkendelse, der kan identificere knækkede tegl og en predictive model der kan forudsige restlevetid og tilstand på tagbelægning



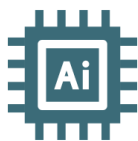
Reality Capture
4 ejendomme

+



Trænings Data
358 billeder

+



Billedgenkendelse

=



**Automatisk
Identificering af skadet teglsten**

94% Beskåret / **61%** Ubeskåret
Præcision Præcision



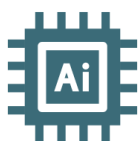
Ejendomsdata
100 ejendomme

+



Trænings Data
1.300 parametre

+



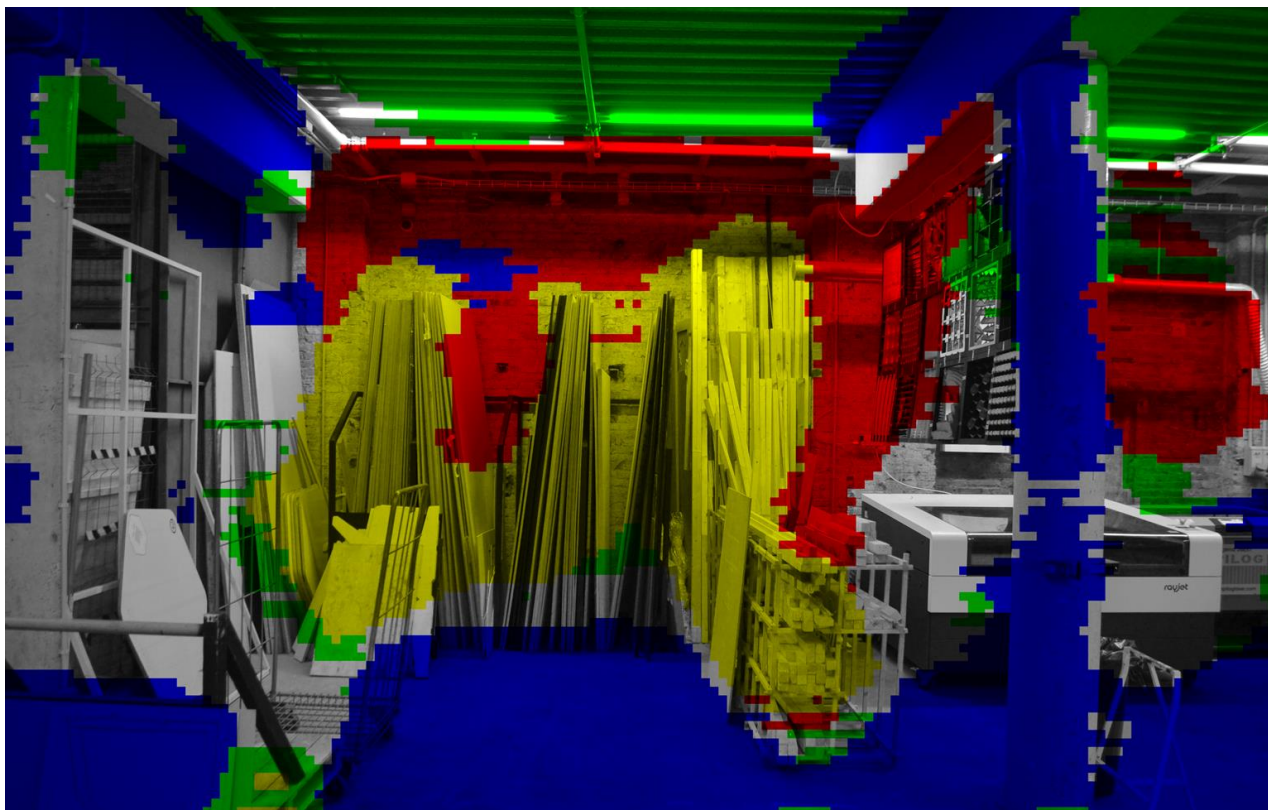
Predictive Model

=



**Automatisk
Tilstand og levetids forudsigelse**

60% Tilstand / **±54%** Levetid
Præcision Præcision

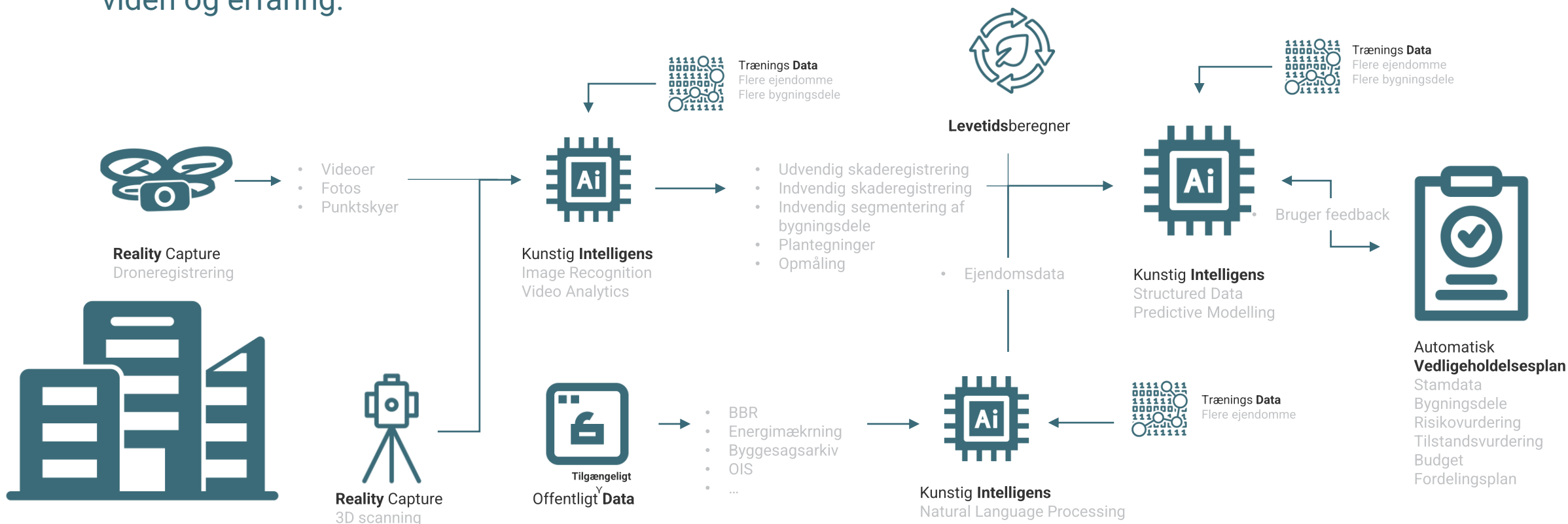


Hvad lærte vi?

1. Det er muligt med en **lille datagrundlag** at udvikle et smartvedligeholdelsesværktøj, men mere data giver **en højere præcision**.
2. Flere forskellige typer af kunstige intelligenser, skal benyttes for at komme i mål med hovedprojektet, heriblandt men ikke begrænset af **Natural Process Learning, Predictive Modelling, Image Recognition, Video Analytics** mm.
3. For at effektivisere den visuelle inspektion, skal **Video Analytics** fremfor **Image Recognition** (Billedgenkendelse) benyttes til at analysere droneregistreringen.
4. Det kan være **svært at identificerer indbygningsåret** for en given bygningsdel, da data typisk ikke er tilgængelig.
5. Det er nødvendigt at benytte **reality capture** værktøjer til at registrerer de indvendige forhold og **kunstig intelligens** til at segmentere og opmåle arealer på bygningsdelene.

Hvad kommer nu?

I projektet skal udvikles yderligere AI til at forudsige relevante bygningsdele ud fra bygningens data og læse tekster i offentlig databaser. Derudover skal de eksisterende AI'er videreudvikles til at kunne håndtere flere typer bygningsdele og suppleres med yderligere træningsdata for at hæve præcisionen i forudsigelserne. Ideelt skulle der bygges en sidste AI ind, der kunne modtage bruger feedback, implicit viden og erfaring.





CON
TECH
LAB _

HD Lab

Rønnegade 9B
2100 København Ø
hdlab.dk