



Intelligent styring af energioptimerede laboratorier

Marts 2020

Indholdsfortegnelse

1	Sammenfatning	3
2	English summary	3
3	Baggrund.....	4
4	Formål.....	5
5	Målgruppe og potentialeanalyse	5
	5.1 Undervisning- og forskningsinstitutter.....	5
	5.2 Medicinal- og levnedsmiddelindustrien	6
	5.3 Sundhedssektoren.....	6
	5.4 Potentiale vurdering	6
	5.5 Mulige nye tekniske løsninger	7
6	Målgruppeundersøgelse	10
	6.1 Odense Universitetshospital.....	11
	6.1.1 Muligt energieffektiviseringspotentiale	11
	6.2 Kræftens Bekæmpelse	13
	6.2.1 Muligt energieffektiviseringspotentiale	13
	6.3 Kortlægning af arbejdsgangen i laboratorierne	14
	6.4 Konklusion	14
7	Kravspecifikationer til ny teknologi til energibesparelse og dokumentation af sikkerhed ifm. laboratorielokaler og stinkskebe	15
	7.1 Energiforbrug	15
	7.2 Sikkerhed.....	16
	7.3 Brugeradfærd	16
	7.4 Blokdiagram	16
	7.5 Kategorier og modes	16
	7.6 Brug af data sendt til CTS eller overvågningssystem	17
8	Komponentvalg og indkøring af overvågningsfunktioner på stinkskebe- og laboratorieniveau	17
	8.1 Overvågning på stinkskebeniveau.....	17
	8.1.1 Valg og placering af sensorer samt databehandling	17
	8.1.2 Computer Vision	20
	8.2 Indledende forsøg	21
	8.2.1 Driftserfaringer og tilpasninger	22
	8.3 Overvågning på laboratorie- og bygningsniveau	25
	8.3.1 Hierarkisk opsætning på bygnings-, laboratorie- og stinkskebeniveauer	25
	8.3.2 Brugerflade.....	26

9	Dataopsamling og nøgletal på Odense Universitets hospital	29
9.1	Måling af lugeåbningsniveau	32
9.2	Nøgletal	37
10	Betjenings- og informationsapplikationer	38
10.1	Hjemmesider	38
10.2	Mobilapplikation	40
11	Informationsaktiviteter	40
11.1	Artikler etc.	40
11.2	Møder	40
12	Referencer	40
13	Bilag	41
13.1	People Counting Sensor Xovis PC2	41
13.1.1	Formål	41
13.1.2	Problemstilling	41
13.2	Beskrivelse	41
13.2.1	Xovis PC software	42
13.2.2	PC Sensorer	43
13.2.3	Dækningsområde	43
13.2.4	Multisensor for større dækningsområde	43
13.2.5	Registrering af personer	43
13.2.6	Test af dækningsområde	44
13.2.7	Navngivning af oprettede zoner og linjer i Xovis online software	44
13.2.8	Tekniske data	45

1 Sammenfatning

Projektets formål har været at udvikle en intelligent central styring baseret på overvågning af stinkskaabes og laboratoriers brug. Målet med styringen har været at skabe mulighed for en yderligere reduktion af energiforbruget til allerede energioptimerede stinkskaabes og laboratorier. Til det formål er der udviklet et koncept for kapacitetsovervågning og –planlægning til optimal drift af laboratorier.

I projektet er der udviklet og demonstreret et intelligent overvågningsystem, hvor laboratorier forsynes med:

- Overvågning i/af stinkskaabes via sensorer og 2D kamera
- Overvågning af laboratorier via 3D kameraer
- Overvågning af driften af stinkskaabes og laboratorier ud fra aktuel brug
- Tilhørende nøgletal for arbejdsmiljø og –sikkerhed, samt teknisk funktion og brugsdata.

Det forventes, at de løsninger og værktøjer der er udviklet i projektet, vil blive anvendt i forbindelse med de massive offentlige investeringer i hospitals- og universitetssektorerne, der sker i disse år. Desuden vil løsningerne være interessante for laboratorier, i kemisk industri, i medicinalindustrien og i andre virksomheder, hvor der anvendes stinkskaabes i større omfang.

På baggrund af projektets resultater er det estimeret, at energibesparelspotentialet for intelligent styring er ca. 35% af el- og varmemeforbruget for laboratorier, der allerede driftes energibevidst. Det svarer til ca. 15 GWh_{el} og 33 GWh_{varme}. Energibesparelsen opnås blandt gennem at brugerne gøres opmærksom på, hvis et stinkskaabes står åbent uden det reelt er i brug. Desuden overvåges de enkelte stinkskaabes brug, så skabes der ikke bruges eller bruges meget lidt identificeres og eventuelt kan tages helt ud af brug.

Projektet anviser en vej til optimal laboratorieventilation uden at gå på kompromis med arbejdsmiljøet samtidig med at energiforbruget reduceres.

Projektet er finansieret af ELFORSK programmet med projekt nr. 349-025, og er udført af følgende projektdeltagere i perioden 1. april 2018 til 31. marts 2020.

Søren Draborg projektleder	+45 72202028	Teknologisk Institut
Erik H. Hansen	+45 72202524	Teknologisk Institut
Lars Hansen	+45 72202536	Teknologisk Institut
Amalie Gunner	+45 72203195	Teknologisk Institut
Merete Lyngbye	+45 72201382	Teknologisk Institut
Danny Olsen	+45 72201026	Teknologisk Institut
Reidar Rasmussen	+45 20112189	Labmodul
Lars Kildelund	+45 29268018	Odense Universitetshospital
Helle Vestergaard Petersen	+45 43422010	Kræftens Bekæmpelse

Foruden projektgruppen har der været en følgegruppe bestående af følgende.

Alaedin Seyedi	+45 20185543	Bygningsstyrelsen
Svend Erik Dam	+45 28783816	Københavns Universitet

2 English summary

The project has developed an intelligent operation concept for laboratories based on monitoring the activities of laboratories and fume cupboards. The concept is based on 2D and 3D cameras and pressure sensors that combined monitor and secure safe and energy efficient operation. The project has demonstrated an intelligent monitoring system that:

- Monitor fume cupboards with IoT based sensors and a 2D camera
- Monitor the entire laboratory using a 3D camera
- Monitor save and energy efficient operation of each fume cupboard and the entire laboratory
- Key figures operation safety, technical function and energy data displayed on a web site
- Concept for future implementation in BMS systems.

It is expected that the solutions and tools developed in the project will be used in connection with the on-going huge investment in the hospitals and universities these years. In addition, the solutions will be of interest to laboratories, in the chemical industry, in the pharmaceutical industry and in other companies where fume cupboards are used to large extent.

Based on the results of the project, it is estimated that the energy saving potential for intelligent control of fume cupboards is approx. 35% of the electricity and heat consumption for laboratories that are already operated energy conscious. This corresponds to approx. 15 GWh_{power} and 33 GWh_{heat}. The energy savings are achieved, among other things, by notifying users if a fume cupboard is open without it actually being used. Furthermore, the use of the individual fume cupboards is monitored so that cupboards that are not used or used very little are identified and can possibly be taken out of use completely.

The project was funded by the ELFORSK program and was carried out by Danish Technological Institute, Labmodul A/S, Kræftens Bekæmpelse, Odense Universitets Hospital and an advisory group during the period 1 April 2018 to 31 March 2020.

3 Baggrund

Arbejdsmiljøet og medarbejdersikkerheden er i fokus ved udvikling af stinkskabe (stinkskabe og LAF-bænke) til laboratorier. Som følge af den skepsis, der findes hos brugerne, går udviklingen af nye energieffektive systemer, som f.eks. styringer af stinkskabe og laboratorier langsomt.

I ELFORSK projektet nr. 346-051 "Energieffektiv helhedsløsning til sikker laboratorieventilation" er der udviklet vejledninger, retningslinjer og værktøjer til udformning af energieffektive stinkskabe med højt sikkerhedsniveau. Den samlede løsning omfatter reduktion af lufthastighed i stinkskabes lugeåbninger, reduktion af tryktabet i stinkskabet, reduktion af lugens åbningsareal, flytning af trykføler samt udskiftning af ventilatorhjul.

Projektet viser, at det er muligt at reducere lufthastigheden i energieffektive stinkskabe yderligere både indenfor og udenfor arbejdstiden uden at gå på kompromis med brugernes sikkerhed. Projektet viser dog også at så længe der ikke tages højde for brugeradfærd og brugernes naturlige skepsis, så er det meget vanskeligt at gennemføre energieffektiviserings tiltag. Det nærværende projekt tager udgangspunkt i allerede energieffektiverede laboratorier og har til mål at energieffektivisere laboratorierne yderligere ved udvikling af en ny type overvågning/styring, som samtidigt tager højde for brugeradfærden. Projektets grundlæggende ide er at effektivisere laboratoriedriften samtidigt med, at driften dokumenteres så detaljeret, at det vurderes at brugernes skepsis minimeres. Dette forudsætter en central intelligent styring baseret på løbende overvågning af brugen af stinkskabe og laboratorier i den enkelte bygning, der kan dokumentere at funktion og sikkerhed er optimal.

På bygningsniveau (det overordnede ventilationssystem) findes der i dag CTS-styringer, hvor luftmængderne i stinkskabene styres på baggrund af standard inputs, som er prædefineret i

styringen. Der findes ingen samlet overvågning af arbejdsmiljøet på bygningsniveau eller på laboratorieniveau.

På stinks-kabsniveau indgår typisk urstyringer og bevægelsesfølere. Der eksisterer yderligere en overvågning til stinks-kabe i form af en flowvagt, som afgør om luftmængden/ lufthastigheden i lugen idet pågældende stinks-kab er tilstrækkelig. Fælles for systemerne er, at de er meget lidt fleksible og bygger på prædefinerede inputs, som ikke tager højde for løbende ændringer i brugen. En gennemgang af nye laboratorier med bl.a. LAF-bænke med både urstyring og PIR-sensor viser, at selvom stinks-kabe installeres med energieffektive systemer, anvendes mulighederne ikke altid. Brugernes egne forklaringer er, at fleksibiliteten af systemerne ikke står mål med de varierende brugstider. Et skab skal være driftsklart når det skal anvendes, - det opleves generende at skulle vente på at et skab bliver driftsklart f.eks. om morgenen, og derfor lukkes skabe ikke altid ned om natten. Den manglende fleksibilitet og overvågning øger energiforbruget unødvendigt meget og forringer arbejdsmiljøet.

Projektets ideer er primært udviklet i samarbejde med Kræftens Bekæmpelse på baggrund af de opnåede resultater i ELFORSK projektet "Energieffektiv helheds-løsning til sikker laboratorieventilation".

4 Formål

Det har været projektets formål at udvikle en intelligent central overvågning baseret på overvågning af de enkelte stinks-kabes og laboratoriers brug. Overvågningen skal sikre en reduktion af energiforbruget til ventilation af allerede energioptimerede stinks-kabe. Samtidig introduceres løbende dokumentation af arbejdsmiljø til medarbejderne, overvågning af skabenes funktion, og mulighed for interaktion. Endelig er der udviklet en database til kapacitetsovervågning og -planlægning til optimal drift af laboratorier.

5 Målgruppe og potentialeanalyse

Målgruppen for projektet er bygningsejere og brugere af laboratorier, rådgivende ingeniører, energirådgivere og energiansvarlige samt ventilationsbranchen. Som tommelfingerregel er der ca. 10.000 stinks-kabe i Danmark fordelt i sektorerne. Tallet understøttes af kilder som industriens branchearbejdsmiljøråd, der i 2010 tilsvarende anslog at der var i omegnen af 10.000 stinks-kabe [4]. Det vurderes, at tallet med rimelighed kan benyttes selvom, der umiddelbart ikke forefindes andre kilder.

Laboratorier med stinks-kabe og anden procesudsug findes i sektorer, som medicinal- og levnedsmiddelindustrien, undervisning- og forskningssektoren og sundhedssektoren, som omfatter hospitaler, sygehuse mm. Stinks-kabe benyttes dog ligeledes i andre brancher, men antallet heri antages at være begrænset i forhold til de allerede nævnte sektorer.

5.1 Undervisning- og forskningsinstitutter

Undervisnings- og forskningssektoren består af en bred vifte af institutioner, hvor de fleste laboratorier er på universiteterne. Af andre institutioner kan nævnes professionshøjskolerne for laboranter og gymnasierne skønt sidstnævnte ikke udgør en væsentlig andel.

Universiteterne som udgør den langt største andel beskæftiger både laboranter, forskere og studerende. Det er opgjort, at Københavns Universitet og DTU har henholdsvis omkring 1.450 og 600 stinks-kabe [5] og [6]. Hvis disse udgør omkring 2/3 af det samlede antal stinks-kabe

for universiteterne svarer dette til ca. 3.000 stinkskabe fordelt på samtlige universiteter i Danmark.

Ud over universiteterne bør erhvervs- og professionshøjskolerne, som står for en ikke uvæsentlig andel nævnes, men andelen er dog stadigvæk lille i forhold til universiteterne. Erhvervsakademiuddannelserne omfatter bl.a. laborant- og processteknologuddannelserne, og professionshøjskolerne tilbyder bl.a. bioanalytikeruddannelsen. Fælles for ovennævnte uddannelser, som gør dem interessante at inddrage i nærværende markedsundersøgelse er, at der på uddannelserne arbejdes meget med laboratoriemedicinske undersøgelser og analyser, herunder celleprøver, bio- og kemiteknologiske emner. På baggrund af en undersøgelse af antal stinkskabe set i forhold til antal studerende på de individuelle uddannelsesretninger, anslås det, at der er omkring 200-300 stinkskabe på erhvervs- og professionshøjskolerne.

De gymnasiale uddannelser udgør ligesom erhvervs- og professionshøjskolerne en mindre andel, men ifølge Undervisningsministeriet [7] er der sammenlagt lidt under 150 institutioner for almene gymnasier, HF og studenterkurser, hvor der er stinkskabe i institutionernes kemilokaler. Hvis det antages, at der er 2-3 kemilokaler på hver institution med hvert deres stinkskab udgør dette sammenlagt omkring 300-450 stinkskabe.

5.2 Medicinal- og levnedsmiddelindustrien

Produktionen af medicin m.v. foregår i stor udstrækning med automatiserede processer, hvor der ikke anvendes stinkskabe. Der er derimod installeret et meget stort antal stinkskabe, der anvendes i forbindelse med udvikling af ny medicin, kvalitetskontrol osv. Medicinalindustrien kan inddeles i tre grupper set i forhold til stinkskabe, som er "produktion af medicin", "udvikling af medicin" samt "andet medicinsk udstyr", hvor sidstnævnte sektor ikke benytter stinkskabe.

På baggrund af en rundspørge blandt de større medicinalvirksomheder vurderes det, at der eksisterer i omegnen af 2.000 stinkskabe i sektoren.

Levnedsmiddelindustrien er en fælles betegnelse for private virksomheder, som forsker i, udvikler, fremstiller og/eller markedsfører fødevarer og levnedsmidler. Det antages, at der i forskning- og udviklingsøjemed anvendes stinkskabe tilsvarende som i medicinalindustrien, og på den baggrund vurderes det, at der findes ca. 300 stinkskabe i denne sektor.

5.3 Sundhedssektoren

Laboratorierne i denne sektor findes generelt på hospitaler og analyseinstitutter, hvor de typisk anvendes i forbindelse med analyser af prøver fra patienter. På baggrund af en rundspørge til de forskellige hospitaler og andre relevante institutioner anslås det, at der anvendes omkring 250 stinkskabe i sundhedssektoren.

5.4 Potentiale vurdering

Vurderingen af potentialet for energieffektivisering er baseret på PSO projekt nr. 346-051 "Energieffektiv helhedsløsning til sikker laboratorieventilation" samt på erfaringer samt litteratur og deri tilgængelige data. Generelt har der ikke været tradition for systematisk at kortlægge det specifikke energiforbrug for laboratorier i de forskellige sektorer, hvilket betyder at forbrug eller antallet af f.eks. stinkskabe på landsplan ikke kendes præcist. Dog findes der data for forbruget af procesenergi, hvor en primær andel tillægges stinkskabe og ventilation alt efter hvilken sektor der betragtes.

Det er i det tidligere projekt anslået at der er ca. 10.000 stinkskabe i Danmark, se nedenstående tabel, med et samlet energiforbrug på 224 GWh. Resultaterne opnået i PSO-projektet "Energieffektiv helhedsløsning til sikker laboratorieventilation" kan reducere det samlede

energiforbrug med ca. 40% til 135 GWh. Der er imidlertid et betydeligt resterende energiefektiviseringspotentiale, idet stinkskabene kan lukkes næsten helt ned i natte- og weekend-timer, hvis sikkerheden overvåges og dokumenteres. Det estimeres, at energibesparelspotentialet for intelligent styring er ca. 35% af el- og varmekonsumet, se tabel 5.4.1.

Antal stinkskabe	Tidspunkt (år)	Energiforbrug efter impl. af seneste resultater [GWh/år]	Fordeling		Besparelspotentiale (40% besp.)	
			El [GWh/år]	Varme [GWh/år]	El [GWh/år]	Varme [GWh/år]
6.000	-2005	75	15	60	6	24
2.000	2005-2008	31	14	17	6	7
2.000	2008-2014	29	13	16	5	6
Total		135	42	93	17	37

Tabel 5.4.1 Potentiale vurdering.

Målgruppen for projektets resultater er danske virksomheder med laboratorier, dvs. medicinalvareindustrien, levedsmiddelindustrien, hospitaler og universiteter mv. Hertil producenter og leverandører af laboratorieudstyr, herunder styringssystemer og stinkskabe, og endelig rådgivere og udførende.

De udviklede løsninger er relevante ved etablering af nye laboratorier eller ved renovering af eksisterende forhold. Der forventes at være et betydeligt internationalt marked for intelligent styring af luftmængder i laboratorier.

5.5 Mulige nye tekniske løsninger

I det følgende er der skitseret nogle mulige tiltag, der ville kunne reducere energiforbruget i laboratorier samtidig med at sikkerheden øges og informationsniveauet om driften ligeledes øges.

Mulighed 1

Det registreres med sensorer om skabet har været inaktivt over en tidsperiode. Længden af denne tidsperiode skal kunne indstilles efter behov. Sensorerne registrerer om lugen har været i bevægelse, eller lugeåbningen har været ændret. Hvis skabet har været inaktivt i den fastsatte periode, så spørges brugeren om skabet må gå i Sleep Mode. Sleep Mode betyder, at lufthastigheden i lugen reduceres eksempelvis fra 0,3 m/s til 0,1 m/s foruden at lugen køres ned.

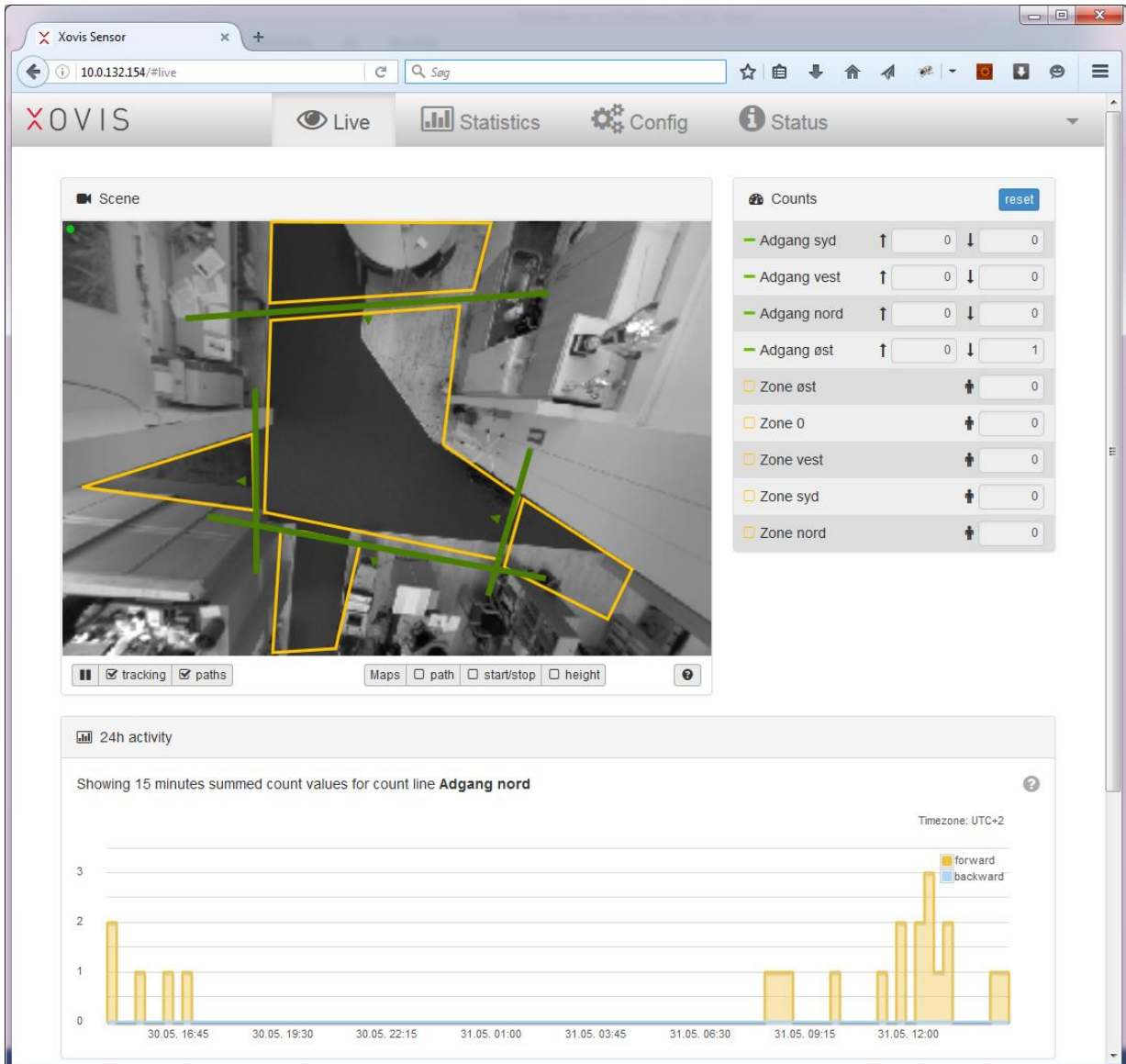
Hvis brugeren ikke svarer vil der ikke ske nogle ændringer i, hvilken tilstand skabet befinder sig i. Men efter endnu en tidsperiode med ingen aktivitet spørger skabet endnu engang om det kan gå i Sleep mode. Hvis der undervejs i tidsperioden er aktivitet resettes tidsperioden og udsætter dermed spørgsmålet om Sleep mode. Spørgsmål om at skifte til Sleep mode kan ske via display'panel ved indgangen til laboratoriet via en App på Smartphone eller SMS.

Mulighed 2

Laboratoriet kan overvåges af et eller flere 3D kameraer, således at det er muligt at registrere antallet af personer i laboratoriet fordelt på udvalgte zoner. Med nedenstående figur er der vist et eksempel fra et kontor på, hvordan et areal kan opdeles i 5 gule zoner med 4 grønne

tællelinjer. Det registreres online, hvor mange personer der befinder sig i de definerede zoner, samt hvor mange personer der har passeret de grønne linjer og i hvilken retning.

Disse værdier kan tilgås fra et CTS-anlæg, og disse værdier anvendes til at registrere inaktivitet foran skabene, hvorefter brugeren kan spørges, om et givent stinkskab kan gå i Sleep mode. Desuden kan værdierne for zonerne være grundlaget for udregninger af nøgletal for det enkelte skab, såsom hvor mange timer et givent skab har været i brug, således at der kan tages stilling til om der er overflødige skabe eller om der er et unødvendigt højt energiforbrug kontra aktivitet ved et enkelt stinkskab etc.



Figur 5.5.1 Kontor set oppefra.

Mulighed 3

Dette forslag er en udvidelse af mulighed 2 og kan bruges i kombination hermed. Ved hjælp af en kalenderfunktion kan man indsætte perioder, hvor der ikke spørges om stinkskabene må gå i Sleep mode. Det sikrer, at en eventuel Sleep mode periode kan afsluttes før et bestemt tidspunkt, f.eks. lige før at personer møder i laboratoriet. Dermed kan normen om at LAF bænke skal være i drift 30 minutter inden arbejdet påbegyndes for at miljøet inde i LAF bænkerne er sterilt opnået. Kalenderfunktionen kunne udmærket være lagt ind i MS Outlook,

som vil være oplagt til at håndtere denne opgave. Kalenderen skal kunne tilgås af flere brugere, så der er mulighed for at indpasse over- og weekendarbejde.

Hvis en person møder ind før aftalt arbejdstid begynder, vil Sleep mode slut forrykkes for netop dette laboratorium de følgende dage indtil driftslederen stiller starttidspunktet frem til det sædvanlige med mindre der er tale om en permanent ændring af arbejdstiden.

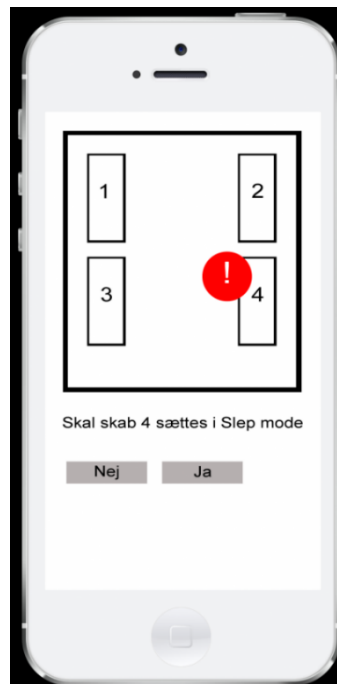
Hvis personen går hen til et ikke klart skab, bør der være en alarmtone, -eventuelt en meddelelse på et fælles display for laboratoriet hvornår skabene er klar til brug.

Hvis en person ønsker at møde før normal tid sender personen en SMS med labnummer og ny tidlig mødetid, ventilationen vil da være klar når personen møder.

Mulighed 4

Denne mulighed benytter Smartphone som betjeningspanel og kan benyttes parallelt med de betjeningspaneler, som er opsat lokalt i laboratoriet/bygningen. I viste eksempel, Figur 5.5.2, har systemet målt inaktivitet omkring skab nummer 4, hvorefter brugeren bliver spurgt om "Skal skab 4 sættes i Sleep mode", hvor der kan vælges enten ja eller nej.

Hvis ikke brugeren tager stilling sker der ikke noget. Man kan yderligere supplere med oplysningen om hvor længe der har været inaktivitet foran det givne skab, og eventuelt i hele laboratoriet. Sleep mode vil afbrydes så snart der er aktivitet igen, og lufthastigheden i lugen øges til normalt niveau. Systemet vil kunne opsamle og gemme driftsdata til præsentation og visualisering, se Figur 5.5.2.

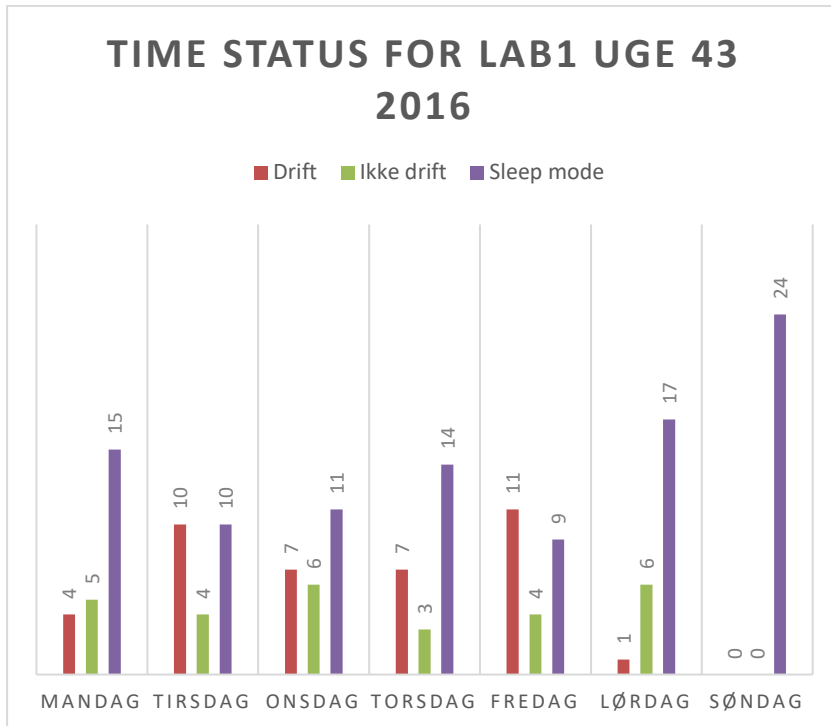


Figur 5.5.2 Eksempel på App til styring af stinkskebe.

Det er muligt at indarbejde komfortfunktioner i app'en, så det giver brugeren mulighed for at fjernstyre starttidspunktet, så laboratoriet bliver gennemskyllet og gjort klar til dagens arbejde. Man kan således starte gennemskyllningen eksempelvis når man kører afsted til arbejdet.

I figur 5.5.3 er der vist et eksempel på drift af et stinkskebe set over en uge. De opsamlede data kan anvendes til nøgletalsberegninger og periodesammenligninger. Disse nøgletal kan

bruges ved omlægning og optimering af arbejdsgange i laboratorierne, samt afsløre effekten af ændringerne. Systemet vil kunne registrere antallet af timer, hvor stinkskaftet er i drift, men ikke benyttes, og prøve at optimere og formindske denne værdi ved at overføre dem til kategorien "Sleep mode" eller "Drift" timer. Værdierne kan derfor bruges i forbindelse med analyser af udnyttelse af de enkelte laboratorier og skabe, for at undersøge om laboratoriet eventuelt skal udvides eller om der er stinkskafter, der helt eller delvist kan tages ud af drift i kortere eller længere perioder.



Figur 5.5.3 Eksempel på drift af stinkskaft.

Der vil kunne udvikles forholdsvis simple softwareprocedurer til at analysere og kategorisere på opsamlede data og spørgsmål som "er der skabe der kan tages ud af drift eller sammenlægges".

6 Målgruppeundersøgelse

På stinkskaftsniveau indgår typisk urstyringer og bevægelsesfølere. Der eksisterer yderligere overvågning til stinkskafter i form af en flowvagt, som afgør om luftmængden i det pågældende stinkskaft er tilstrækkelig. Fælles for systemerne er, at de er meget lidt fleksible og bygger på prædefinerede inputs, som ikke tager højde for løbende ændringer i brugen. En gennemgang af nye laboratorier med bl.a. LAF-bænke med både urstyring og PIR-sensor viser, at selvom stinkskafter installeres med energieffektive systemer, anvendes mulighederne ikke altid. Brugernes egne forklaringer er, at fleksibiliteten af systemerne ikke står mål med de varierende brugstider. Et skab skal være driftsklart når det skal anvendes. Derfor anses det for generende at skulle vente på opstart af stinkskafter, f.eks. om morgenen, og derfor lukkes skabene ikke altid ned om natten. Den manglende fleksibilitet og overvågning øger energiforbruget unødvendigt meget og forringer arbejdsmiljøet.

I forbindelse med projektet er der foretaget en kortlægning af typiske laboratoriegeometrier og skitsering af oplæg til kravspecifikation med udgangspunkt i besigtigelser af et større antal laboratorier hos Odense Universitetshospital og Kræftens Bekæmpelse. Ved besigtigelserne

er det drøftet med brugerne, dvs. laboranter og laboratorieledere, hvilke krav og ønsker der er til en fremtidig intelligent styring af driften af stinkskabene og laboratorierne som helhed. Der er taget udgangspunkt i de konkrete laboratorier og den nuværende brug samt det ideoplæg til fremtidig intelligent styring, hvori der bl.a. indgår kameraer og sensorer i stinkskabene, der registrerer det enkelte skabs brug, samt kameraer i laboratoriernes lofter der registrerer persontilstedeværelse. Overordnet set er den grundlæggende ide som skitseret i det følgende.

Stinkskabet: Der monteres en kameraenhed inde i skabet, som registrerer om der er aktivitet eller genstande i stinkskabet. Kameraenheden skal kunne genkende et tomt skab og sammenligner løbende billeder for at afgøre om skabet er tomt eller ej. Faste apparater og genstande påvirker derved ikke styringen. Luftmængden måles og overvåges kontinuerligt. Luftspjæld og luftmængde til hvert stinkskab kan styres. Værdier og funktioner er i kombinationer med til at afgøre om stinkskabet kan sættes i sleep mode.

Laboratorielokalet: Der monteres 3D kameraer i loftet, der scanner laboratorielokalet og registrerer om der befinder sig personer i en række definerede zoner (foran skabet, i gangarealer etc.) eller ej. Kameraerne og registreringerne herfra skal afgøre om der er aktivitet omkring skabene.

I det følgende er de væsentligste iagttagelser og konklusioner fra besigtigelserne hos Odense Universitetshospital og Kræftens Bekæmpelse beskrevet.

6.1 Odense Universitetshospital

Odense universitetshospital (OUH) rummer et stort antal laboratorier med meget differentieret brug, idet OUH har laboratorier fra det helt lille enmandslaboratorium til store laboratorier med skiftende arbejdspladser og brug. Der foregår både undervisning, forskning og almindeligt laboratoriearbejde i laboratorierne. Personalet er både uddannet personale som laboranter samt studerende.

6.1.1 Muligt energieffektiviseringspotentiale

For at kunne få en ide om mulige energieffektiviserings tiltag og potentialet heri, er der foretaget en besigtigelse af en række laboratorier, der er udvalgt af OUH. Laboratorierne på OUH rummer i overvejende grad stinkskabe og LAF bænke.

Stinkskabe

Det blev observeret, at en del stinkskabe i de forskellige laboratorier stod åbne på trods af at der ikke foregik arbejde i skabene. I nogle få skabe foregik der arbejde, hvor brugeren ikke ønskede at suget blev reduceret, og derfor var lugen åben i højeste position.

Det bør overvejes om brugen af stinkskabene kan ændres. Stinkskabe skal som udgangspunkt kun være åbne når der arbejdes i skabet. Når arbejdet er slut skal lugen lukkes ned til et minimum. Hvis processen/arbejdet der foregår i stinkskabet kræver en stor udsugningsmængde bør det placeres under et punktsug. Dette kan indarbejdes i stinkskabet, således at det ikke er nødvendigt at flytte mediet.

Det blev diskuteret hvorvidt brugerne ønsker automatisk luge-luk system. Der er en generel tendens til, at brugerne ikke ønsker at der installeres automatik på skabene, som underkender brugerens ønsker. Det er tidligere set, at automatisk lugeluk ikke kan detektere meget stillesiddende arbejde og det er derfor blevet afinstalleret/slukket på skabene.

Brugerne er kun interesserede i at deres sikkerhed er høj. Der overvejes sjældent (aldrig) om det er energimæssigt en god ide at lade et stinkskab stående fuldt åbent, når der ikke arbejdes i det.

Det vil fremadrettet være en god ide for institutionerne/arbejdspladserne, at inddrage brugerne i beslutninger om automatik på stinkskabene. Her skal der oplyses om hvor stor indflydelse det har på støjniveauet (arbejds miljø) samt energiforbruget når stinkskabe er fuldt åbne med en lufthastighed i lugeåbningen på 0,5 m/s.



Figur 6.1.1 Forskellige stinkskabe på OUH.

LAF bænke

Til sterilt arbejde anvendes LAF bænke. LAF bænkene er begrænsede i deres arbejdsgang, da de generelt er lidt mindre fleksible end stinkskabene.



Figur 6.1.2 Forskellige LAF bænke på OUH.

6.2 Kræftens Bekæmpelse

Hos Kræftens Bekæmpelse er laboratorierne bygget op med 2 – 3 LAF-bænke eller stinkskebe i hvert laboratorium. Laboratorierne er generelt opbyggede med fornuftige ganglinjer i forhold til LAF-bænkene og stinkskebene.

6.2.1 Muligt energieffektiviseringspotentiale

For at kunne få en ide om mulige energieffektiviserings tiltag og potentialet heri, er der foretaget en besigtigelse af en række laboratorier, der er udvalgt af OUH. Laboratorierne på Kræftens Bekæmpelse rummer primært LAF-bænke og kun i mindre udstrækning stinkskebe.

Hos Kræftens Bekæmpelse er der stor variation i brugerne, idet der er både nationale og internationale brugere. Nogle er opmærksomme på at reducere lugeåbningen på stinkskebe eller reducere ventilatorhastigheden på LAF bænkene, når der ikke foregår arbejde foran skabene. I løbet af besigtigelsen blev der observeret flere aktive skabe med høj luftmængde uden at skabene formentlig reelt var i brug. Det kan være svært at se umiddelbart om der er en proces i gang inde i skabet, da der står opstillinger i skabene.

Brugerne opfordres af KB's personale til at rydde skabene op efter endt brug. Det er dog typisk at der står genstande i skabene som ikke hører til det tomme skab.

Stinkskebe

Stinkskebe bruges til arbejde hvor det ikke er nødvendigt at holde rummet og skabet sterilt. I de observerede laboratorier er der typisk 2-3 stinkskebe i et laboratorium/kontor.



Figur 6.2.1 Stinkskebe hos Kræftens Bekæmpelse.

LAF bænke

Hos KB er nogle af laboratorierne sterile laboratorier. Disse laboratorier tillader ikke at luftstrømmen reduceres i arbejdstiden. Hvis luftstrømmen reduceres uden for arbejdstiden, f.eks. i nattetimerne eller weekenden, så skal skabet desinficeres manuelt og køres op på høj/steril mode minimum 30 minutter inden brug.



Figur 6.2.2 LAF bænke hos Kræftens Bekæmpelse.

6.3 Kortlægning af arbejdsgangen i laboratorierne

Kortlægningen af brugen i laboratorierne skal hjælpe til at forfine styringen af udsugene, så der opnås en optimal styring til at reducere energiforbruget samtidig med at sikkerheden for brugeren ikke reduceres. Det er på baggrund af besigtigelsen af laboratorierne hos OUH og KB fundet nødvendigt, at der opsættes kameraer i to mellemstore laboratorier, hvor der er 2-3 stinkske eller LAF-bænke pr. laboratorium. På denne måde kan brugen af lokalerne og procesudsugene overvåges tilstrækkeligt præcist.

Som udgangspunkt skal kameraerne kunne registrere:

Hvornår er et stinkske ikke i brug?:

- Når der ikke har været aktivitet i skabet i 30 min (Evt. mindre)
- Når der ikke har været aktivitet i en radius af 1 meter fra lugeåbningen
- Der kan være opstillinger i skabet som er en del af grundopstillingen. Kameraet skal derfor vide hvad grundindstillingen for opstillinger er

Når et skab ikke har været i brug:

- reduceres lugeåbningen til et minimum
- reduceres lufthastigheden i lugeåbningen 0,35 m/s

Når der er aktivitet foran skabet

- Øges hastigheden i lugeåbningen til 0,5 m/s

Brugeren skal selv køre lugen op i en passende arbejdshøjde.

6.4 Konklusion

Det er gennem besøgene konkluderet, at der er behov for intelligent styring på procesudsug for at spare energi. Den intelligente styring skal dog kunne overstyres af brugeren, således at det er brugerens behov der sættes som første prioritet.

Styringen bør som minimum indeholde automatisk lugeluk system. Dette kan aktiveres, når der ikke har været aktivitet i og omkring procesudsug i et passende tidsrum.

En af de største barrierer er brugerne. Det er yderst vigtigt at brugerne tænkes ind i løsningerne og at de bliver omhyggeligt informeret om at sikkerheden ikke forringes af energitiltagene. Det er fra tidligere projekter dokumenteret at hastigheden i lugeåbningen kan reduceres fra 0,5 m/s til 0,35 m/s uden at brugernes sikkerhed reduceres.

Fra gennemgangen hos OUH og KB er det igen bekræftet, at personalet/brugerne ikke umiddelbart ønsker at reducere suget i stinkskabe og procesudsug. Når de kan høre/mærke at der er et kraftigt sug, så føler de sig sikre. Det er derfor nødvendigt at dokumentere at sikkerheden ikke reduceres, når lufthastigheden i lugen mindskes.

Det er derudover vigtigt at tænke på helheden/indretningen af laboratorierne ind. Derved kan lufthastigheden i lugeåbningen reduceres, når forstyrrelser mindskes fra døre, vinduer, gangveje, andre komponenter i lab, indblæsning, etc. Dette kan gøres endnu bedre i fremtiden hvis den menneskelige forstyrrelse kan negligeres gennem hensigtsmæssig indretning. Der vil derfor være mulighed for at reducere luftstrømmen yderligere samtidig med at sikkerheden bibeholdes.

7 Kravspecifikationer til ny teknologi til energibesparelse og dokumentation af sikkerhed ifm. laboratorielokaler og stinkskabe

Ud fra målgruppeundersøgelsen er der udviklet kravspecifikationer til ny teknologi til on-line måling af:

- 1) Energiforbrug (el og varme)
- 2) Sikkerhed

Teknologi skal sikre at de målte og beregnede værdier skal være tilgængelige for driftsansvarlige og brugere af stinkskabe, med henblik på at ressourcer optimeres og arbejdsmiljøforhold dokumenteres.

Dette kapitel beskriver primært en række retningslinjer, der kan anvendes ved udvikling af ny teknologi til "grønne" (dvs. energivenlige og sikre) laboratorielokaler og stinkskabe.

7.1 Energiforbrug

Oftest måles energiforbruget for en hel bygning på én gang og ingen har overblik over hvor der skal sættes ind for at opnå en energibesparelse. I projektet er der udviklet en prisbillig metode til at opgøre energiforbruget for det enkelte stinkskab, og dermed ligeledes for et helt laboratorium eller en bygning. Det er en prisbillig add-on-teknologi, som ejere af laboratorier kan få monteret og anvende uafhængigt af ventilationsleverandør og fabrikat af stinkskab.

Energiforbruget består dels af et varmeforbrug og dels af et elforbrug. For at beregne varme- og elforbrug skal man først have kendskab til den udsugede luftmængde. Den udsugede luftmængde måles ved at kombinere trykket fra et trykudtag på udsugningskanalen for det enkelte stinkskab med en korrelation mellem tryk og lufthastighed i kanalen og dermed mellem tryk og udsugningsluftmængde.

Ved at bruge den aktuelle on-line måling af luftmængde sammen med DRY referenceår for udetemperaturer og ønsket rumtemperatur samt nyttevirkning på veksler kan energi til opvarmning af indblæsningsluft, der modsvarer den udsugede luftmængde beregnes og gøres synlig for brugere.

7.2 Sikkerhed

Sikkerheden tilgodeses ved krav til lufthastighed ud gennem lugeåbningen. Lufthastigheden ind gennem lugeåbningen kan måles direkte, men den kan også beregnes ud fra målt udsugningsluftmængde og åbningsareal.

I dette projekt foreslås, at lufthastigheden beregnes ud fra on-line udsugningsluftmængde (beskrevet i foranstående afsnit 6.1) og ud fra åbningsareal af stinkskab. Åbningsarealet bestemmes ved on-line måling af lugeåbningshøjde og bredde af stinkskabsåbning. Den on-line lugehøjde bestemmes med kamera monteret inde i stinkskab. Et mærke i skabet og et mærke på lugen kan anvendes til at bestemme lugeåbningen med et kamera. Denne registrering kan foretages uafhængigt af fabrikat af stinkskab så det vil være enkelt at eftermontere til en række stinkskabe uafhængigt af fabrikat.

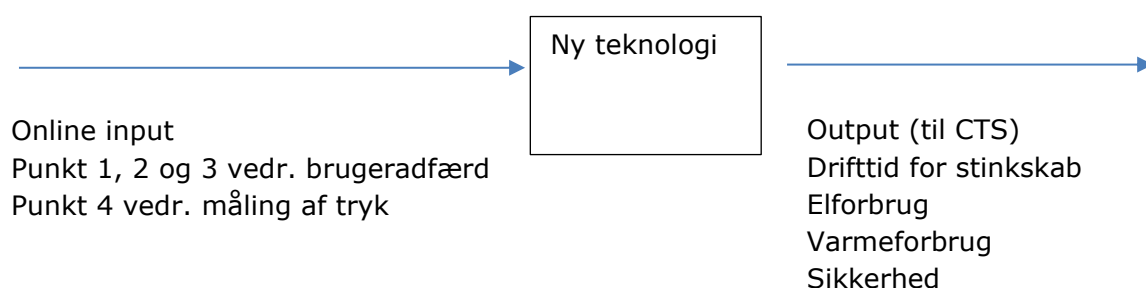
7.3 Brugeradfærd

For at tjekke at stinkskabene ikke bruger energi uden det er nødvendigt, registreres brugeradfærden dels ved et kamera inde i stinkskabet og dels ved kamera der måler udenfor et eller flere stinkskabe.

7.4 Blokdiagram

Systemet skal kunne måle følgende værdier og enheder:

1. Antallet af personer i en forud brugerdefineret zone eller flere zoner
2. Bevægelser / ændringer internt i stinkskabene. Dette kan ske med 3D kameraer, der giver mulighed for at tælle personer som går over en tællelinje i begge retninger
3. Bevægelser / ændringer internt i stinkskabene. Dette kan ske med 2D kameraer der kan registrere bevægelser, herunder om noget flyttes. Ydermere kan 2D kameraer anvendes til at finde positionen på lugeåbningen via søgning efter kendt logo/mønster
4. Trykudtag til måling af lufthastighed og dermed flow i ventilationskanal således at punkt 2 og 3 tilsammen kan bestemme energiforbrug og hastighed af luft ind gennem lugeåbning og dermed sikkerhed.



7.5 Kategorier og modes

Det foreslås som nævnt at inddele laboratorier og stinkskabe i to kategorier, der er "A til ikke farligt brug" og "B til farlig brug", dvs. henholdsvis kategori A og B. Et stinkskab kan være i 2 modes: Aktiv- eller Sleep mode.

Styringskema	Kategori A	Kategori B
Aktiv mode	Styring og dataopsamling	Dataopsamling
Sleep mode	Styring og dataopsamling	Dataopsamling

Funktioner i A kategori (ikke farlig brug)

Der indsamles data når mindst én person befinder sig i en arbejdszone.

Funktioner i B kategori (farlig brug)

Hvis et laboratorium eller stinkskab er i B kategori er det særligt vigtigt at kunne dokumentere sikkerheden, og der indsamles konstant data.

7.6 Brug af data sendt til CTS eller overvågningssystem

Input og output data skal sendes til en hjemmeside og APP, hvor såvel brugere samt driftspersonale har adgang. Alle data er anonymiseret, således man ikke ved hvem der har været i rummet eller har brugt stinkskabene.

Stinkskabet anses for at være i drift, når der er bevægelser i skab eller en person står foran skab.

2D kameraet i skabet detekterer lugehøjden. Hvis der ikke er automatisk lugeluk system vil kameraet detektere en åben luge i Sleep mode og kameraet kan sende en besked til brugeren om at lugen bør køres ned til et minimum.

2D kameraet detekterer når der placeres genstande samt bevægelser i stinkskabet. Kameraet (i stinkskabet) vil kunne afsløre, hvis der ikke er aktivitet. Kameraet kan sende en besked til brugeren (e-mail, push notifikation eller lignende) og spørge om skabet virkelig er i brug.

8 Komponentvalg og indkøring af overvågningsfunktioner på stinkskabs- og laboratorieniveau

Kapitlet indeholder valg af komponentfabrikater og test af disse på Teknologisk institut inden opsætning på Odense Universitetshospital.

8.1 Overvågning på stinkskabsniveau

8.1.1 Valg og placering af sensorer samt databehandling

Det endelige koncept for overvågning på stinkskabsniveau består primært af tre komponenter:

1. 3D kamera – der registrerer bevægelse foran stinkskabet samt eventuelt ligeledes ved adgangen til laboratoriet. Kameraet er placeret i loftsfladen (som regel i 2,8 meters højde) foran stinkskabet. Med et 3D kamera er det muligt at fastslå højden på den person og genstand, der passerer kameraet. Derved er det muligt at frasortere f.eks. rulleborde, der passerer kameraet, så bordet ikke registreres som en person. Hvis den mulighed ikke er nødvendig i det konkrete tilfælde vil et 2D kamera være tilstrækkeligt, hvilket billiggør installationen
2. 2D kamera – der registrerer bevægelse inde i stinkskabet. Kameraet er placeret på stinkskabets ene endevæg, hvorfra det registrerer bevægelse på skabets bordplade. Desuden anvendes kameraet til at detektere lugeåbningen ud fra to fastmonterede symboler, - ét på stinkskabets endevæg modsat kameraet og ét monteret på lugen, se kapitel 10.1
3. En tryksensor – der registrerer trykket i stinkskabets afkast, der anvendes til at beregne luftmængden i afkastet. Luftmængden kan sammenholdes med lugeåbningen for at fastslå online om lufthastigheden i lugeåbningen er tilstrækkelig. Det er i praksis normalt ikke muligt at måle luftmængden direkte med en flowmåler, da det vil kræve et ret langt lige kanalstykke før måleren for at opnå en tilstrækkelig præcis værdi.

Der opsamles online data fra de ovennævnte sensorer, idet opsamlingsfrekvensen kan være op til hvert 10. sekund.

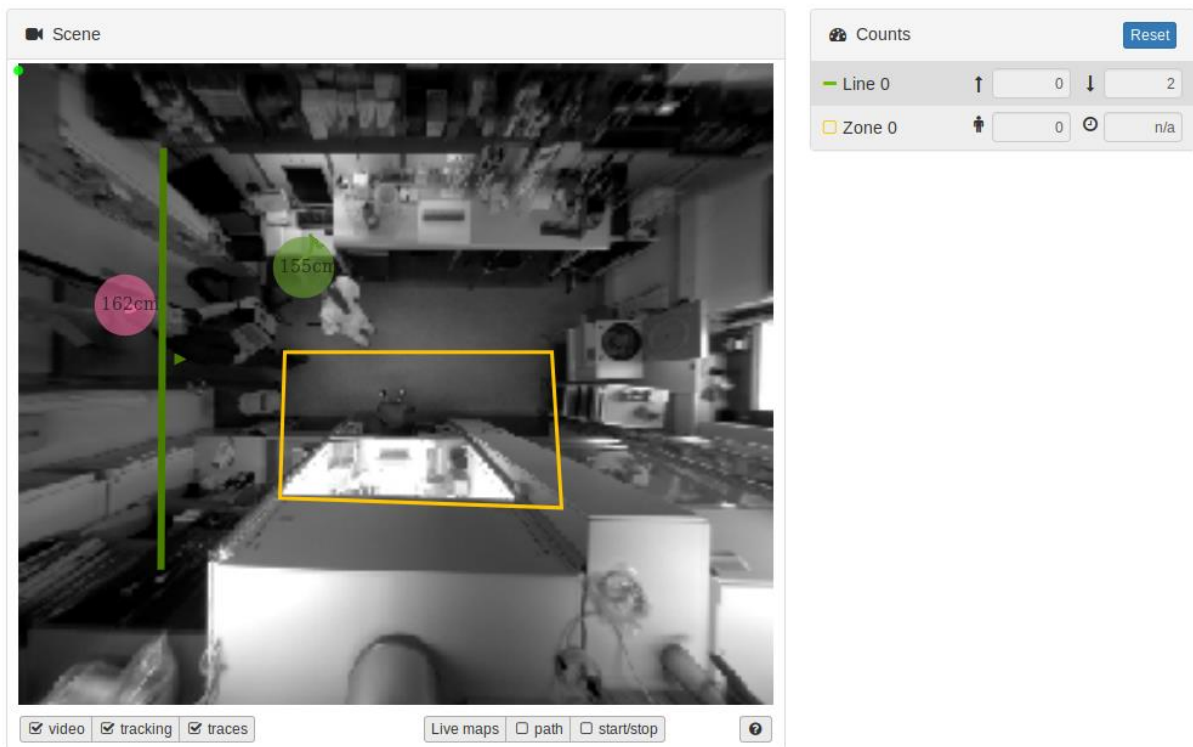
Der skal anvendes ét eller flere 3D kameraer, der overvåger laboratoriet i afhængighed af rummets størrelse. Ét kamera vil kunne dække to-tre stinkskabe. Kameraet detekterer:

- antal personer i rummet
- når en person træder ind i zonen
- at der er aktivitet i rummet.

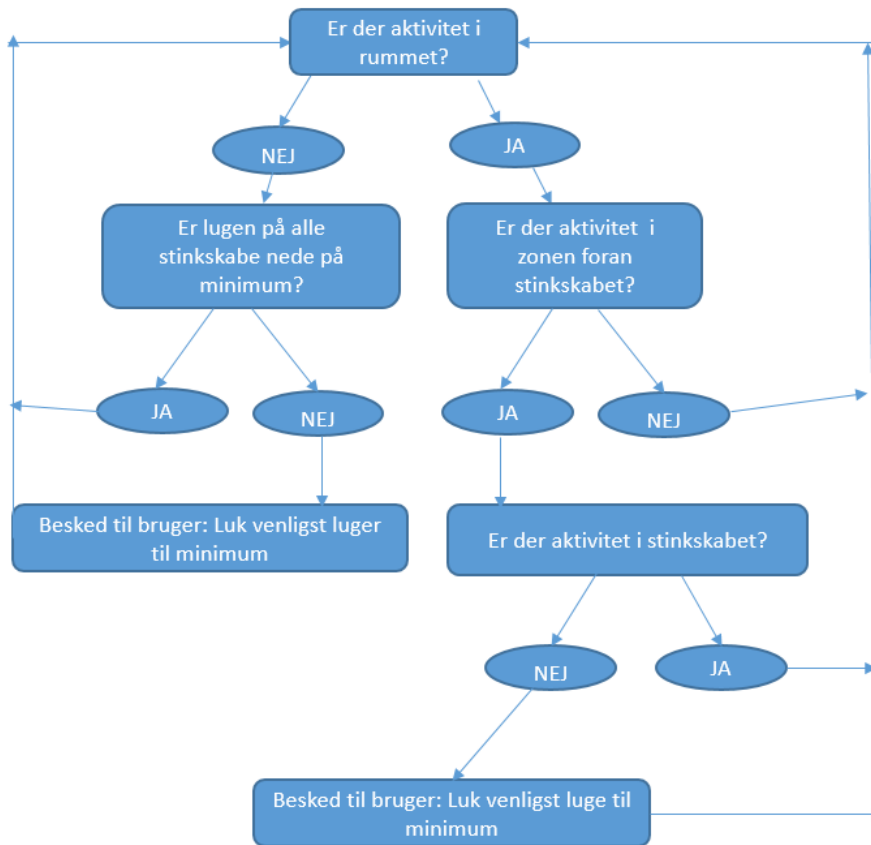
På Figur 8.1.1.1 er tællerlinjen angivet som en grøn streg. Tællerlinjen detekterer om en person er gået ind eller ud af rummet.

Derudover er der en arbejdszone for stinkskabet, markeret med gul på Figur 8.1.1.1. Denne zone detekterer om der er personer i zonen omkring stinkskabet.

2D kameraet inde i stinkskabet detekterer om der sker ændringer inde i stinkskabet. Som for eksempel en persons hænder, der bevæger sig eller arbejdsudstyr, som tages ind/ud af skabet. Der tages et nyt billede med sekunders mellemrum, der sammenholdes med det forrige billede for på den måde at fastslå om der er sket en bevægelse.

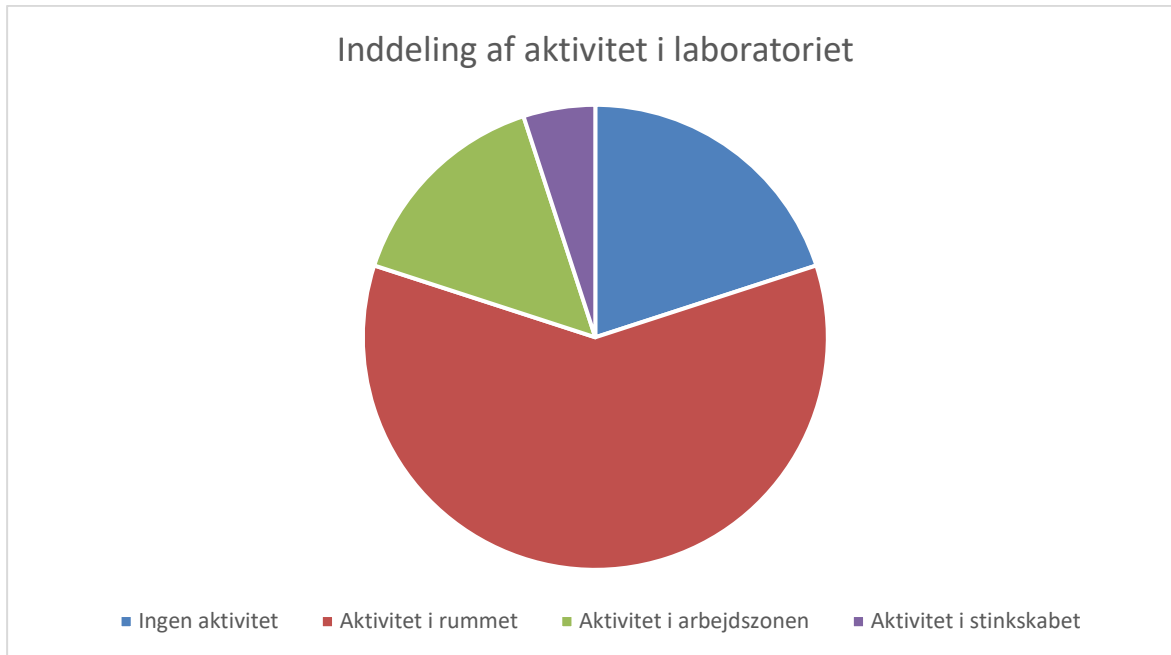


Figur 8.1.1.1 Gangzone foran stinkskab samt ganglinje ved døren til laboratoriet.



Figur 8.1.1.2 Rutediagram for aktioner på baggrund af registreringer fra sensorerne.

Ved at detektere aktiviteten i laboratorielokalet og i de enkelte stinkske kan der skabes grundlag for bestemmelse af udnyttelse af laboratoriet og af stinkskebene. I projektet er det valgt at visualisere dette på den hjemmeside og den mobilapplikation der er udviklet, så brugen vises som vist med Figur 8.1.1.3.



Figur 8.1.1.3 Diagram der viser andelen af tid hvor stinkskalet er i brug, hvor der er aktivitet foran skabet, hvor der personer i laboratoriet samt andelen af den samlede tid hvor laboratoriet ikke er i brug.

Hvis der f.eks. er en stor aktivitet i laboratoriet, men lav eller ingen aktivitet i stinkskalet, kan det være en indikation på at, der skal ændres i opbygningen af laboratoriet og/eller styringen af procesventilationen.

Brugen af det enkelte stinkskalet og laboratoriet i almindelighed sammenholdes løbende med luftmængden/-hastighederne igennem stinkskaletenes lugeåbninger. Udover at lufthastighederne anvendes til at overvåge stinkskaletenes sikkerhed online, så anvendes registreringerne ligeledes til løbende overvågning af stinkskaletenes og laboratoriets energieffektivitet. På hjemmesiden vises der nøgletal for:

- den procentdel af tiden, hvor lugen er åben selv om der **ikke** arbejdes i skabet
- luftforbruget per døgn i forhold til hvor mange timer der arbejdes i skabet
- faktisk luftforbrug per skab per døgn

De tre nøgletal kan anvendes til at estimere energibesparelspotentialet for det enkelte stinkskalet og for det samlede laboratorium.

I forbindelse med etableringen af det beskrevne overvågningskoncept er det konstateret, at stinkskaletens eksisterende bevægelsessensor aktiverer udsugningen fra stinkskalet så der er maksimalt flow, så snart når der er bevægelse uden for stinkskalet. Dette er en u hensigtsmæssig styring, da luftstrømmen øges uanfægtet om stinkskalet rent faktisk bruges. Desuden fastholdes den høje luftmængde i adskillige minutter. Hvis personalet ikke er meget påpasselige med ikke at passere tæt forbi stinkskalet vil luftflowet i mange tilfælde være maksimalt i en meget stor del af arbejdstiden. Disse problemer løses ved ny teknologi.

8.1.2 Computer Vision

Computer Vision (CV) er en sammensætning af en computer, et kamera og software med billedanalysefunktioner, således at computeren kan reagere på det den "ser". De kendte eksempler på CV funktioner er ansigtsgenkendelse, trafiktælling og kategorisering af trafikken. Herudover arbejdes der meget med selvkørende køretøjer, som i stor stil benytter denne

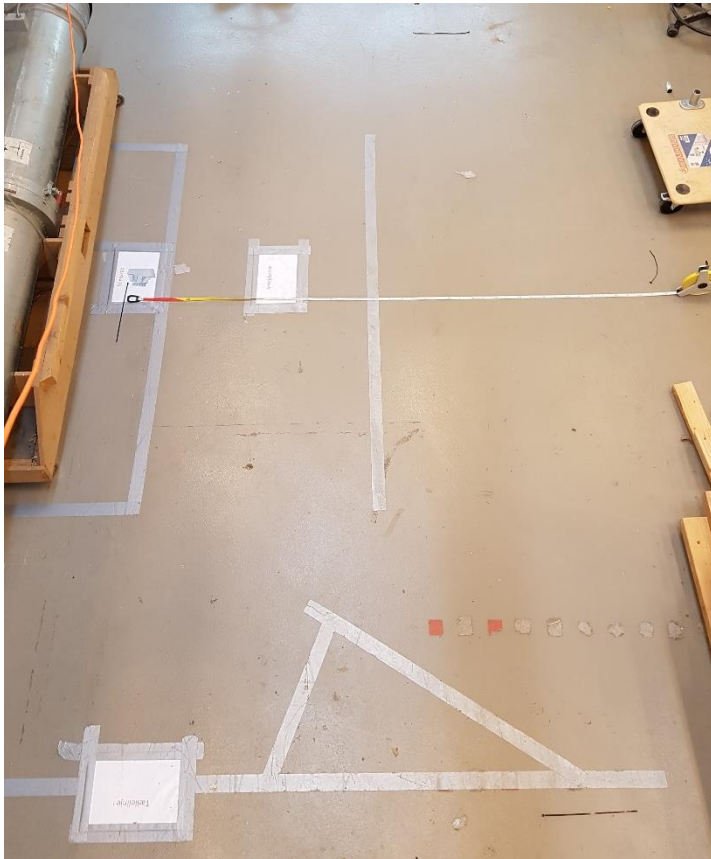
teknologi. Selve teknologien er derfor i rivende udvikling og nye avancerede funktioner rammer marked i stor hastighed fremover. I projektet er der anvendt de funktioner, der kan udføres med et XOVIS PS2 3D kamera som er koblet op med en Raspberry PI eller PC, og hvor data behandles med OpenCV. OpenCV er et åbent software som indeholder mange funktioner i forbindelse med billedanalyse på både stillbilleder og streams fra eksempelvis et kamera.

8.2 Indledende forsøg

Der blev opbygget en prøvestand på Teknologisk Institut til fysisk test af et 3D kamera (XOVIS PC2 kamera). Testen skulle belyse de egenskaber som kameraet har og dermed om kameraet kan løse de opgaver der er indeholdt i projektet med fokus på detektering af brugeradfærd. Følgende er en række af de egenskaber der skulle testes:

1. Hvor stort et areal kan afdækkes i forhold til monteringshøjde
2. Hvorledes kan tællerlinjer udnyttes
3. Hvorledes kan zoner udnyttes
4. Hvilke data udsender kameraet og hvor hurtigt
5. Stabilitet og genkendelsessikkerhed, dvs. er det mulig at kameraet overser personer.

Prøvestanden er udført med markeringer på gulvet, der viser placeringen af et stinkskab og en dør inklusiv ganglinjer og arbejdsområde.



Figur 8.2.1 Plantegning af stinkskab, arbejdsområde, dør og ganglinjer.



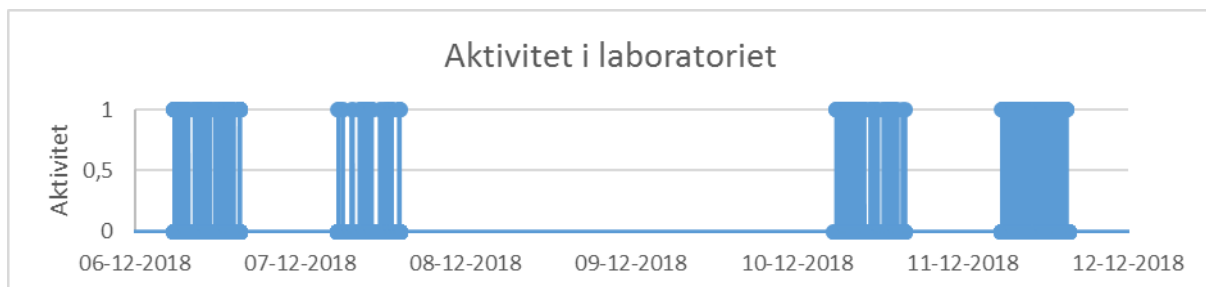
Figur 8.2.2 Montering af kamera

3D kameraet blev monteret i en position 2,8 meter over gulvet, svarende til den normale højde i et laboratorium.

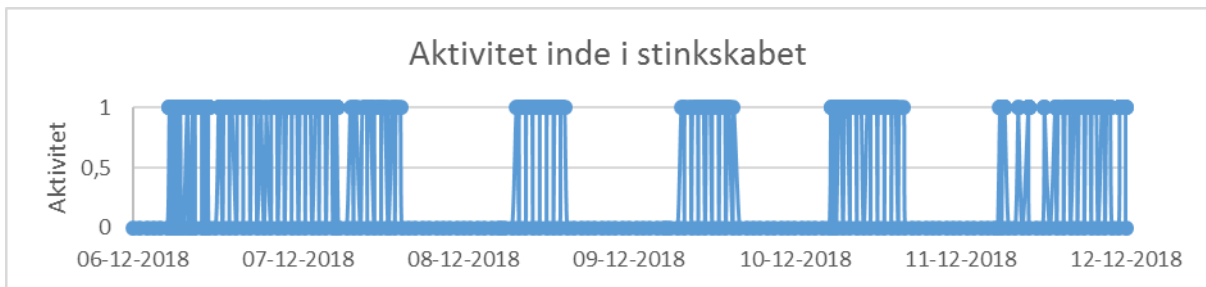
8.2.1 Driftserfaringer og tilpasninger

I det følgende er der redegjort for de væsentligste erfaringer / udfordringer, der har været forbundet med etableringen af det beskrevne overvågningskoncept.

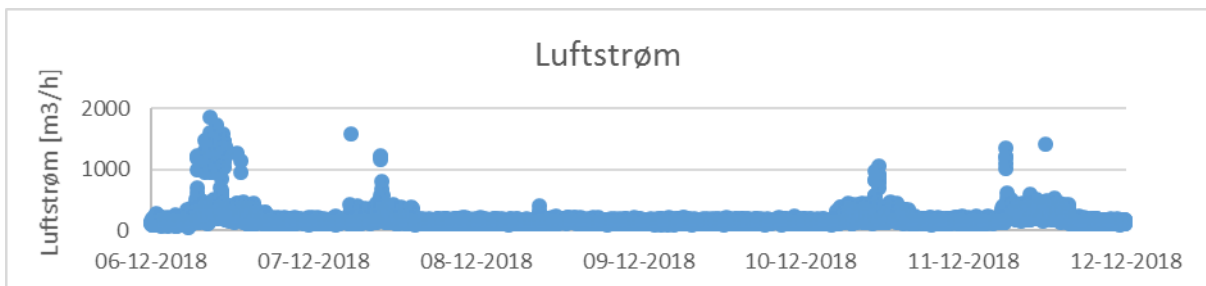
I nedenstående figurer er det illustreret med et 1 tal når der er registreret aktivitet og et 0 når der ikke er aktivitet. Der er vist en tidsperiode på seks dage, og i løbet af de viste seks dage kan det ses, at der ikke er aktivitet i laboratoriet d. 8., 9. og 10. december. Det ses dog at der er registreret aktivitet inde i stinkskaftet (figur 8.2.1.2), og at luftflowet er lavt. Dette indikerer at der er fejl i dataindsamlingen.



Figur 8.2.1.1 Aktivitet registreret af 3D kameraet i laboratorielokalet.



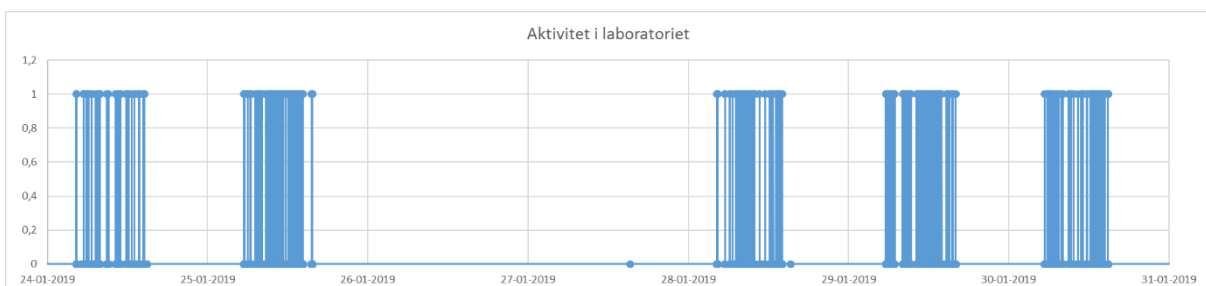
Figur 8.2.1.2 Aktivitet registreret af 2D kameraet inde i stinkskaftet.



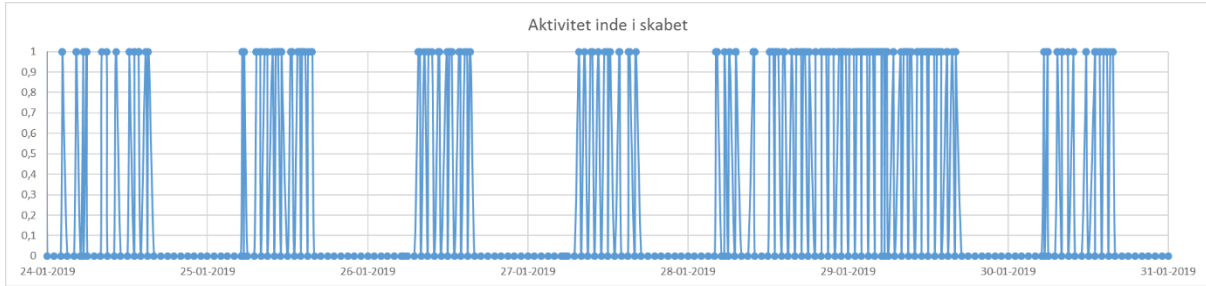
Figur 8.2.1.3 Luftflow registreret af tryksensoren i afkastkanalen.

Ved en nærmere analyse viste det sig, at lyset inde i stinkskaftet giver anledning til fejl på dataindsamlingen. Lyset fremstår som streger på 2D kamera'billedet, og da stregerne bevægede sig hen over billedet opfangede kameraet stregerne som bevægelse i stinkskaftet. Det betød, at styringen blev informeret om at der var konstant bevægelse i stinkskaftet.

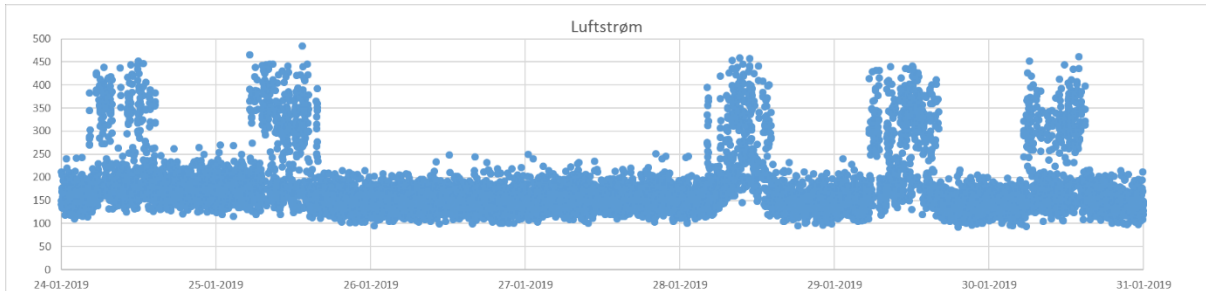
En anden udfordring var, at 2D kameraet inde i stinkskaftet opfangede den del af lyset fra laboratorielokalet, der trængte ind i stinkskaftet gennem glaslugen som aktivitet ligesom kortvarige ændringer i lysforholdene fra laboratoriets vinduer (f.eks. blink fra udrykningskøretøjer på OUH) ligeledes blev tolket som bevægelse. Der blev derfor indlagt et filter på 2D kameraet, for at undgå at kameraet opfanger lys som menneskelig aktivitet. Det er her vigtigt, at filteret ikke bliver for kraftigt, således der ikke detekteres bevægelse/ændringer i stinkskaftet.



Figur 8.2.1.4 Aktivitet registreret af 3D kameraet i laboratorielokalet.

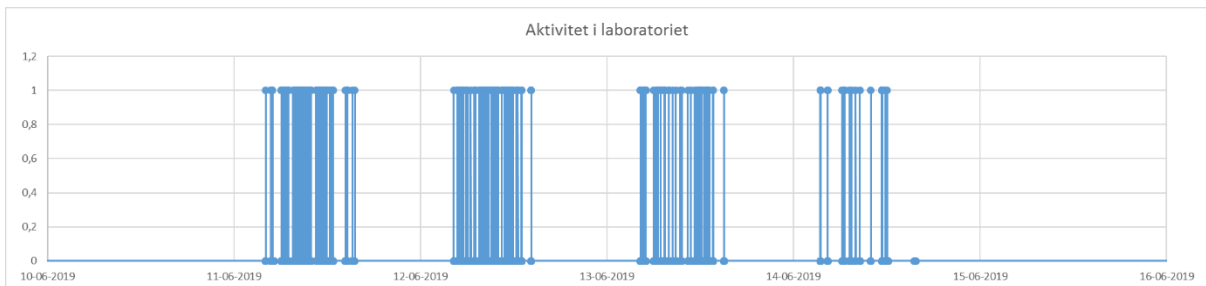


Figur 8.2.1.5 Aktivitet registreret af 2D kameraet inde i stinkskaftet efter etablering af filter.

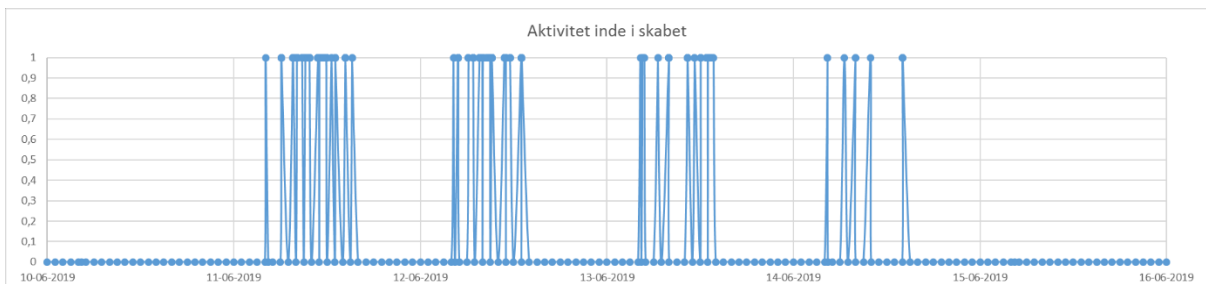


Figur 8.2.1.6 Luftflow registreret af tryksensoren i afkastkanalen.

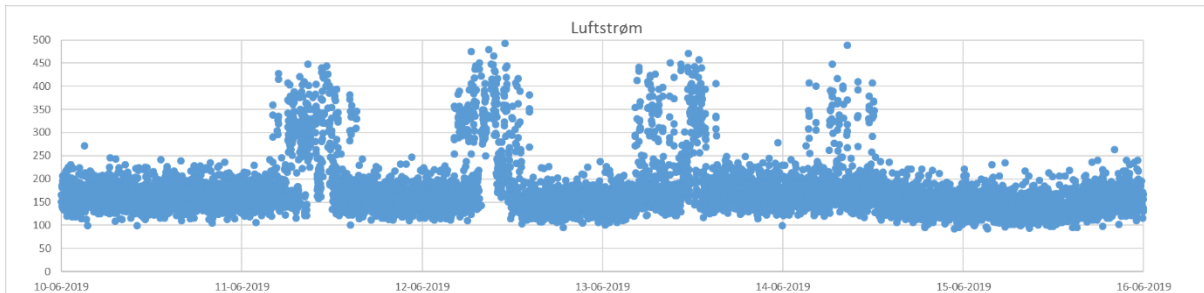
Det ses, at selv efter at der er sat et filter på 2D kameraet registreres der stadig er aktivitet i stinkskaftet på trods af, at der ingen aktivitet er i laboratoriet. Det var derfor nødvendigt at optimere filtret yderligere. De nedenstående diagrammer viser resultatet efter den endelige optimering af filtret på 2D kameraet.



Figur 8.2.1.7 Aktivitet registreret af 3D kameraet i laboratorielokalet.



Figur 8.2.1.8 Aktivitet registreret af 2D kameraet inde i stinkskaftet efter yderligere optimering af filterfunktionen.



Figur 8.2.1.9 Luftflow registreret af tryksensoren i afkastkanalen.

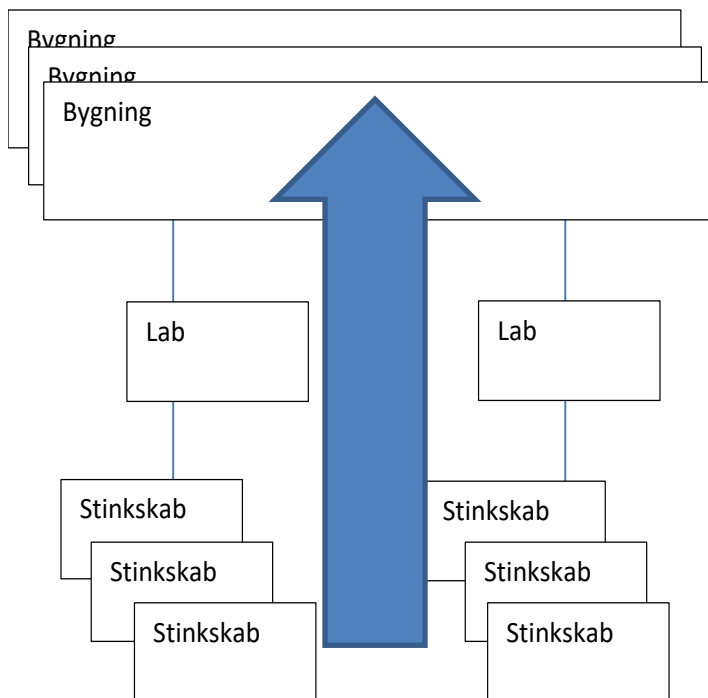
Efter yderligere optimering af 2D kameraet ses det nu, at der er overensstemmelse mellem aktivitet i laboratoriet, aktivitet i stinkskabet og luftstrømmen.

8.3 Overvågning på laboratorie- og bygningsniveau

I det følgende er det beskrevet hvorledes brugerfladen (frontenden) kan opbygges i forhold til overvågning på laboratorie- og bygningsniveau. Målgruppe for denne brugerflade er ansvarlige for driften af bygningerne, hvori laboratorierne og stinkskabene befinder sig.

8.3.1 Hierarkisk opsætning på bygnings-, laboratorie- og stinkskabsniveauer

Efter opsætning af måleudstyr på et stinkskab vil systemet automatisk begynde at sende data til serveren i skyen og data ender i fælles SQL-database. For at organisere visualiseringen er det nødvendigt med en hierarkisk grundopsætning af datastrukturen på bygnings-, laboratorie og stinkskabsniveau. En bygning indeholder et givet antal laboratorier og et laboratorium indeholder tilsvarende et vist antal stinkskabe. På nedenstående blokdiagram vises et eksempel på en opbygning og organisering af struktur for brugerfladen.



Figur 8.3.1.1 Hierarkisk opbygning af brugerflade.

I det følgende er der taget udgangspunkt i et eksempel på struktur, hvor en bygning indeholder to laboratorier og hvert laboratorium indeholder 3 stinkskebe. Nøgletallene på laboratorieniveau vil derfor være baseret tre stinkskebe, og tilsvarende vil nøgletallene på bygningsniveau vil være opdelt på to laboratorier med tre stinkskebe i hver.

Med denne opbygning vil nøgletal og alarmer/fejl i et givet stinkskebe blive vist på skærmbilledet for det tilhørende laboratorium og for det givne stinkskebe, således at det er muligt let at detektere fejltilstande. Tilsvarende vil det blive vist på skærmbilledet for bygningen at der er en fejl i et givet laboratorium, hvorefter brugeren kan aktivere skærmbilledet for det pågældende laboratorium for at finde det stinkskebe der giver fejl.

8.3.2 Brugerflade

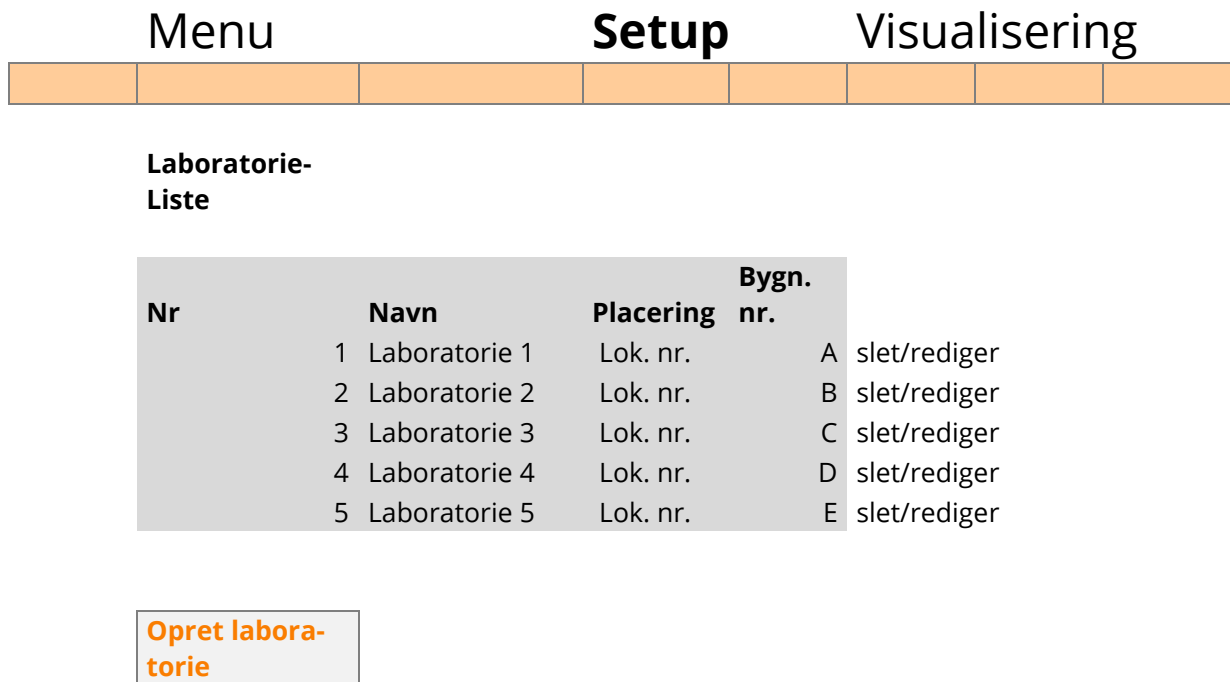
Nedenstående er der vist et forslag til opsætningsprocedure og visualisering. Indledningsvis tilføjes nye bygninger ved at indtaste dem i kolonnen "Bygningsliste", og bygninger kan senere slettes/redigeres i kolonnen "Visualisering". Som det ses, er kolonnen "Setup" med fed skrift for at indikere at der arbejdes med "set up" af brugerfladen.

Menu		Setup		Visualisering			
Bygningsliste							
Nr	Navn	Placering					
1	Bygning A	Adresse					slet/rediger
2	Bygning B	Adresse					slet/rediger
3	Bygning C	Adresse					slet/rediger
4	Bygning D	Adresse					slet/rediger
5	Bygning E	Adresse					slet/rediger

Opret bygning

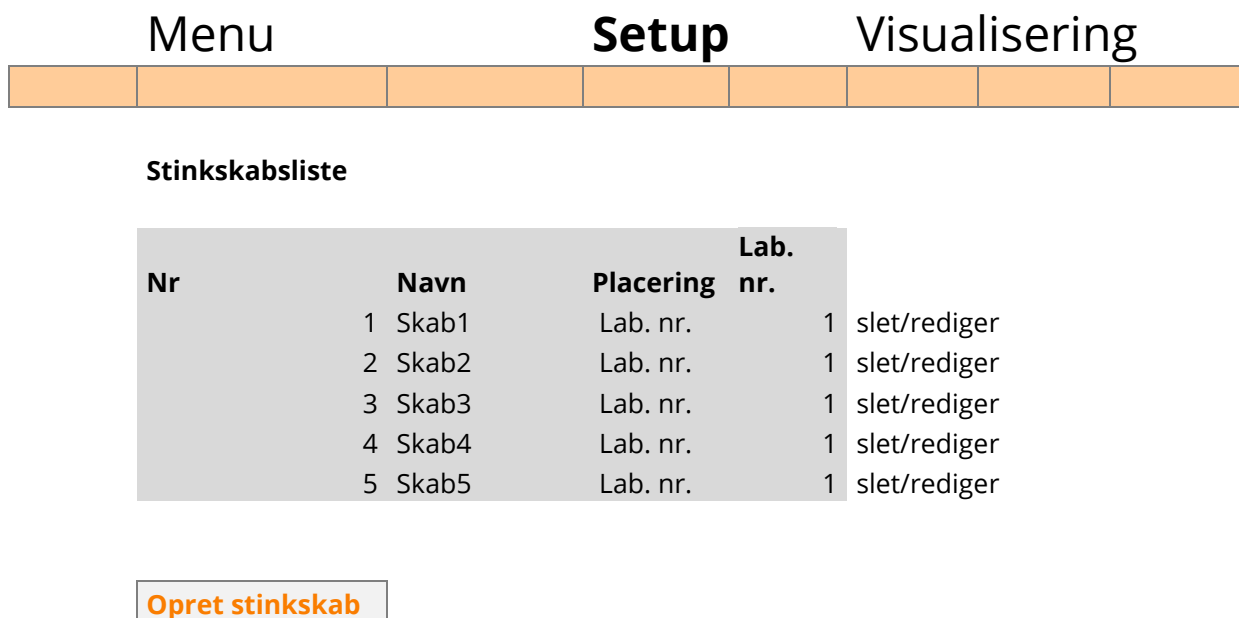
Figur 8.3.2.1 Opsætning af brugerflade på bygningsniveau.

Når alle bygningerne er indtastet i den ovenstående menu, skal laboratorierne i hver bygning indtastes. Dette foretages i nedenstående menu ved at trykke på "Opret laboratorie". De forskellige laboratorier indtastes, idet det ligeledes angives i kolonnen "Placering" i hvilken bygning det enkelte laboratorie er placeret.



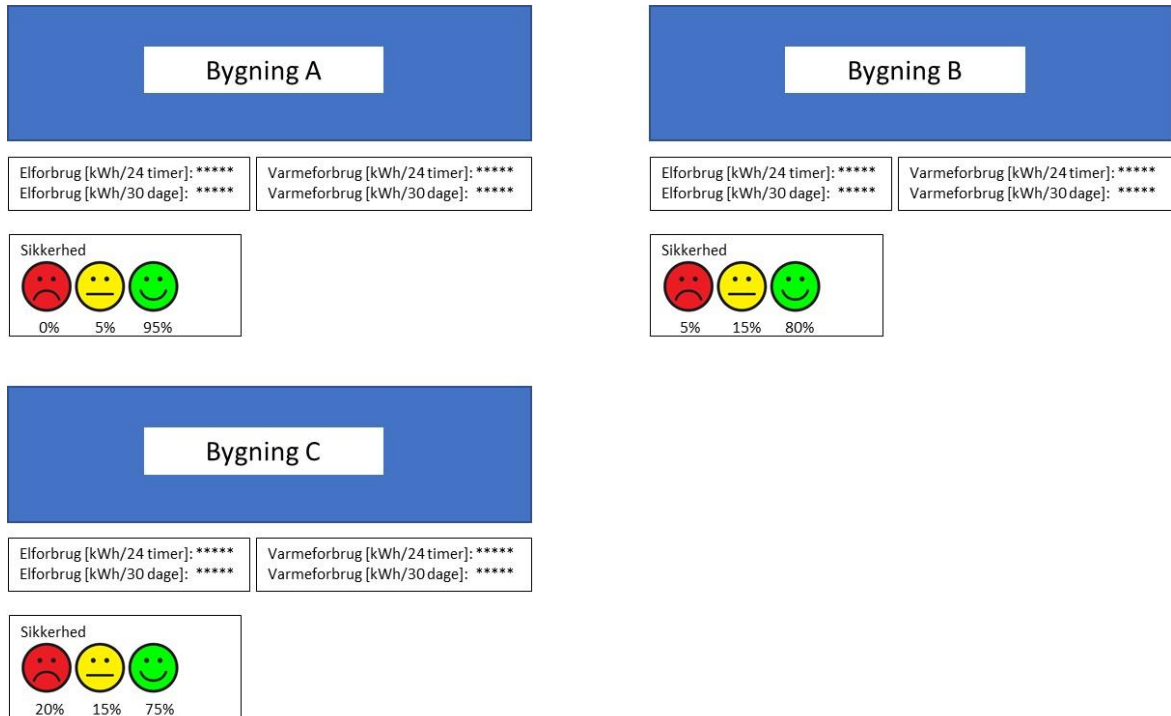
Figur 8.3.2.2 Opsætning af brugerflade på laboratorieniveau.

Endelig indtastes stinkskabene i hvert enkelt laboratorium i nedenstående menu ved at trykke "opret stinkskab". Det angives i hvilket laboratorium hvert enkelt stinkskab er placeret.

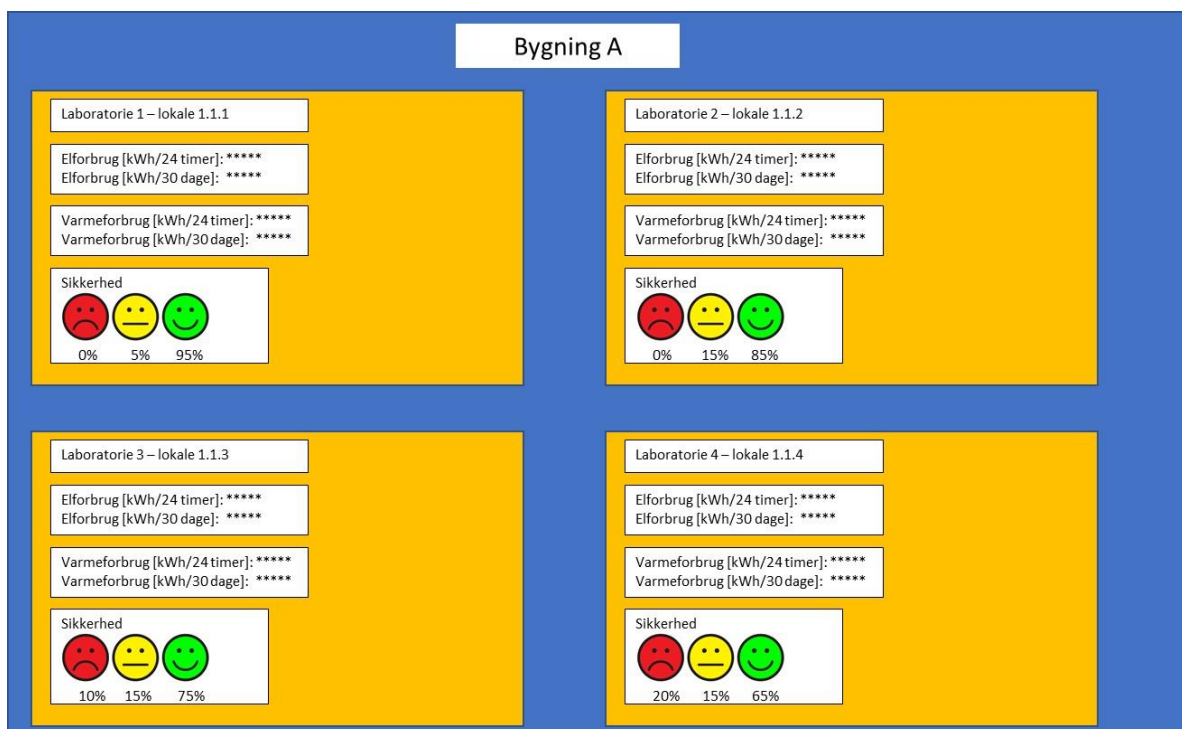


Figur 8.3.2.3 Opsætning af brugerflade på stinkskabsniveau.

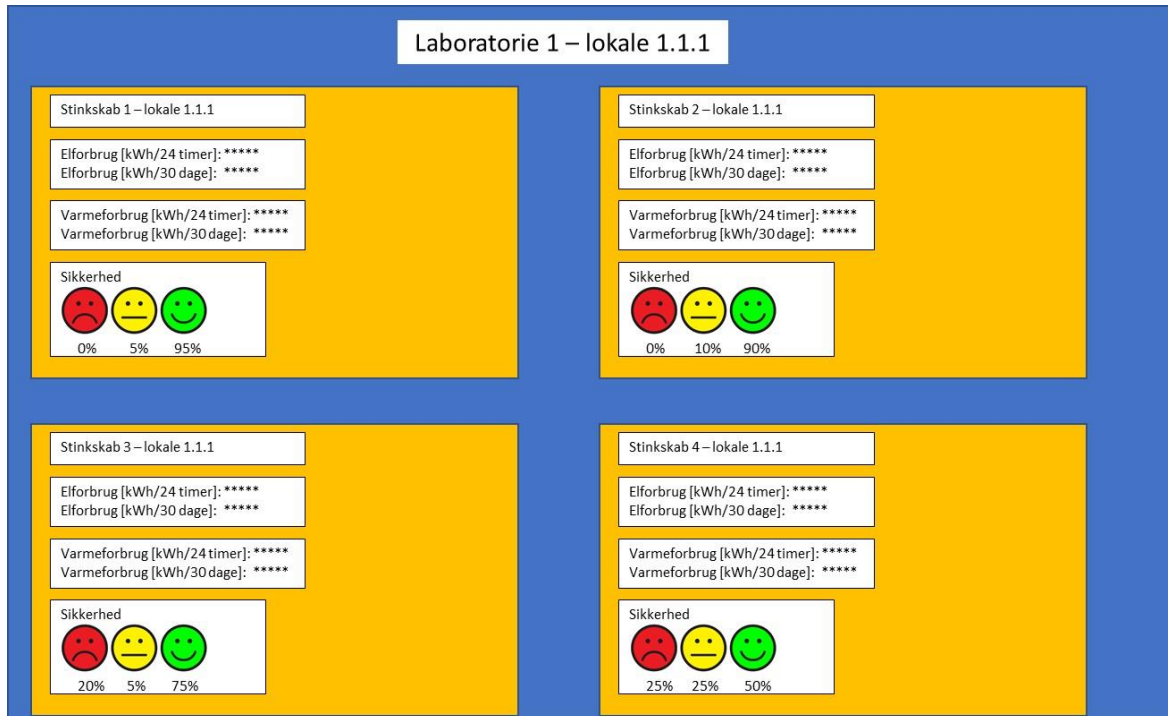
Når ovenstående er udført foreslås de indtastede bygninger, laboratorier og stinkskabe visualiseret som vist med nedenstående skærbilleder.



Figur 8.3.2.4 Forslag til brugerflade på bygningsniveau. Brugeren kan være med til at definere varighed og lufthastighed for smileyfarver.



Figur 8.3.2.5 Forslag til brugerflade på laboratorieniveau.



Figur 8.3.2.6 Forslag til brugerflade på stinks-kabsniveau.

9 Dataopsamling og nøgletal på Odense Universitets hospital

Kapitlet indeholder en gennemgang af dataopsamling og nøgletal for stinks-kab på Odense Universitetshospital. I stinks-kabet og laboratoriet på Odense Universitetshospital er der installeret måleudstyr, som opsamler følgende data.

Nr	Måleværdi	Sensor	Note
1	Lufttryk i udsugningskanal	Tryksensor	Data opsamles via datalogger. Tryksensor er placeret i udsugningen fra stinks-kabet og herfra beregnes luftflow i kanal.
2	Bevægelse i stinks-kab	2D kamera	Data opsamles via datalogger. Bruger Computer Vision til at se om der er ændringer i stinks-kabet.
3	Person i zone foran stinks-kab	3D kamera	Direkte fra kamera til database på TI. 3D kameraet sender et event til serveren så snart der er registreret en person i zone foran stinks-kab.
4	Tællerlinje ved dør til laboratoriet	3D kamera	Direkte fra kamera til database på TI. Så snart der går en person ud eller ind af lokalet, sendes event til server.
5	Lugeåbning	2D kamera	Data opsamles via datalogger. Søger relativ afstand mellem symbol på luge og fast monteret symbol på inderside af stinks-kab. Denne procedure køres hver gang der har været registreret bevægelse i stinks-kab.

Tabel 9.1 Oversigt over måleudstyr.

Dataloggeren består af en lille computer, - en online Raspberry PI. Denne har ansvaret for at aflæse luftflowsensoren og via 2D kamera registreres bevægelser og lugeåbning i stinkskab.

Selvom der ikke registreres bevægelser sendes der en besked hver time, således kan serveren tjekke om netværksforbindelsen er ok til dataloggeren og melde fejl ved afbrydelser.

Luftflowet aflæses hvert minut og data sendes til serveren herefter.



Figur 9.1 Placering af trykflow til efterfølgende beregning af luftflow i kanal.



Figur 9.2 Placering af 2D kamera.

Selve dataloggeren er online via et 3G modul og integreret i en monteringsboks sammen med 2D kameraet.



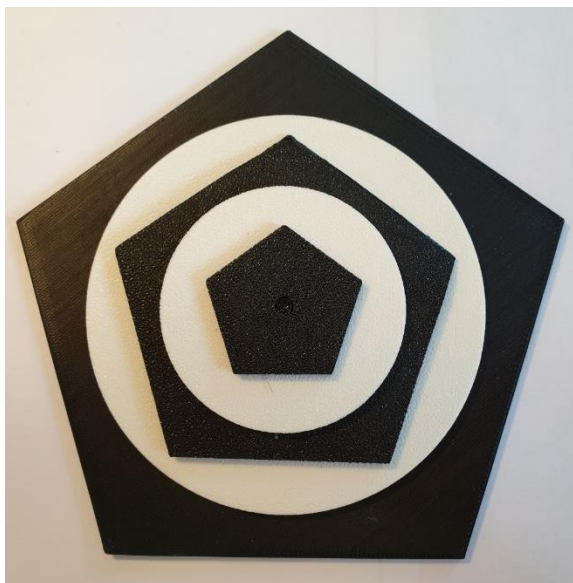
Figur 9.3 Placering af 3D kamera.

3D kameraet er placeret under loftet foran stinkskaftet. Kameraet registrerer om der er bevægelse i de zoner, der er defineret i kameraets opsætning, se figur 8.1.1.1.

9.1 Måling af lugeåbningsniveau

Der er udviklet en metode til måling af lugehøjden ved hjælp af to symboler, som 2D kameraet sporer. Det ene symbol er placeret på stinkskaftets endevæg, og det andet på lugen. Kameraets billede anvendes til at udregne symbolernes indbyrdes placering, og dermed den aktuelle lugehøjde. Dette princip illustreres på nedenstående billeder. 2D kameraet kigger efter

bevægelser og ændringer i stinkskalet og scanner herudover efter to ens symboler, som vises på nedenstående figur.



Figur 9.1.1 Symbol der anvendes til detektering af lugeplacering.

Via Computer Vision scanner kameraet efter de to symboler, som hver har to hvide cirkler med arealforholdet 2.7 og med samme center. Hvis der findes to symboler udregner kameraet en vinkel i mellem symbolerne. Denne vinkel datalogges og sendes online til en server. Serveren kan så efterhånden gennemskue de maksimale og minimale vinkelværdier, som udtrykker om luge er helt åben eller helt lukket. De nedenstående billeder illustrerer måleprincippet.



Figur 9.1.2 Placering af symboler på endevæg og luge, - lukket luge.

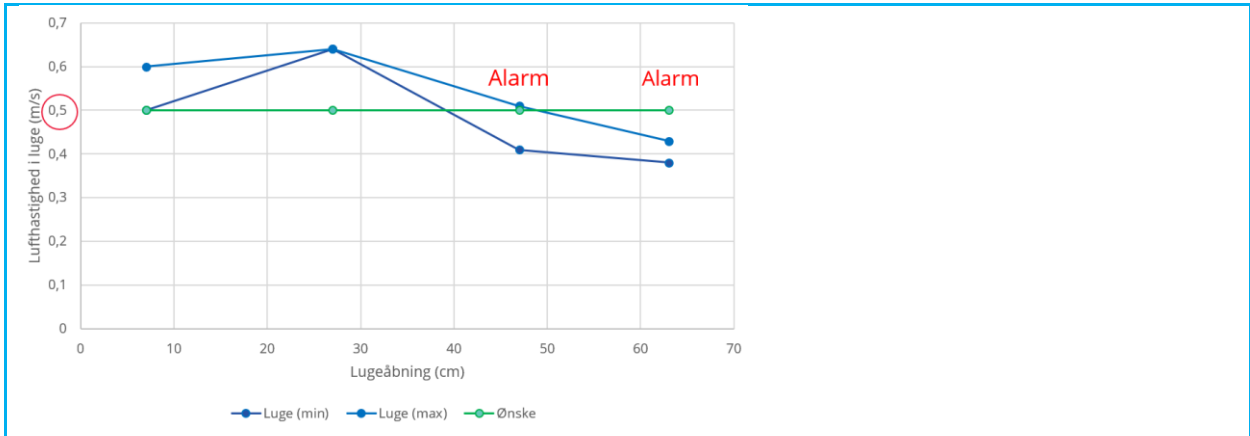


Figur 9.1.3 Placering af symboler på endevæg og luge, - åben luge.

Udvikling af formeludtryk for stinkskab på Odense Universitetshospital

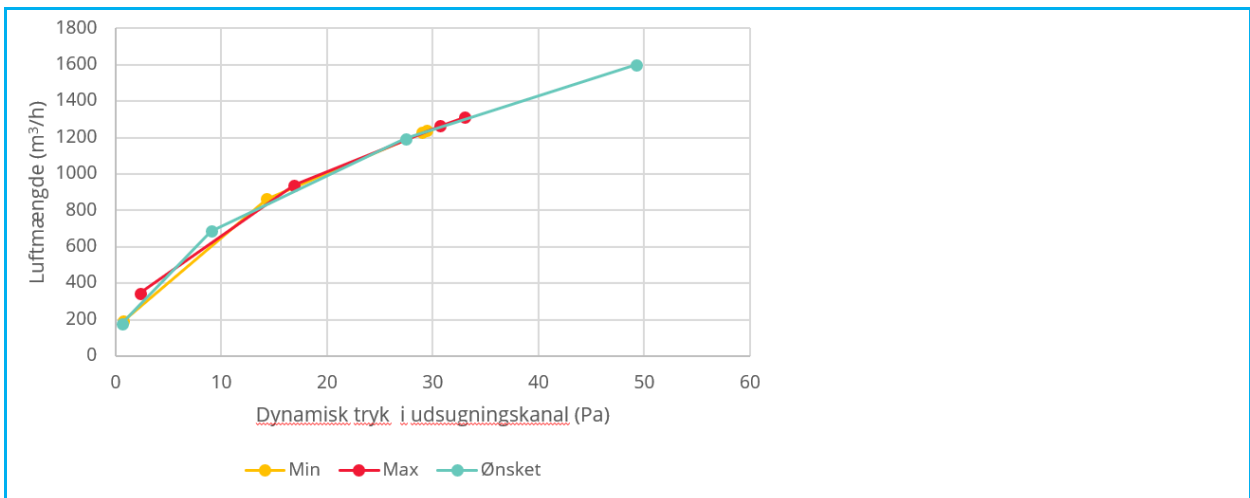
På mindre end time kan udvikles formeludtryk til beregning af

- lugeåbning
- luftmængde i udsugningskanal som funktion af tryk
- lufthastighed i lugeåbningen som funktion af åbningsgraden



Figur 9.1.4. Lufthastigheden målt i lugeåbningen ved forskellige åbningsgrader.

Der var ønske om minimum 0,5 m/s. Ved ca. 48 cm åben luge gik stinksindet i alarm, da hastigheden var mindre end 0,5 m/s.



Figur 9.1.5. Luftmængde i udsugningsrør som funktion af målt tryk.

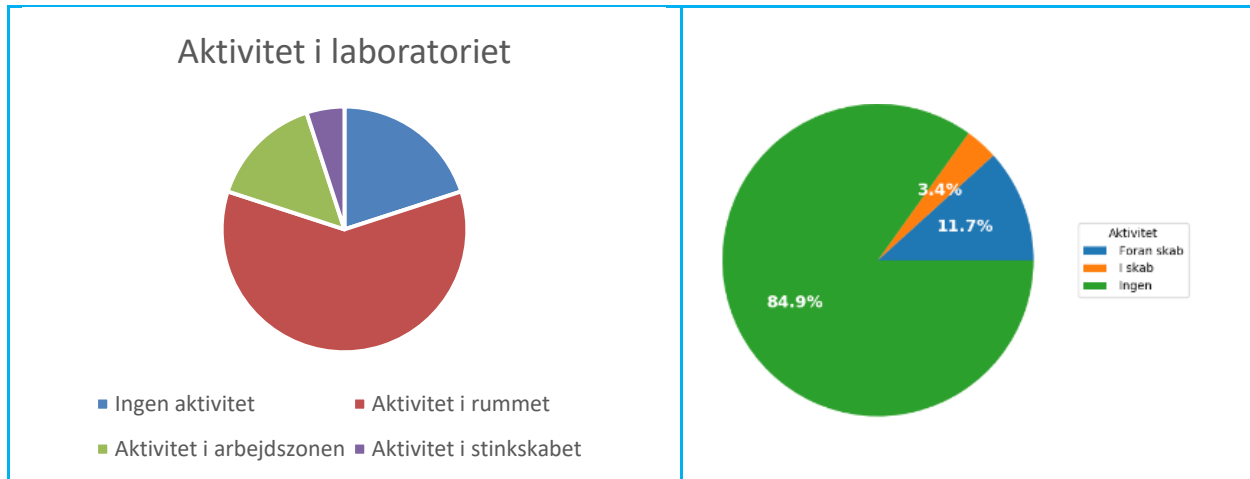
Kurvefitting giver funktionsudstykket: $\text{Luftmængde} = 227,76 \times \text{Tryk}^{0,5}$

9.2 Nøgletal

Der udarbejdes nøgletalsrapporter for:

- brugermønster
- energi
- sikkerhed

Brugermønster



Figur 9.2.1. Brugermønster

- Til venstre er vist et lagkageforslag for aktivitet i et laboratorium.
- Til højre er vist det layout som er anvendt på Odense Universitetshospital

Ovenstående lagkage opgøres for den tid der er aktivitet i laboratoriet. På Odense Universitet er der personer i laboratoriet fra 05-17. idet rengøringspersonalet kommer tidligt om morgenen. Derfor opgøres brugermønsteret i perioden 05-17. Lagkage vises for dagen før og som rullende gennemsnit for de sidste 30 dage.

Energi

Ved datoskift anvendes on-line registreringer til at beregne kumuleret el- og varmekonsum henholdsvis det sidste døgn og de sidste 30 dage.

Sikkerhed

Sikkerhed angives med procent grøn og rød smiley for hvert skab. Tal baseres på tid med rød og grøn smiley på stinkskaftet:

Sikkerhed	0-24	8-16
Dagen	Rød smiley: 0 Grøn smiley: 100	Rød smiley: 0 Grøn smiley: 100
Sidste måned	Rød smiley: 1 Grøn smiley: 99	Rød smiley: 1 Grøn smiley: 99

10 Betjenings- og informationsapplikationer

10.1 Hjemmesider

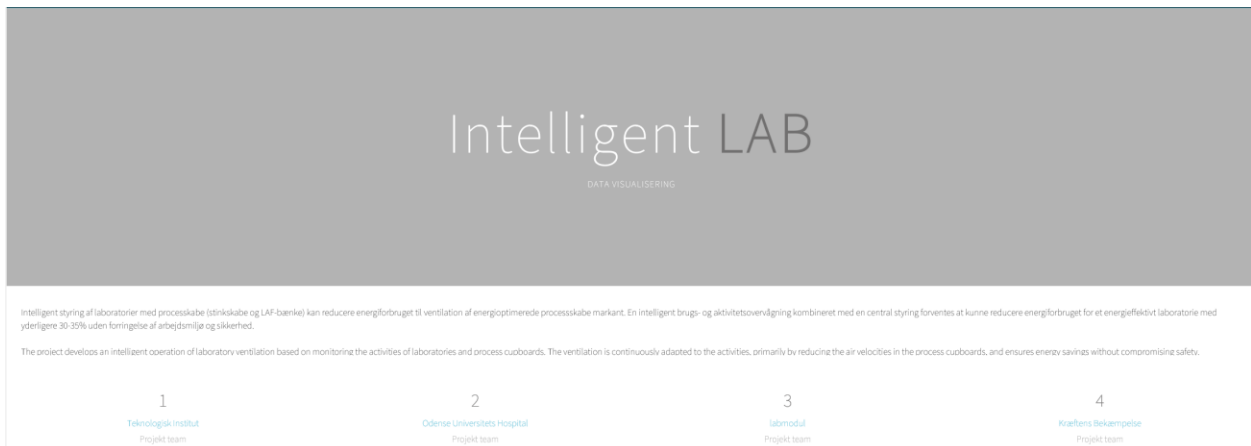
Der er udviklet en hjemmeside for et laboratorium hos både OUH (Odense Universitetshospital) og Kræftens Bekæmpelse. De to hjemmesider kan tilgås på følgende web adresser:

<http://35.195.245.181/ouh/>

<http://35.195.245.181/kb/>

De to hjemmesider har samme visuelle udtryk, og der nedenstående kun er vist billeder fra hjemmesiden hos OUH. Som følge af den corona-epidemi der ramte Danmark i marts 2020 blev de kameraer og sensorer, der skulle have været sat op hos Kræftens Bekæmpelse ikke monteret indenfor projektperioden. Kameraerne etc. vil blive opsat på et senere tidspunkt, når dette er muligt.

Siden indeholder først en kort beskrivelse af projektet samt projektpartnere.



Figur 10.1.1 Hjemmeside.

Længere nede på siden er der vist statistik over brugen af stinkskabene, hvor det på skabsniveau er muligt at se en opgørelse af om der har været aktivitet foran skabet, inde i skabet eller slet ingen aktivitet ved stinkskabet. Der er en opgørelse for seneste dag og for seneste løbende måned. Der er taget udgangspunkt i tidsrummet kl. 5-17, således at al aktivitet, - også rengøringen om morgenen, registreres. Angivelsen for seneste måned skal vurderes af brugeren, idet det ved opsætningen af hjemmesiden er valgt at lade weekender indgå i registreringer. Registreringer af brug i weekender bør naturligvis udelades for laboratorier, der aldrig er i brug i weekender.

Statistik over brug af stinkskab mellem kl. 05:00 og kl. 17:00



Figur 10.1.2 Oversigt over brugen af stinkskabene.

I det aktuelle tilfælde ses, at det pågældende stinkskab ikke bruges særlig meget (aktivitet i stinkskab) samt at der er mere aktivitet i området foran skabet. I det konkrete tilfælde er der tale om passage fra én ende af laboratoriet til den anden.

Endelig vises "live data", der opdateres hvert 10. minut, hvor det kan ses om der er aktivitet foran stinkskabet, i skabet samt registrering af luftflow i stinkskabet. Sidstnævnte registrering anvendes sammen med en registrering af lugehøjden til at overvåge om der er tilstrækkelig lufthastighed i lugeåbningen.



Figur 10.1.3 Live data fra et stinkskab hos OUH.

10.2 Mobilapplikation

På baggrund af hjemmesiderne der er beskrevet ovenstående er der udviklet en tilsvarende mobilapplikation, hvor de vigtigste informationer som der vises på hjemmesiden fremgår. Herved er det muligt for den enkelte bruger af stinkskabene at følge med i brugen af og sikkerheden ved de skabe som den enkelte bruger anvender.

[indsæt billede af mobilskærmen]

Ved at bringe informationerne om stinkskabenes drift ud til brugerne, er det gjort muligt for brugerne at agere og reagere på driften og derved være med til at sikre at skabene driftes effektivt både i forhold til energi og sikkerhed.

11 Informationsaktiviteter

11.1 Artikler etc.

Der blev bragt en artikel i ELFORSK Nyt i januar 2020, der beskrev projektet og de potentialer og muligheder den nye teknologi giver. Artiklen fra ELFORSK Nyt blev desuden langt op på Teknologisk Institut's LinkedIn side samt på de personlige LinkedIn profiler for medarbejderne hos Teknologisk Institut. I løbet få dage blev opslagene på LinkedIn set i tusindvis af gange, samt delt og kommenteret talrige gange. Endelig blev Teknologisk Institut kontaktet fra forskellige aktører i branchen, - primært firmaer der producerer styringer til bl.a. stinkskabe, med henblik på møder, hvor Teknologisk Institut præsenterede projektets resultater, og indgik i drøftelser om muligt fremtidigt samarbejde om videreudvikling og kommerialisering af styringskonceptet.

Der er på baggrund af artiklen i ELFORSK Nyt foretaget en massiv promovning af projektet og dets resultater på de sociale medier. Det er bl.a. resulteret i henvendelser fra interesserede fra forskellig side, f.eks. en CTS virksomhed.

11.2 Møder

Projektets ide og potentiale samt de foreløbige resultater er blevet præsenteret på et temamøde i ELFORSK regi d. 8. november 2018 i Odense. Temamødet havde deltagelse af personer, der er involveret i andre ELFORSK projekter.

Desuden er projektet præsenteret på en temadag for VELTEK's medlemmer d. 3. marts 2020 med det formål at drøfte om ventilationsbranchens medlemmer ønsker at indgå en dialog om styring og overvågning af stinkskabe.

Endelig var der planlagt afholdt et temamøde d. 31. marts 2020 i ELFORSK-regi om stinkskabe og disses drift med det formål at promovere energirigtig og sikker drift. Temamødet blev udsat pga. Corona-krisen i foråret 2020.

12 Referencer

- [1] Procesenergi – analyserapport
- [2] Kortlægning af erhvervslivets energiforbrug
- [3] Byggestyrelsen, www.Bygst.dk

- [4] Stinkskabe – Vejledning om arbejde i stinkskabe, marts 2010
 [5] http://klima.ku.dk/groen_campus/detgoervi/elforbrug/laboratorieudstyr/
 [6] <http://ing.dk/artikel/stinkskabe-sluger-energi-som-et-dansk-parcelhus-87678>
 [7] Undervisningsministeriet, www.uvm.dk

13 Bilag

13.1 People Counting Sensor Xovis PC2

13.1.1 Formål

Sensoren, vist på Figur 13.1.1., er installeret i forbindelse med projektet "350-025 - Intelligent styring af energioptimerede laboratorier". Sensoren anvendes til opsamling af data for persontrafik til og fra områder, som senere kan bruges til energioptimering.

13.1.2 Problemstilling

Sensoren anvendes til at registrere persontrafikken i et laboratorium for at kunne optimere laboratorieventilationen og dermed energiforbruget til LAF-bænke og stinkskabe. Det kan have konsekvenser for arbejdet, som foregår heri, hvis ventilationen ikke fungerer efter hensigten. Derfor er det yderst vigtigt at sensoren er pålidelig, og pålideligheden af sensoren er derfor efterprøvet for at sikre, at den er egnet til formålet. Producenten Xovis hævder selv at sensoren er *op til 99%* præcis, men hvad "*op til 99%*" dækker over er uvist og må undersøges.

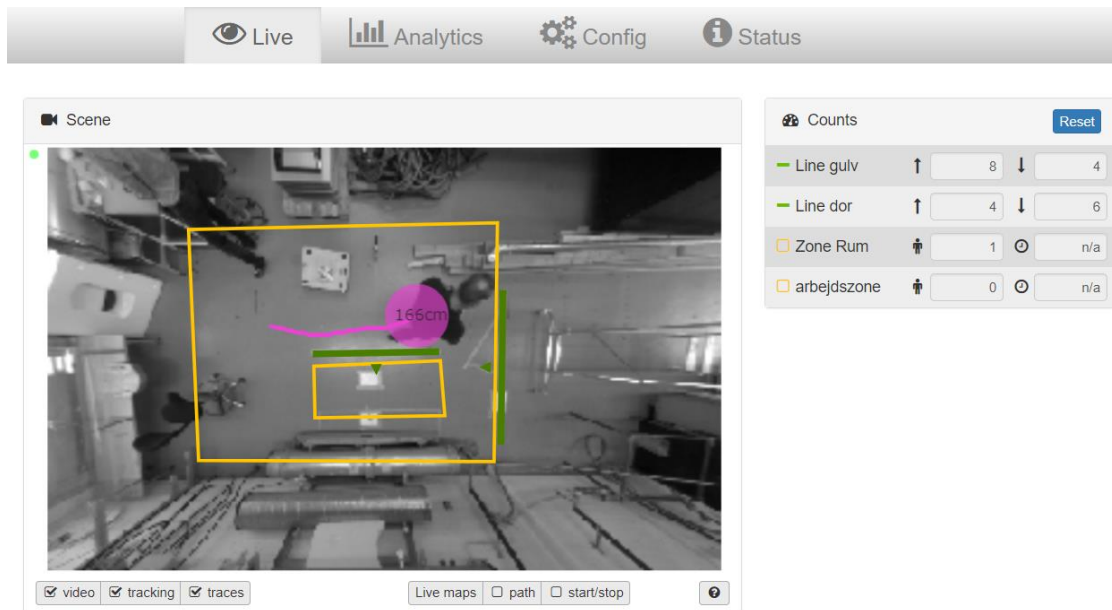
Sensoren er fremstillet med formålet at følge personer, men det vides ikke hvordan dette bliver gjort og om sensoren kan tage fejl af objekter og personer.

13.2 Beskrivelse

Xovis persontællere følger personer i områder defineret af brugeren. Herved kan data vedrørende antallet og opholdstiden af personer i definerede områder logges. Sensoren har ligeledes mulighed for at tælle hvor mange personer, der krydser brugerdefinerede linjer og i hvilken retning de krydses.



Figur 13.1.1 People Counting Sensor model Xovis PC2

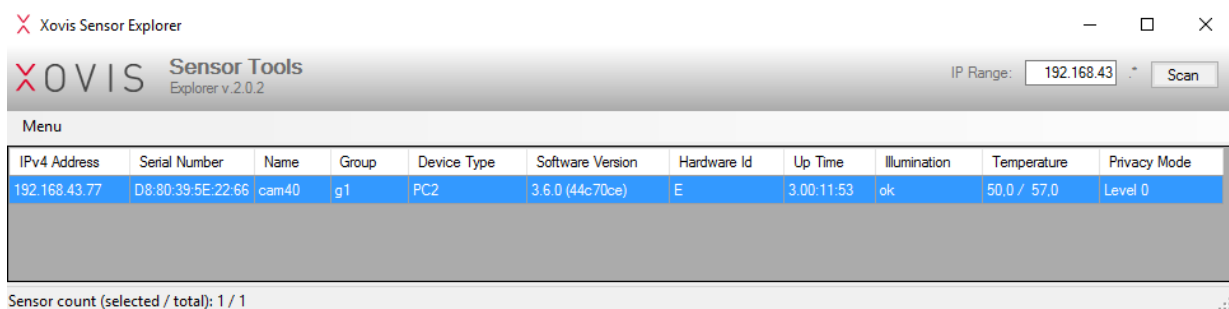


Figur 13.2.1 Udsnit af skærbillede fra browsersoftware, hvor gule firkanter er områder oprettet af brugere og grønne streger ligeledes er oprettet af brugeren. Xovis PC2 persontæller følger personen og markerer med et lille spor og en lille cirkel, hvori højden af personen er noteret. I vinduet "counts" ses hvor mange personer, der findes i definerede områder og hvor mange gange definerede streger er krydset og i hvilken retning.

Sensoren monteres i loftet og monitorerer et område ved at kigge lodret ned. Sensoren har to kameraer, der er placeret 10 cm fra hinanden, hvilket gør, at der kan dannes 3D billeder. Herved er det muligt for sensoren at bestemme afstand og højden på personer, der befinder sig i det fastsatte område.

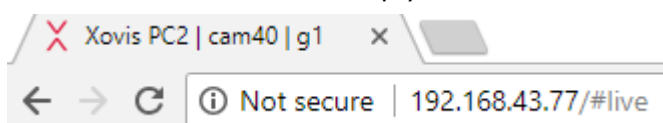
13.2.1 Xovis PC software

Dette afsnit forklarer hvordan softwaren til Xovis PC fungerer og hvilke informationer der kan udlæses herfra. For at oprette forbindelse til Xovis sensoren downloades "Xovis Sensor Explorer" programmet. Denne software søger efter sensoren og oplyser herefter brugeren om IP adressen til sensoren.



Figur 13.2.2 Xovis Sensor Explorer, som kan bruges til at finde IP adressen til Xovis Person tæller.

Den IP adresse som bliver oplyst kan herefter indtastes direkte i browservinduet, som vist på



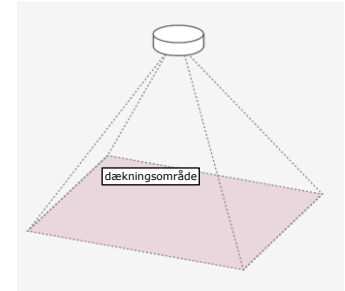
Figur 13.2.3 IP adresse fra persontælleren indtastet direkte i browser vinduet, som giver adgang til persontælleren online software.

13.2.2 PC Sensorer

Modellen Teknologisk Institut råder over på nuværende tidspunkt (28/5/2018) er PC2/PC2R, som er markeret med rød firkant på Figur 13.2.5. Figur 13.2.5 viser 9 forskellige modeller, som hver er egnet til at blive monteret i et specifikt højdeinterval. Dette giver tilsammen mulighed for at montere sensorerne i højder fra 2,2 m til 20 m, og herved kan sensorernes funktioner benyttes til dækning af områder på 2,26 m * 1,46 m til 11,55 m * 8,66 m afhængigt af hvilken model der monteres.

13.2.3 Dækningsområde

Dækningsområdet er det område på gulvet, som Xovis PC2 kan registrere. Dette er vist på Figur 13.2.4.



Figur 12.2.4 Principtegning af dækningsområdet

13.2.4 Multisensor for større dækningsområde

Sensorerne kan monteres så synsfeltet overlappes, og herved kan op til 8 sensorer arbejde sammen og dække et større område. Det objekt ID der oprettes af ét kamera overføres og bibeholdes til næste kamera, når objektet flytter sig fra et område til et andet.

	Standard Sensors		Sensors with Extended Area Coverage						
	PC2 / PC2R	PC3 / Outdoor	PC2-UL / PC2R-UL	PC2-L / PC2R-L	PC3-L / Outdoor	PC3-M1 / Outdoor	PC3-M2 / Outdoor	PC3-H / Outdoor	PC3-UH / Outdoor
Installation Height	2.20 m - 6.00 m	6.00 m - 14.00 m	2.20 m - 3.50 m	2.20 m - 6.00 m	6.00 m - 9.00 m	9.00 m - 12.00 m	11.00 m - 14.00 m	14.00 m - 16.00 m	16.00 m - 20.00 m
Coverage at									
2.50 m	2.26 m x 1.46 m		2.50 m x 2.16 m	1.86 m x 1.06 m	-	-	-	-	-
3.00 m	3.53 m x 2.10 m		4.88 m x 4.04 m	3.73 m x 2.10 m	-	-	-	-	-
3.50 m	4.69 m x 2.95 m		6.75 m x 5.70 m	5.65 m x 3.19 m	-	-	-	-	-
4.00 m	5.84 m x 3.68 m		-	7.49 m x 4.24 m	-	-	-	-	-
4.50 m	7.00 m x 4.41 m		-	9.34 m x 5.29 m	-	-	-	-	-
5.00 m	7.00 m x 5.00 m		-	10.65 m x 6.35 m	-	-	-	-	-
5.50 m	7.00 m x 5.00 m		-	10.65 m x 7.40 m	-	-	-	-	-
6.00 m	-	5.25 m x 4.35 m	-	10.65 m x 7.98 m	9.80 m x 7.11 m	-	-	-	-
7.00 m	-	6.77 m x 5.49 m	-	-	11.55 m x 8.66 m	-	-	-	-
8.00 m	-	8.00 m x 6.00 m	-	-	11.55 m x 8.66 m	-	-	-	-
9.00 m	-	8.00 m x 6.00 m	-	-	11.55 m x 8.66 m	9.76 m x 7.78 m	-	-	-
10.00 m	-	8.00 m x 6.00 m	-	-	-	11.50 m x 8.66 m	-	-	-
11.00 m	-	8.00 m x 6.00 m	-	-	-	11.55 m x 8.66 m	11.41 m x 8.38 m	-	-
12.00 m	-	8.00 m x 6.00 m	-	-	-	11.55 m x 8.66 m	11.55 m x 8.66 m	-	-
13.00 m	-	8.00 m x 6.00 m	-	-	-	-	11.50 m x 8.66 m	-	-
14.00 m	-	8.00 m x 6.00 m	-	-	-	-	11.50 m x 8.66 m	10.45 m x 7.72 m	-
15.00 m	-	-	-	-	-	-	-	11.55 m x 8.50 m	-
16.00 m	-	-	-	-	-	-	-	11.55 m x 8.66 m	8.97 m x 6.96 m
17.00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	9.70 m x 7.48 m
18.00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	10.36 m x 8.00 m
19.00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	11.26 m x 8.64 m
20.00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	11.55 m x 8.66 m

Figur 13.2.5 Dækningsområde og monteringshøjde for hver enkelt sensor

13.2.5 Registrering af personer

Umiddelbart registrerer kameraet udelukkende objekter som bevæger sig ind i det område det observerer. Om personen bliver registreret som person eller ej afhænger af højden af objektet. Når et objekt i bevægelse først er registreret holder kameraet fast i objektet også selvom personen bukker sig ned.

Der er udført test med en skammel der bæres ind i hovedhøjde (ca. 180 cm), hvorved skamlen i første omgang også registreres som en person. Når skamlen sættes på gulvet bibeholder Xovis PC2 objekt ID på skamlen i omegnen af 15 sekunder, hvorefter Xovis PC2 ikke længere tracker objektet. Det skyldes formentlig at objektet står helt stille. Der er efterfølgende lavet forsøg hvor en person sætter sig på en stol og sidder helt stille, hvorved Xovis PC2 også ophører

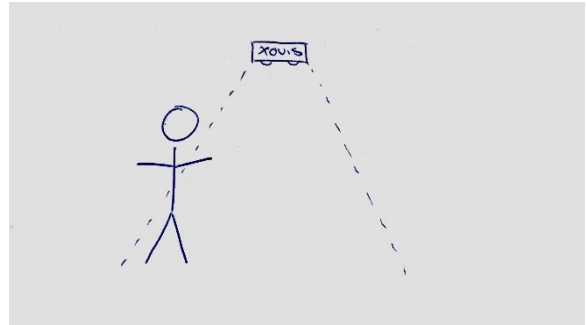
tracking af personen efter samme tidsperiode. Dog genoptages tracking igen når personen rejser sig. Det var også muligt at genregistrere den tidligere nævnte skammel som person, hvis den blev løftet op i hovedhøjde.

13.2.6 Test af dækningsområde

Ved test af dækningsområdet, er persontælleren monteret mellem 285-290 cm. Unøjagtigheden med hensyn til højden skyldes at persontælleren er monteret på et relativt langt bræt, som bøjer en smule nedad. Monteringshøjden af persontælleren er målt ved stigen hvorpå brættet til persontælleren er monteret på.

Herefter er en testperson på 180 cm gået rundt i det område, som ses gennem persontællers kamera og som er afbildet på online softwaren. Området er herefter blevet markeret ud fra hvornår persontælleren ophører med at registrere personen.

Dækningsområdet kan øges en anelse med lavere personer og bliver ligeledes mindre hvis personerne er over 180 cm. Figur 13.2.6 illustrerer hvorledes højden af personer har indflydelse på dækningsområdet. Det konkluderes, at det oplyste dækningsområde fra fabrikanten stemmer godt overens med dækningsområdet fundet gennem tests, så længe testpersonens højde er omkring 180 cm.



Figur 13.2.6 Principtegningen hvor det illustreres hvorledes højden på en person, har indflydelse på dækningsområdet.

13.2.7 Navngivning af oprettede zoner og linjer i Xovis online software

Målsætningen er at gøre oprettelse og ændringer af zoner og linjer, så problemfri som mulig. Det er nødvendigt, at hver zone og hver tællerstreg har unikt ID for at kunne lave intelligent styring af LAF-bænke og stinkskebe. Der vil blive sat flere sensorer op i forskellige lokaler og på den måde vil oprettede zoner og tællerlinjer bliver fordelt over flere sensorer. Problematikken er at brugeren, der opretter zoner og linjer på en sensor ikke umiddelbart ved hvilke zoner og linjer som er oprettet på en anden sensor. Dette er fordi der kun kan logges ind på en sensor af gangen og der her kun vises zoner og linjer for netop denne sensor. Et skærmbillede af hvad brugeren ser i forhold til oprettede zoner og linjer kan ses på Figur 13.2.7 indrammet i rød firkant.



Figur 13.2.7 Zoner og linjer er indrammet i rød firkant, som kan ses for den enkelte sensor, som brugeren er logget ind på.

For at brugeren kan oprette zoner og linjer uden at skulle bekymre sig om at oprette et zoneID eller linjeID, som allerede er oprettet via en anden sensor skal navngivningen af zoner og linjer indeholde informationer om lokalet sensoren er monteret i, og et unikt zone- eller stregnummer.

Når der oprettes en ny zone eller en tællerstreg skal brugeren på sit skærmbillede kunne se hvilken tællerstreg og områder, som allerede er oprettet på netop denne sensor. Formatet for zoner og tællerlinjer bør være i formatet "LokaleID:ZoneID" eller "LokaleID:LinjeID" for præcist at angive hvilken zone eller linje der oprettes.

13.2.8 Tekniske data

De tekniske data for den anvendte sensor er vist nedenstående.

Working principle	3D stereo vision distance measurement
Size (LxWxH)	PC2/PC2R: 13.0 x 9.4 x 3.0 cm
PC3:	34.5 x 6.7 x 3.7 cm
Weight	PC2: 350gr / PC2R:330gr
PC3:	750gr
Installation angle	+/- 15° in x-axis and +/-5° in y-axis
Operation temperature	0...45 °C without PA-PC2-OH / -25...60°C with PA-PC2-OH (only PC2)
Storage temperature	-20°...70°
Air humidity	20...80%
Connection	RJ-45 Ethernet
Power supply	PoE Class 0 (IEEE 802.3af)
Power consumption	< 6W
Required illumination	min. 2 lux
Data storage	> 120 days
Max. people tracking	> 400 people simultaneously
Mounting height	PC2/PC2R: up to 6m
PC3:	up to 20m