



KAMERABASERET OVERVÅGNING AF INSEKTER PÅ GRØNNE BYTAGE

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 371

2020



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

KAMERABASERET OVERVÅGNING AF INSEKTER PÅ GRØNNE BYTAGE

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 371

2020

Toke T. Høye^{1,2}
Hjalte M.R. Mann^{1,2}
Kim Bjerger³

Aarhus Universitet

¹ Institut for Bioscience

² Arctic Research Centre

³ Ingeniørhøjskolen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 371
Titel:	Kamerabaseret overvågning af insekter på grønne bytage
Forfattere:	Toke T. Høye ^{1,2} , Hjalte M.R. Mann ^{1,2} & Kim Bjerger ³
Institutioner:	Aarhus Universitet, ¹ Institut for Bioscience og ² Arctic Research Centre & ³ Ingeniørhøjskolen
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	April 2020
Redaktion afsluttet:	Marts 2020
Faglig kommentering:	Yoko L. Dupont
Kvalitetssikring, DCE:	Jesper R. Fredshavn
Ekstern kommentering:	Rapporten har ikke været til ekstern kommentering
Finansiel støtte:	EU strukturfonde gennem Cirkulære byggeløsninger, Innovationspuljen for mindre virksomheder i Region Midtjylland
Bedes citeret:	Høye, T.T., Mann, H.M.R. & Bjerger, K. 2020. Kamerabaseret overvågning af insekter på grønne bytage. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 18 s. - Videnskabelig rapport nr. 371. http://dce2.au.dk/pub/SR371.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	I sommeren 2019 blev der gennemført et studie af insekter på et grønt bytag i Aarhus midtby, samtidig med at et forsøg med automatiseret insektovervågning blev udviklet og afprøvet. Det var især blomsterbesøgende insekter, der blev undersøgt ved tre forskellige metoder. Der blev foretaget direkte observation af insekter på solrige dage, der blev indsamlet insekter i blå, gule, og hvide fangbakker, og der blev optaget billeder af blomster og insekter med fastmonterede kameraer placeret umiddelbart over planterne. Billedudsnit af honningbi, og enkelte arter af humlebier og svirrefluer samt syvpletet mariehøne fra et udvalg af billederne blev brugt til at træne et neuralt netværk til genkendelse af disse arter i det samlede billedmateriale. Herved blev der fundet >100.000 insekter i samlet ca. 2.500.000 billeder. Der var bemærkelsesværdig høj frekvens af insekter på billederne. Omtrent halvdelen af insekterne var honningbier, mens resten fortrinsvis var andre blomsterbesøgende insekter. Undersøgelsen viser, at blomsterressourcer (pollen og nektar) fra grønne bytage udgør en ressource for vilde bestøvere. Undersøgelsens resultater peger også på, at kamerabaseret overvågning af insekter har et stort potentiale i naturovervågningen.
Summary:	During the summer of 2019, we studied insects on a green roof in the city centre of Aarhus, Denmark and developed and tested a system for automated monitoring of insects. In particular, flower visitors were studied by three different methods; by direct observations of insects on sunny days, by collection in blue, yellow, and white pan traps, and by recording images of flowers and insects with cameras mounted right above the flowers of the green roof. Crops of honeybee, a few species of bumblebees and hoverflies, as well as seven-spot ladybird from a subset of the images were used to train a deep neural network for detection of these species in the entire collection of images. In this way, >100,000 insects were found among the 2,500,000 images recorded. We found a remarkably high frequency of insects in the images. About half of the insects in the images were honeybees, whereas the other half was mostly flower-visiting insects. Our study shows that flower resources (pollen and nectar) from green roofs makes up a resource for wild pollinators. The results also demonstrate that image-based monitoring of insects has a large potential in ecological monitoring.
Emneord:	Bestøvere, Byøkologi, Computer vision, Deep learning, Grønne bytage
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Kim Bjerger
ISBN:	978-87-7156-481-5
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	18
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR371.pdf
Supplerende oplysninger:	Revideret 29. april 2020. I den reviderede version af rapporten er figur 6 opdateret, så kun de relevante observationer vises.

Indhold

1	Baggrund	5
2	Metoder	6
2.1	Artsliste	6
2.2	Direkte observation	6
2.3	Indsamling af blomsterbesøgende insekter med fangbakker	6
2.4	Automatiseret fotobaseret overvågning	6
2.5	Annotering af billedmateriale	8
2.6	Træning af neurale netværk	8
3	Resultater	11
3.1	Direkte observation	11
3.2	Indsamling af insekter med fangbakker	11
3.3	Fotobaseret overvågning	11
4	Diskussion	16
	Tak	17
5	Referencer	18

1 Baggrund

Grønne tage giver en række gevinster i relation til regnvand, varme og levetid på tagflader og er populære på grund af deres æstetiske værdier (Getter and Rowe 2006). Det er dog mindre klart, hvilke biodiversitetsgevinster der er for insekter ved grønne tage (Williams et al. 2014). Nogle undersøgelser peger på at særligt generalister bliver fundet på grønne tage (Madre et al. 2013), mens der også er undersøgelser der peger på at truede arter kan drage fordel af grønne bytage, men generelt mangler der viden på området (Hofmann and Renner 2018, Filazzola et al. 2019).

I sommeren 2019 gennemførte Aarhus Universitet en undersøgelse af insekter på en af de mest almindelige typer af grønne tage - et sedumtag i samarbejde med Møller og Grønborg, Buus anlægsgartner og Nature Impact. Sedumtaget blev etableret i maj 2019 på taget af Mindegade 13, 8000 Aarhus C nær havnen i Aarhus midtby. Undersøgelsen bestod af tre elementer. Hovedelementet var overvågning af insekter på sedumtaget ved hjælp af ti kameraer etableret i forskellig afstand fra overfladen af sedumtaget. Desuden blev der på udvalgte datoer foretaget direkte observation af insekter på sedumtaget. Endelig blev der indsamlet insekter fanget i fangbakker malet i tre forskellige farver. Resultater af undersøgelsens elementer præsenteres herunder.

2 Metoder

2.1 Artsliste

Sedumtaget er af typen standard fra firmaet Nature Impact og består af 13 arter af sedum: *Sedum acre* 'Green', *Sedum reflexum*, *Sedum selskianum*, *Sedum kamtschaticum*, *Sedum floriferum* 'Weihenstephaner Gold', *Sedum spurium* 'Summer Glory', *Sedum spurium* 'Purpureum', *Sedum spurium* 'Album Superbum', *Sedum album* 'Purpureum', *Sedum album* 'Coral Carpet', *Sedum album* 'Athoum', *Sedum album* 'Small Mint Pearl', *Sedum organum*. Arterne blomstrer på forskellige tider, så der løbende er udsprungne blomster fra slutningen af maj til september.

2.2 Direkte observation

Der blev foretaget direkte observation af blomsterbesøgende insekter på sedumtaget på syv forskellige dage med godt vejr gennem hele blomstringssæsonen (Tabel 1). Der blev observeret på hele arealet på udsprungne blomster

Tabel 1. Oversigt over datoer, vejrforhold og antal arter af bestøvere registreret ved direkte observation på taget på syv dage med godt vejr gennem sæsonen.

Dato	Tidsrum	Vejr	Bestøverarter
12/06/2019	13.00-13.45	Solrigt og vindstille. Varmt	0
14/06/2019	14.00-14.30	Sol med få skyer, også rimeligt vindstille. Varmt	8
17/06/2019	13.20-13.50	Varmt, sol og skyer/lidt blæsende	8
29/07/2019	15.00-15.55	Meget varmt, mange skyer	1
12/08/2019	15.50-16.30	Jævn brise, let køligt og moderat overskyet	4
27/08/2019	15.20-15.45	Meget mild brise, delvist overskyet, varmt	2
18/09/2019	16.30-16.50	Let køligt, let brise, sol, let skyet	2

2.3 Indsamling af blomsterbesøgende insekter med fangbakker

Der blev indsamlet insekter i fangbakker malet i en af tre forskellige farver (gul, hvid eller blå) for at maksimere fangsten af dyr, der tiltrækkes af forskellige farver. Fangbakkerne blev fyldt halvt op med en blanding af vand og rodalon. Alle indsamlede bestøvere blev efterfølgende artsbestemt i laboratoriet.

2.4 Automatiseret fotobaseret overvågning

Fem kontrolenheder hver bestående af en Raspberry Pi 3 Model B+ minicomputer, en USB hub samt en harddisk blev monteret i en vandtæt Fibox kasse og forsynet med strøm fra elnettet via en 12V konverter. To Logitech C923 webkameraer blev forbundet til hver kontrolenhed. Kameraerne blev monteret bag en glasplade med lavt kulindhold i hver sin vandtætte Fibox kasse. Hver kontrolenhed samt de to tilhørende kameraer blev monteret på hvert sit stålstativ og placeret over sedumtaget med kameraerne monteret så de pegede ned mod overfladen af sedumtaget og uden overlap mellem de enkelte kameraers søgebillede (Figur 1). Efter indledende tests, før monitoringen startede blev afstanden fra kamera til sedumtaget sat til ca. 24 cm på fire kameraer. Disse kameraer filmede et udsnit på $22\text{ cm} \times 35\text{ cm} = 770\text{ cm}^2$. De resterende seks kameraer blev indstillet med en afstand fra kamera til sedumtaget på ca. 32 cm. Disse kameraer

filmede således et udsnit på $27\text{ cm} \times 42\text{ cm} = 1242\text{ cm}^2$. I alt dækkede kameraerne et areal på ca. $1,05\text{ m}^2$.



Figur 1. Systemets komponenter med Raspberry Pi, harddisk, USB hub i en kasse og webkamera i en anden kasse, samt et oversigtsbillede af kameraer og kontrolenheder på sedumtaget.

Der var tekniske vanskeligheder i starten af perioden, hvor det blev forsøgt at have en intelligent optagefunktion baseret på beregning af bevægelse, der kunne indikere et insektbesøg. Det ville kræve en del yderligere udviklingsarbejde at få en brugbar løsning for en intelligent optagefunktion. Følsomheden skal justeres, så der ikke tages billeder, når enkelte plantedele bevæger sig, og omvendt ikke kun registreres store insekter som humlebier og sommerfugle. Alle billeder som denne undersøgelse baserer sig på, er derfor optaget med et fast tidsinterval på 30 sekunder i undersøgelsesperioden (24. juni 2019 til 30. september 2019). Desuden var opløsningen på billederne ikke tilstrækkelig, så kameraerne blev flyttet tættere på overfladen af sedumtaget som beskrevet ovenfor. Kameraerne kørte hele døgnet, men billederne fra nætterne er ikke anvendt, da de er uden blitz.

2.5 Annotering af billedmateriale

Et udvalg af billeder fra de forskellige kameraer blev manuelt annoteret for forekomst af seks arter / artskomplekser. Det drejede sig om almindelig marksvirreflue (*Eupeodes corolla*), dobbeltbåndet svirreflue (*Episyrphus balteatus*), lys/mørk jordhumle (*Bombus terrestris/lucorum*), stenhumle (*Bombus lapidarius*), honningbi (*Apis mellifera*) og syvplettet mariehøne (*Coccinella septempunctata*). Samlet blev der således manuelt annoteret 4501 billeder fordelt på de forskellige insekter (Tabel 2).

Tabel 2. Antal annoteringer af de forskellige insektarter brugt til træning og test af det neurale netværk Yolo3.

Insektart	Træning	Test
Syvplettet mariehøne	370	97
Honningbi	1585	266
Stenhumle	302	50
Lys/mørk jordhumle	430	84
Dobbeltbåndet svirreflue	1115	80
Almindelig marksvirreflue	699	169
Total	4501	746

2.6 Træning af neurale netværk

Vi har arbejdet med 22 forskellige konfigurationer af det neurale netværk YOLO3 (Redmon et al. 2016, Redmon and Farhadi 2018). Dette netværk er særligt fremhævet som et meget effektivt netværk, der kan foretage meget hurtige forudsigelser og med ganske høj nøjagtighed (precision og recall, se herunder). Særligt afprøvede vi betydningen af nedskalering af størrelsen på billederne fra kameraerne. Herudover justerede vi parametrene for træning af YOLO3 netværket til at arbejde med seks klasser (arter). Antallet af træningsgennemløb havde en stor betydning for at opnå en god model til detektion af de seks arter. Der skulle rigtig mange gennemløb til at træne netværket, her fandt vi at ca. 22.000 gennemløb var et godt valg, hvor netværket har opnået et stabilt niveau med minimal fejl (Loss function). Hvis man bruger en for stor værdi, kan netværket blive overtrænet, og dermed ikke være så god til at genkende billeder af individer af samme art, som det ikke har set før. Træning af netværket med seks klasser tog ca. 72 timer per konfiguration, i alt er der brugt ca. 66 døgn beregninger på træning af alle konfigurationer.



Figur 2. Eksempler på billeder taget med kameraerne på sedumtaget.

Når netværket har fundet et insekt beregner det en såkaldt konfidensværdi, der er et mål for hvor sikker modellen er på sin forudsigtelse (0–100%). Efter træning testes netværket på et sæt billeder, der ikke har været en del af træningssættet, men som er manuelt annoteret. Hermed kan beregnes precision og recall for modellen, værdier der kvantificerer modellens kvalitet. Precision fortæller, hvor stor andelen af korrekte klassifikationer netværket har fundet. Har netværket fejlklassificeret et område i et billede som en bestøver, betragtes klassifikationen som en falsk positiv. Recall fortæller hvor mange procent af de manuelle annoteringerne, som netværket har fundet. Har netværket ikke fundet en bestøver, betragtes dette som en falsk negativ. Der er fastsat en

grænseværdi for hver klasse, som er justeret så recall og precision bliver tilnærmelsesvis ens, hvilket betyder, at der er lige så mange insekter modellen ikke finder (falske negative), som den finder områder, der ikke indeholder insekter (falske positive). Resultatet af denne strategi er, at netværket finder ca. det samme antal insekter som blev fundet med manuelle annoteringer. Efter optimering og træning af netværket, er det blevet testet om det kan klassificere de seks insektarter korrekt. Her bruges annoteringer som netværket aldrig har set før – et såkaldt testdatasæt.

3 Resultater

3.1 Direkte observation

Følgende insektarter blev observeret på sedumtaget i forbindelse med syv besøgssunder af 20-40 minutters varighed: tidselsommerfugl (*Vanessa cardui*), lille kålsommerfugl (*Pieris rapae*), dobbeltbåndet svirreflue (*Episyrphus balteatus*), almindelig marksvirreflue (*Eupeodes corollae*), måneplettet marksvirreflue (*Eupeodes luniger*), en art maskebi (*Hylaeus*), en art smalvejbi (*Lasioglossum*), havevægbi (*Anthophora quadrimaculata*), lys/mørk jordhumle inkl. dronning af lys jordhumle (*Bombus terrestris/lucorum*), hushumle (*Bombus hypnorum*) og stenhumle (*Bombus lapidarius*). Syvplettet mariehøne (*Coccinella septempunctata*), skakbræt (*Propylea quatuordecimpunctata*), en art af bladbillen, en art af spyflueslægten *Lucilia*, og en art af kålmøl. Langt hovedparten af de observerede insekter fungerer som bestøvere.

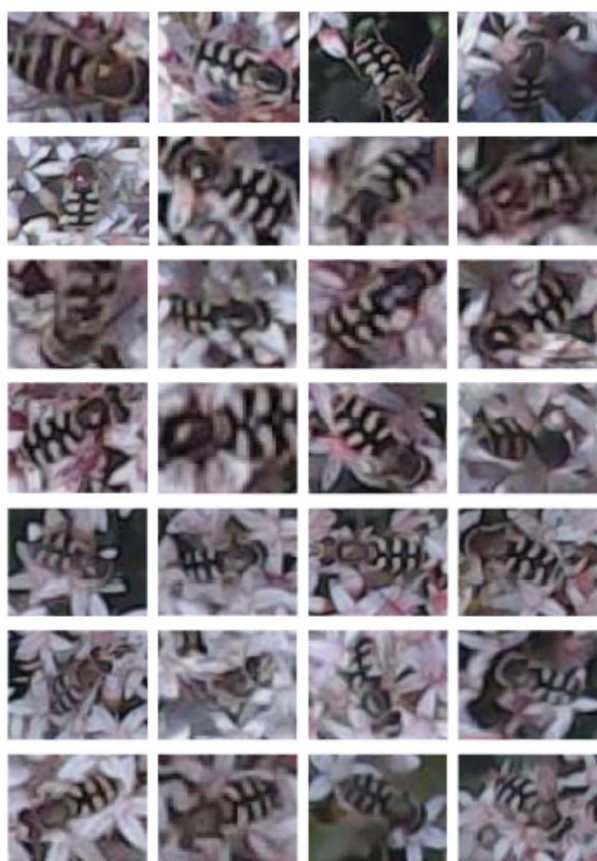
3.2 Indsamling af insekter med fangbakker

Der var generelt meget få individer af bestøvere i fangbakkerne. På tværs af ni indsamlingsrunder blev der i alt indsamlet otte honningbier, ti individer af almindelig marksvirreflue og en tidselsommerfugl. Det blev observeret at Rodalon delvist opløste den maling, der blev brugt.

3.3 Fotobaseret overvågning

I løbet af undersøgelsesperioden blev der i alt optaget 2,5 millioner billeder fra de ti kameraer. Det optimerede neurale netværk fandt mere end 127.171 regioner i billederne, som kunne være insekter. Eksempler på disse regioner er præsenteret i Figur 3. Regionerne blev af netværket vurderet som honningbi (52%), dobbeltbåndet svirreflue (5%), almindelig marksvirreflue (8%), lys/mørk jordhumle (5%), stenhumle (6%) og syvplettet mariehøne (25%). Det betyder at der blev registeret >65000 billeder af honningbier, men også næsten 30.000 billeder af vilde insekter gennem ca. 100 dage på et areal af sedumtaget svarende til ca. 1m².

Som et mål for hvor sikre disse estimater er, har vi beregnet precision og recall på baggrund af test data (Tabel 3). Netværket har nemmest ved at finde arter af bier og syvplettet mariehøne (mere end 77% af alle dyr fundet i billederne, recall værdier i Tabel 3) og sværest ved at finde svirrefluer. Netværket finder mellem 49–59% af de manuelle annoteringer af svirrefluer (recall værdier i Tabel 3). Af de individer netværket finder af honningbi og dobbeltbåndet svirreflue er det henholdsvis 71% og 72% som er korrekte. For andre arter er netværket endnu bedre til at bestemme den rigtige art (Tabel 3). Der hvor adskillelsen af arter er vanskelig for netværket, er særligt mellem sten- og jordhumle. Der er også nogle individer af almindelig marksvirreflue, som bliver bestemt som honningbi (Tabel 4). Sammenhængen mellem hvilken art der var på billederne og hvad netværket vurderede der var på hvert billedede i test datasættet er angivet i Tabel 4.



Figur 3. Eksempler på dyr af de forskellige arter taget med kameraerne på sedumtaget (Almindelig marksvirreflue, dobbeltbåndet virreflue, honningbi og lys/mørk jordhumle samt stenhumle).

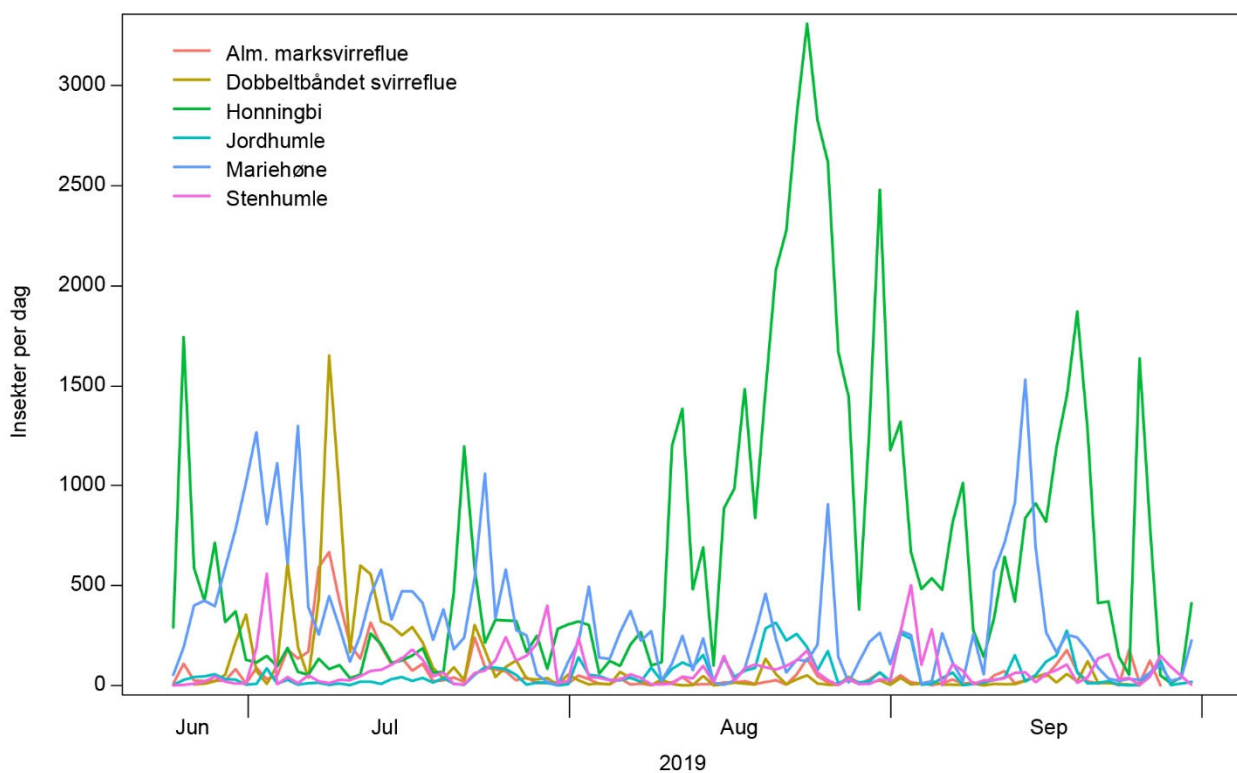
Tabel 3. For hver art er den valgte grænseværdi for konfidensscoren angivet. Denne grænseværdi angiver om et givet billede betragtes som et billede af den pågældende art. Endvidere er precision og recall angivet baseret på testdatasættet for hver art, og som et gennemsnit på tværs af arter.

Insektart	Grænseværdi	Precision	Recall
Syvplettet mariehøne	30	89	86
Honningbi	44	71	77
Stenhumle	35	83	80
Lys/mørk jordhumle	22	92	79
Dobbeltbåndet svirreflue	32	72	59
Alm. marksvirreflue	17	87	49
Gennemsnit	-	82,3	71,7

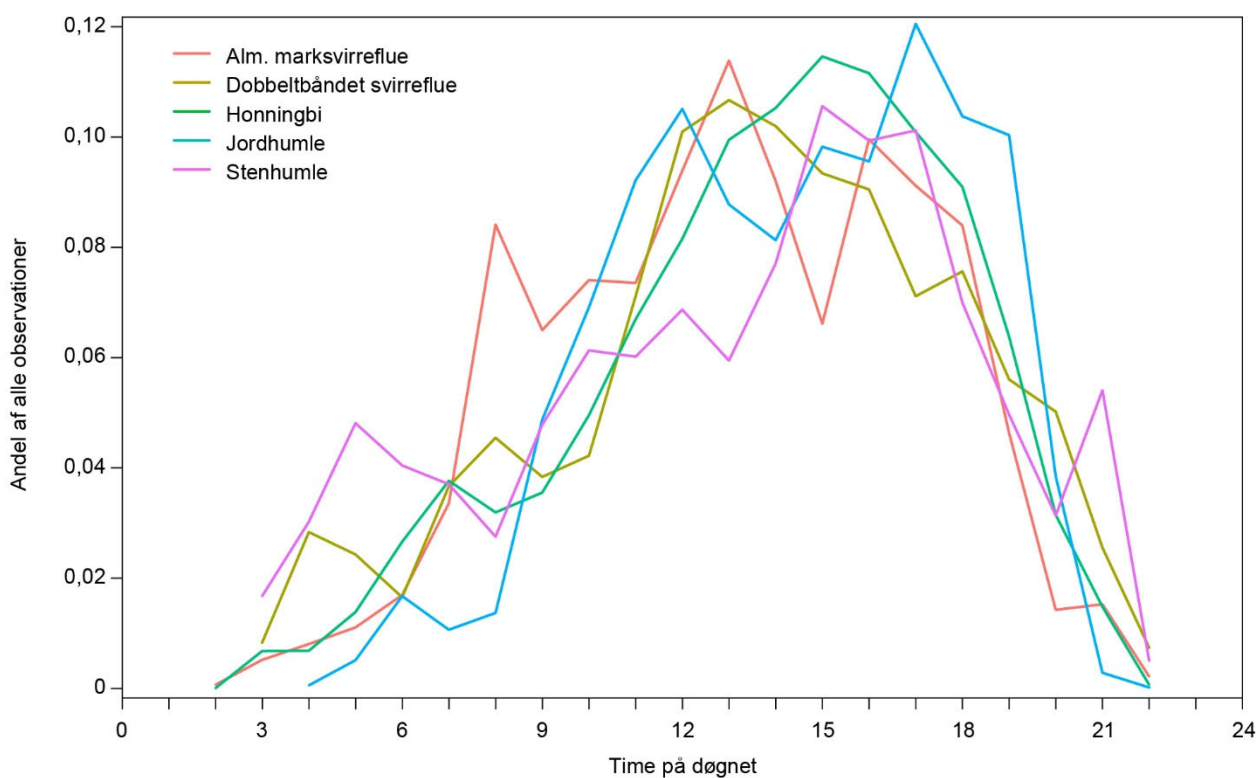
Tabel 4. Confusion matrix der angiver hvor mange annoteringer af hver insektart, som blev klassificeret til de samme eller andre arter eller overhovedet ikke blev fundet af det neurale netværk.

Billeder af insekter i testdata	Falske	0	10	113	12	15	34	27
	Syvplettet mariehøne	14	83					
	Honningbi	61		205				
	Stenhumle	13			35	2		
	Jordhumle	18			14	52		
	Dobbeltbåndet svirreflue	53					27	
	Almindelig svirreflue	111		4			12	42
		Ikke fundet	Syvplettet mariehøne	Honningbi	Stenhumle	Jordhumle	Dobbeltbåndet svirreflue	Almindelig svirreflue
Insekter prædikeret af netværk								

Der er en tydelig sæsondynamik i forekomsten af de forskellige insekter (Figur 4). Særligt ser det ud til at vilde bestøvere dominerer i første halvdel af sæsonen, mens honningbierne er særdeles talrige i august måned. Vi finder ikke væsentlige forskelle i døgnvariationen i aktivitetsmønsteret for de forskellige arter (Figur 5). Det ser dog ud til, at bestøvere udviser forskelle i præferencer for de forskellige plantearter, når man sammenligner punktsværmene med billedet af de forskellige blomsters fordeling (Figur 6). Særligt ser det ud til at humlebieerne er selektive med hvor de opholder sig, og der er områder, hvor f.eks. dobbeltbåndet svirreflue er talrig, og hvor humlebieerne stort set aldrig er observeret (Figur 6).

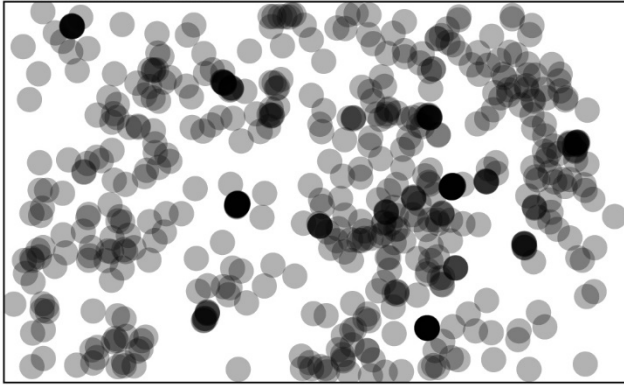


Figur 4. Sæsonvariation af de forskellige insektarter detekteret med kameraerne.

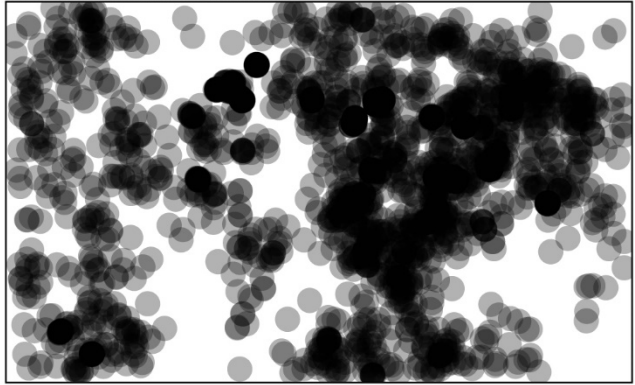


Figur 5. Døgnvariation af de forskellige arter af bestøvere detekteret for alle ti kameraer.

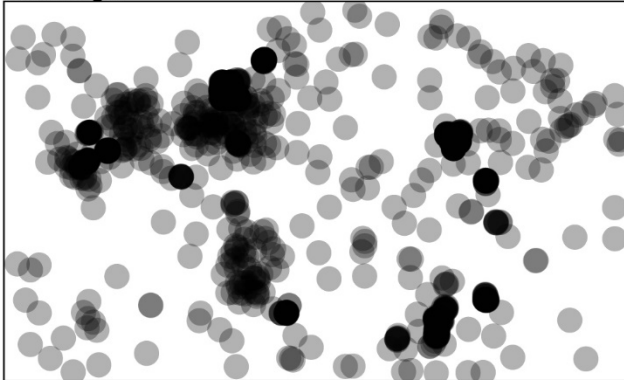
Alm. marksvirreflue



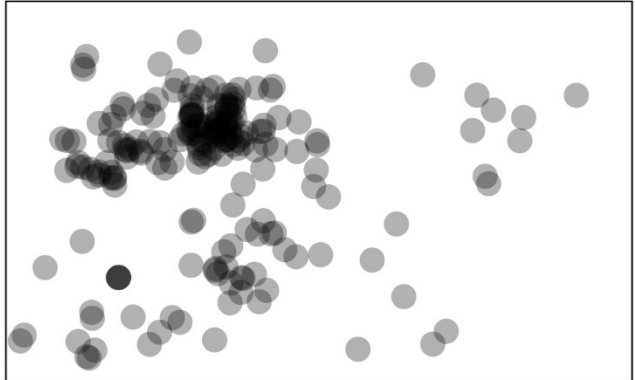
Dobbeltbåndet svirreflue



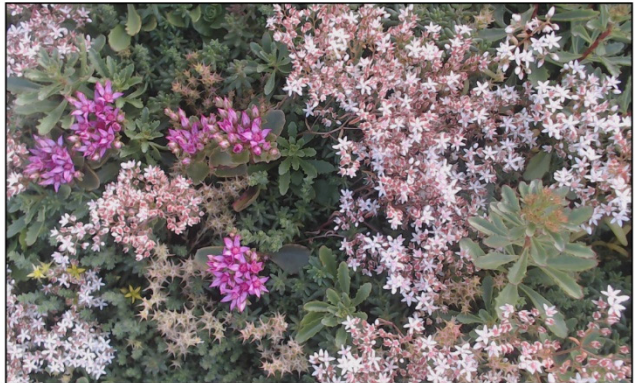
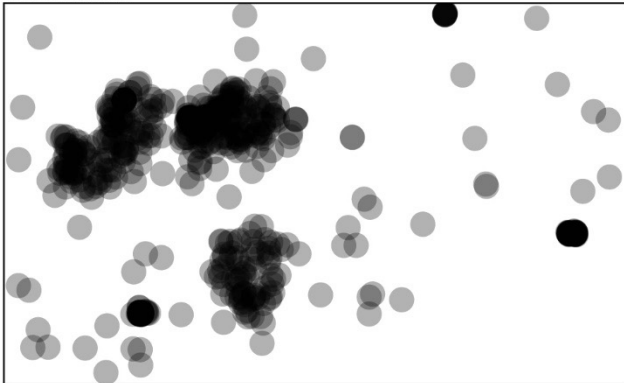
Honningbi



Jordhumle



Stenhumle



Figur 6. Fordeling af de fem arter (der er ikke skelnet mellem lys og mørk jordhumle) af bestøvere indenfor kameraets synsfelt for et udvalgt kamera i juli måned. Hver prik angiver centroiden af det rektangel, som det neurale netværk har forudsagt, at der findes et individ af den pågældende art på. Der er også et panel fra kameraet, optaget d. 14. juli. Figuren illustrerer, at de forskellige arter ikke opholder sig de samme steder på sedumtaget.

4 Diskussion

Vi har fundet et overraskende stort antal insekter i billederne fra sedumtaget. Hovedparten af observationerne var af honningbi, men også et stort antal vilde bestøvere såsom svirrefluer og humlebier blev observeret gennem hele sæsonen. Sedumtaget er placeret i et område med meget få grønne områder, og det er tydeligt at blomsterne udgjorde en ressource for blomsterbesøgende insekter. Der var perioder i sæsonen, hvor tætheden af vilde bestøvere var særligt stor, og disse perioder varierede mellem insektarterne og tyder på at nektar og pollenressourcer som sedumtaget tilbyder er til gavn for vilde bestøvere over en lang periode af sommeren.

Der er ikke mange studier i litteraturen af kamerabaseret overvågning af bestøvere, og de fleste har fokuseret mest på at beskrive løsninger på de metodiske udfordringer (Steen 2017) eller på at beskrive perspektiverne (Pegoraro et al. 2020). Der er dog ingen tvivl om at den metode vi har brugt i dette studie er effektiv til at overvåge bestøvere på blomsterplanter med >100.000 billeder af insekter taget på et lille areal på ca. 1m². Vi kan naturligvis ikke udelukke at de samme individer er blevet fotograferet flere gange, og det kræver mere forskning at kunne udtale sig om tætheden af bestøvere og præferencen for bestemte plantearter.

Det er ikke alle forudsigelser fra det neurale netværk, som var insekter, og nogle billeder var af andre insektarter end det netværket forudsagde. Vi trænede netværket på seks forskellige arter, men ved manuelt gennemsyn af et udvalg af de 2,5 millioner billeder, har vi også observeret andre insekter såsom dagsommerfugle og andre arter af svirrefluer og mariehøner. Det er muligt at en grundig evaluering af hvilke arter der findes på de >100.000 forudsigelser fra netværket vil skabe mulighed for at træne et netværk, der kan finde et større antal insekter og med forbedret precision og recall.

Der er også tegn på at nogle insektarter er underrepræsenterede og andre er overrepræsenterede i forudsigelserne fra det neurale netværk. Som eksempel er der mange flere falske negative end falske positive for svirrefluerne (fire gange flere for almindelig marksvirreflue). Omvendt er der næsten dobbelte så mange falske positive som falske negative for honningbi. Det kan tyde på at antallet af svirrefluer på taget undervurderes og at antallet af honningbier overvurderes.

Der er stort potentiale for at bruge kamerabaseret overvågning af bestøvere i fremtiden. Både direkte observation og fangst med fangbakker gav begrænset information til trods for et relativt stort tidsforbrug. Det var kun ved hjælp af kameraerne at det blev muligt at se på forekomsten af vilde bestøvere gennem en lang sammenhængende periode og undersøge forskellen i døgnvariation mellem de enkelte insektarter. De direkte observationer af insekter på det grønne bytag, foretaget af en person med stor erfaring i bestemmelse af bestøvere, bekræftede også, at de arter som var hyppige på billederne taget af kameraerne fortrinsvis var almindelige og vidtudbredte insektarter. Det er dog et åbent spørgsmål, om et lignende tag installeret tættere på artsrige naturarealer vil kunne være til gavn for en langt mere artsrig insektfauna.

Tak

En stor tak skal gå til Maria Rasmussen for hjælp med at tømme fangbakker, til Sean Bek for hjælp med insektbestemmelse og direkte observation af insekter på taget. Ligeledes er vi meget taknemlige for hjælp med konstruktion og installation af kamerasystemerne fra Claus Lunde Pedersen, Jakob Bonde Nielsen og Martin Videbæk Sepstrup.

5 Referencer

Filazzola, A., N. Shrestha, and J. S. MacIvor. 2019. The contribution of constructed green infrastructure to urban biodiversity: A synthesis and meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 56:2131-2143.

Getter, K. L., and D. B. Rowe. 2006. The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience* 41:1276-1285.

Hofmann, M. M., and S. S. Renner. 2018. Bee species recorded between 1992 and 2017 from green roofs in Asia, Europe, and North America, with key characteristics and open research questions. *Apidologie* 49:307-313.

Madre, F., A. Vergnes, N. Machon, and P. Clergeau. 2013. A comparison of 3 types of green roof as habitats for arthropods. *Ecological Engineering* 57:109-117.

Pegoraro, L., O. Hidalgo, I. J. Leitch, J. Pellicer, and S. E. Barlow. 2020. Automated video monitoring of insect pollinators in the field. *Emerging Topics in Life Sciences*. ETL20190074. doi: 10.1042/ETLS20190074

Redmon, J., S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi. 2016. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. Pages 779-788 in 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).

Redmon, J., and A. Farhadi. 2018. YOLOv3: An Incremental Improvement. *ArXiv*: 1804.02767.

Steen, R. 2017. Diel activity, frequency and visit duration of pollinators in focal plants: in situ automatic camera monitoring and data processing. *Methods in Ecology and Evolution* 8:203-213.

Williams, N. S. G., J. Lundholm, and J. Scott MacIvor. 2014. FORUM: Do green roofs help urban biodiversity conservation? *Journal of Applied Ecology* 51:1643-1649.

[Tom side]

KAMERABASERET OVERVÅGNING AF INSEKTER PÅ GRØNNE BYTAGE

I sommeren 2019 blev der gennemført et studie af insekter på et grønt bytag i Aarhus midtby, samtidig med at et forsøg med automatiseret insektovervågning blev udviklet og afprøvet. Det var især blomsterbesøgende insekter, der blev undersøgt ved tre forskellige metoder. Der blev foretaget direkte observation af insekter på solrige dage, der blev indsamlet insekter i blå, gule, og hvide fangbakker, og der blev optaget billeder af blomster og insekter med fastmonterede kameraer placeret umiddelbart over planterne. Billedudsnit af honningbi, og enkelte arter af humlebier og svirrefluer samt syvplettet mariehøne fra et udvalg af billederne blev brugt til at træne et neuralt netværk til genkendelse af disse arter i det samlede billedmateriale. Herved blev der fundet >100.000 insekter i samlet ca. 2.500.000 billeder. Der var bemærkelsesværdig høj frekvens af insekter på billederne. Omtrent halvdelen af insekterne var honningbier, mens resten fortrinsvis var andre blomsterbesøgende insekter. Undersøgelsen viser, at blomsterressourcer (pollen og nektar) fra grønne bytage udgør en ressource for vilde bestøvere. Undersøgelsens resultater peger også på, at kamerabaseret overvågning af insekter har et stort potentiale i naturovervågningen.