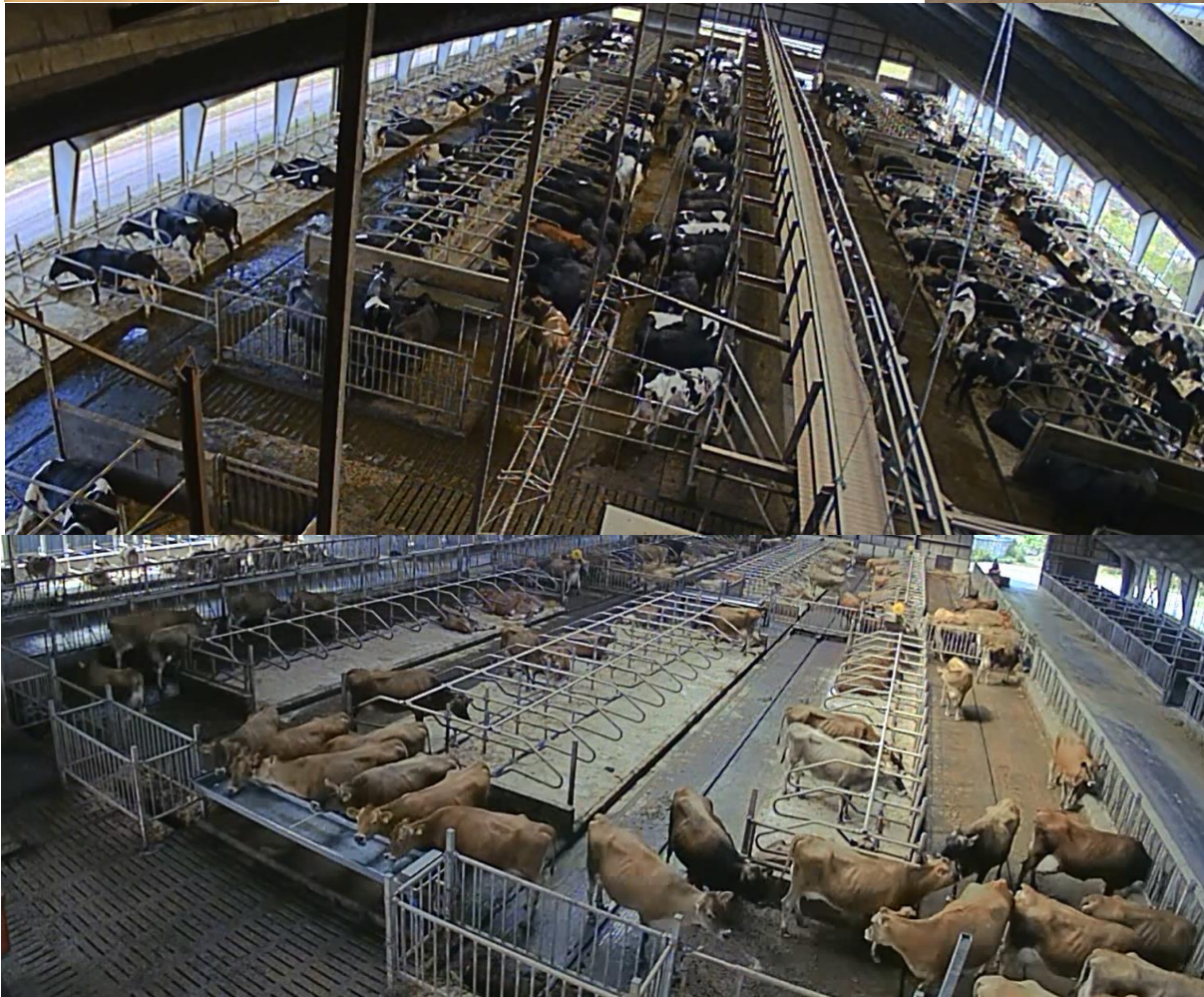


Udvikling af sammensat aktivitetsmåling og identifikation hos malkekvæg



Videoovervågning af kvæg i kombination med UHF teknologi



Lavet af:
Nikolaj G. Thomsen
LandboNord

Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



Se EU-Kommissionen, Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne



Indhold

Formål	3
Udførelse	4
Teknisk løsning af videoovervågning i kø-stalde	4
Teknologiske løsninger på analyse af videoptagelser fra kvæg-stalde	4
Resultater og beregninger	6
Videoanalyse af forskellige kvægstalde med forskellige systemer	6
Illustration af analyser	14
Diskussion.....	15
Konklusion	16
Bilag 1	17



Formål

At teste hvordan VideoAnalyse af køer kan kobles sammen med registreringer fra UHF-øremærker, så observation af adfærd og positionering af køerne kan kobles ned på enkeltdyrniveau - som er en del af projektet *"Udvikling af sammensat aktivitetsmåling og identifikation hos malkekvæg"*.

Fig. delelementer skulle under afdækkes:

- Gennemgang af tekniske løsninger til at videoovervåge køer og stalde
- Gennemgang af mulig teknologi til at analysere videoptagelser
- Videoanalyser af forskellige køer og forskellige ko-stalde med forskellige systemer
- Afrapportering af resultater i forhold til tekniske muligheder for video-optagelse og kombinationsmuligheder i forhold til UHF-øremærker
- Udvikling af overskuelig analyse-illustration



Udførelse

Teknisk løsning af videoovervågning i ko-stalde

Vi har valgt flg. tekniske metode til at løse opgaven: Et video kamera som tager et billeder af stalden for hvert 2., 5. eller 10. sek., også kaldet "time-laps". Derved kan laves optagelser i perioder til op af en uge af gangen, afhængig af kamera og lagerkapacitet her på.

Personen som skal analysere datamaterialet, kan således nedbringe afspilningstiden til ca. 15 min. For at se et hel døgns optagelser, selvfølgelig afhængig af afspilningshastighed.



Figur 1 Kameratepe med funktionen "time-laps", monteret på et vinkelbeslag med en kraftig magnet bagpå. Herved let montering ude i staldene.

"Almindelig" videooptagelse vurderer vi ikke, som en bedre praktisk løsning, da den mængde data man ville få ekstra ved en kontinuerlig optagelse ikke ville bidrag med et væsentlig bedre datagrundlag. Køernes bevæger sig forholdsvis langsomt rundt i stalden.

Teknologiske løsninger på analyse af videooptagelser fra kvæg-stalde

Vi undersøgt flere mulige løsninger/valg af tekniske analyse.

Manuelle aflæsning af videooptagelse.

Her ses videoen igennem fra start til slut, og forudbestemmer et givet tidsinterval hvor der manuelt tælles hvor mange køer/kvier/kalve der f.eks. står ved foderbordet, står i gangarealerne og hvor mange køer der står/ligger i sengebåse.

For at afprøve denne teknik udvælges en video-optagelse hvor vi sammenligner resultaterne fra samme optagelse, blot optalt i to forskellige tidsintervaller,



som f.eks. 15 min. og 30 min. Derved vil vi søge at finde den mest praktiske/tidsbesparende løsning.

Fuld eller delvis automatisk aflæsning af videooptagelserne.

Til denne metode har vi søgt at udvikle en helt ny algoritme, som vil kunne aflæse hvor mange køer der er i et givet område af stalden, som f.eks. køer ved foderbordet og køer i gangarealerne. Denne algoritme vil være delvis automatisk, da den kræver nogle reference oplysninger, som skal optælles og indtastes manuelt.

Algoritme med oplysninger fra f.eks. UHF øremærker

Produkter som kan anvendes til positionering af køerne i staldene. Denne metode til positionering af kvæg, findes der i dag en række private firmaer som tilbyder. Dog har ingen af de adspurgte 3 firmaer/forsøgscentre ønsket at medvirke i dette projekt, da de følte at resultaterne fra vores projekt ville give konkurrence til deres egne færdig udviklede produkter. Derfor har vi ikke kunne afprøve denne metode i praksis. Tid og projektramme gav ikke mulighed herfor, da vi selv ville skulle udvikle vores eget positionerings produkt via UHF øremærker, via en triometrisk beregning for at finde de enkelte køer position i stalden. Dette ville være så tungt et arbejde at det gik ud over rammerne for dette projekt.

Derfor har vi begrænset os til at beskrive metoden, men ikke afprøve den i praksis.



Resultater og beregninger

Videoanalyse af forskellige kvægstalde med forskellige systemer

Manuel aflæsning af videooptagelser

I nærværende analyse, er lavet videoanalyse af 3 forskellige kvæg-stalde (benævnt Besætning 1, 2 og 3), alle af forskellig størrelse.

Besætning 1

150 Holstein køer i et hold, optaget med et enkelt kamera.

Besætning 2

135 Holstein køer i et hold, optaget med to kameraer.

Besætning 3

39 jersey køer i et hold, optaget med et enkelt kamera.

Besætning 1, 150 køer

Kørerne blev optalt for hver hele time - ud fra hvor mange køer der stod i henholdsvis sengebåse, gangarealer og ved foderbordet. Herudfra antages der at den resterende andel måtte ligge ned i sengebåsene.

Tidetal:	Observationer																							
	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
Køer ved foderbordet %	20%	13%	7%	7%	5%	0%	13%	53%	53%	20%	17%	7%	4%	11%	47%	53%	7%	33%	53%	53%	7%	13%	10%	10%
Køer i gange %	7%	7%	5%	13%	13%	50%	80%	13%	7%	7%	7%	17%	17%	18%	13%	7%	17%	67%	13%	13%	13%	7%	7%	7%
Stå-køer i senge %	10%	13%	13%	13%	13%	10%	0%	0%	7%	7%	13%	22%	13%	11%	17%	5%	13%	0%	13%	10%	13%	10%	13%	10%
Ligge-køer i senge %	63%	67%	75%	67%	69%	40%	7%	34%	33%	66%	63%	54%	66%	60%	23%	35%	63%	0%	21%	24%	67%	70%	70%	73%

Figur 2 Tabel over fordelingen af køer i stalden henover et døgn

Ud fra disse data, beregnes et gennemsnit af fordelingen af køer i stalden, hvorudfra vi kan beregne det antal timer kørerne i gennemsnit bruger på de 4 forskellige adfærds kategorier – se tabel 3.

Kørernes tidsforbrug i gns over døgnet	
Liggetid	12,1 timer
Tid ved foderbordet	5,2 timer
Stå-tid i gange	4,3 timer
Stå-tid i senge	2,5 timer

Figur 3 Gns. tidsforbrug ud fra optællingsdata

I tabel 3 ses at kørerne på videooptagelse har en beregnet gennemsnitlig liggetid på 12,1 time.

Besætning 2, 135 Holstein køer

Til denne analyse er optalt og beregnet på samme måde, som i Besætning 1. Dog med flere observationer, da der er optalt for hvert kvarter. For på den



måde at kunne afprøve, hvor stor en forskel det er på resultater af køernes tidsforbrug, i forhold til antal observationer.

Tidetal:	Observationer																							
	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Køer ved foderbordet %	17%	21%	13%	24%	22%	24%	10%	0%	0%	0%	0%	9%	30%	0%	4%	10%	17%	19%	13%	9%	64%	12%	10%	20%
Køer i gange %	7%	8%	19%	31%	76%	15%	13%	0%	0%	0%	0%	66%	70%	0%	4%	7%	9%	12%	10%	73%	25%	9%	4%	7%
Stå-køer i senge %	16%	17%	16%	20%	2%	8%	12%	0%	0%	0%	0%	21%	0%	0%	5%	12%	7%	14%	16%	11%	4%	8%	9%	17%
Ligge-køer i senge %	59%	54%	53%	25%	0%	53%	65%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	100%	86%	72%	67%	55%	61%	7%	7%	71%	78%	56%

Figur 4 Tabel over fordelingen af køer i stalden henover et døgn

Som i den foregående analyse er der anvendt samme fremgangsmåde til beregning af datasættet. Der er dog to perioder i løbet af videoen, hvor der er for mørkt til, at der kan laves brugbare observationer. Der er derfor lavet et gennemsnit af de tilgrænsende perioder, og videreført dette gennemsnit til de "mørke" perioder. Da vi har antaget at der ikke vil være en væsentlig afvigelse fra gennemsnittet mellem de lyse og mørke perioder.

Køernes tidsforbrug i gns over døgnet	
Liggetid	11,2 timer
Tid ved foderbordet	4,2 timer
Stå-tid i gange	6,0 timer
Stå-tid i senge	2,6 timer

Figur 5 Gns. tidsforbrug ud fra optællingsdata, med baggrund i 15 min. optællings intervaller.

I tabellen ovenfor ses der, at køerne på videooptagelse har en beregnet gennemsnitlig liggetid på 11,2 time, ved et optællings interval på 15 min. I tabellen nedenfor ses der en opgørelse, over samme videooptagelse, blot med 30 min. mellem observationerne, altså kun halv så mange observationer.

Køernes tidsforbrug i gns over døgnet	
Liggetid	11,3 timer
Tid ved foderbordet	4,1 timer
Stå-tid i gange	5,9 timer
Stå-tid i senge	2,6 timer

Figur 6 Gns. tidsforbrug ud fra optællingsdata, med baggrund i 30 min. optællings intervaller.

Køernes tidsforbrug i gns over døgnet	
Liggetid	11,0 timer
Tid ved foderbordet	4,4 timer
Stå-tid i gange	5,8 timer
Stå-tid i senge	2,7 timer

Figur 7 Gns. tidsforbrug ud fra optællingsdata, med baggrund i 60 min. optællings intervaller

Ud fra de 3 tabeller fremgår det, at selv ved at reducere antal observationer med 75 %, rammer analysen indenfor 0,2 time på liggetid. Dog må det formodes af der vil være en noget større usikkerhed på, hvor retvisende datasættet bliver, ved at gå ned på 24 observationer, fremfor 48 eller 96. Da køerne i



korte perioder vil adskilles sig væsentlig fra "normalen", som ved malkning og fodring. Dette er ikke undersøgt.

Besætning 3, 39 jersey køer

Den største forskel fra denne stald, til de foregående besætninger (Besætning 1 og Besætning 2), er skiftet i race. Vi har valgt en anden race her for, at teste om den senere automatiske analyse af videoen, vil kunne afhjælpe eventuelle problemer med, at ens farvede køer glider mere sammen på en videooptagelse end brogede køer.

		Observationer																							
Timetal:		12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00
Belægning foderbord %		23%	18%	36%	8%	15%	5%	15%	10%	15%	26%	21%	10%	8%	8%	5%	10%	10%	3%	31%	5%	18%	15%	85%	18%
Stå-køer i gange %		49%	54%	64%	23%	15%	23%	26%	44%	28%	62%	69%	28%	28%	26%	21%	26%	13%	18%	59%	26%	26%	38%	15%	26%
Stå-køer i senge %		10%	5%	0%	15%	23%	5%	18%	10%	10%	5%	5%	10%	15%	15%	10%	13%	13%	13%	0%	3%	8%	13%	0%	10%
køer der ligge ned %		18%	23%	0%	54%	46%	67%	41%	36%	46%	8%	5%	51%	49%	51%	64%	51%	64%	67%	10%	67%	49%	33%	0%	46%

Figur 8 Tabel over fordelingen af køer i stalden henover et døgn

Som i de to foregående analyser, viser tabellen ovenfor fordelingen af køernes adfærd opdelt i 4 kategorier henover et døgn. Der er til denne analyse anvendt optælling for hver hele time, ellers samme beregningsmodel som i de tidligere analyser.

Køernes tidsforbrug i gns over døgnet	
Liggetid	9,5 timer
Tid ved foderbordet	4,2 timer
Stå-tid i gange	8,1 timer
Stå-tid i senge	2,3 timer

Figur 9 Gns. tidsforbrug ud fra optællingsdata

I tabel 9 ses der at der i dette nykælvere hold bestående af Jersey, havde en liggetid på 9,5 time.



Halv automatisk aflæsning af videooptagelser

Som en del af dette projekt ville vi prøve at finde en ny og optimeret metode til at forbedre og rationalisere den manuelle tidskrævende optælling. Til dette har vi fået hjælp fra Philipp Trénel, som er seniorspecialist fra Teknologisk institut, Danmark.

I bilag 1, er vedlagt en udførlig beskrivelse af metode for opstilling af den udvalgte form for algoritme. Denne vil så kunne prædikere de samme observationer af køernes adfærd som vi i LandboNord indtil nu optæller manuelt, altså de 4 adfærds-kategorier; køer ved foderbordet, i gangarealer, stående køer i sengebåse og liggende køer i sengebåse.

Overordnet set i algoritme-løsningen, udvælges et område af stalden, som analyses - vist i Figur 10 nedenfor.



Figur 10 Eksempel på polygon afgrænsning af staldafsnit, hvor y-aksen tilpasses billedets perspektik

Indenfor dette område, defineres koordinater for, hvor henholdsvis foderbordet, gange og sengebåse befinder sig, for siden hen at kunne prædikere hvor mange køer der er i de forskellige områder.

Derefter beregnes et median billede, for at få en beregnet baggrund, dette gøres da lys forholdene ændrer sig løbende, som følge dag/nat, mængde af kunstig belysning og vejrforhold udenfor stalden.

Herefter analyseres med input fra en lang række billedeanalyser, i et "Random Forest multivariat regression", med output i de logaritmsk transformerede optællinger (y-aksen), af kategorierne; køer ved foderbordet, køer i gange, stående køer i sengebåse og liggende køer i sengebåsene.

Som afslutning oplæres og testes "Random forest" modellen, med stigende antal observationer, fra de manuelle optællinger, som vil være tabel reference gennem alle tests.

**Besætning 1 med 150 køer (i bilag nævnt som analyse 4)**

Til oplæring af denne model var lavet optælling for hver time, hvoraf de 21 timer kunne bruges til oplæring af modellen, som følge af samling til malkning, hvor køerne ikke er i billedet.

	Antal optællinger	Køer ved foderbordet (%)	Køer i gangene (%)	Ståkøer i sengene (%)	Ligge køer i senge (%)
Observeret	Alle (Manuelt)	20,4	14,1	10,9	54,7
Model-prædiktion	5	9,6	8,6	12,4	68,1
	AD	10,8	5,5	1,5	13,4
	10	17,3	11,6	8	49,5
	AD	3,1	2,5	2,9	5,2
	16	17	12,5	9,8	50,7
	AD	3,4	1,6	1,1	4
	21	17,5	11,8	10,2	52,5
	AD	2,9	2,3	0,7	2,2

Figur 11 manuel observerede og model-prædikerede frekvenser af køernes tidsforbrug i %, samt afvigelser fra observerede frekvenser, ved stigende antal observationer som læring til modellen (Trénel 2016)

I Figur 11 ses der, at der generelt for alle kategorier, er en faldende prædiktionsfejl, ved stigende antal oplærings input til model. Der er dog stor forskel på hvornår prædiktionsfejlen kommer ned på et acceptabelt niveau. Hvor "køer ved foderbordet" og "køer i gangene" ikke bliver væsentlig mindre fejl betonet ved, at gå fra 10 oplærings observationer over til 21 observationer, mens "ligge køer i senge" kommer tættere og tættere på ved stigende oplæring. Dette ses også tydelig i Figur 12, at antallet af køer modellen rammer ved siden af observationerne fremgår ved stigende oplæringsobservationer.

RMSEP					
Antal optællinger	Antal køer ved foderbordet	Antal køer i gangene	Antal ståkøer i sengene	Antal liggekøer i senge	Total
5	31,4	24,5	7,8	35,4	26,9
10	24,7	17,2	7,7	21,9	19
16	17,9	17,8	5,5	17,3	15,5
21	14,7	18,8	5,5	11	13,4

Figur 12 prædiktionsfejl i antal køer for hver kategori ved stigende antal observationer (Trénel 2016)

**Besætning 2 med 135 køer (i bilag nævnt som analyse 2 og 3)**

Denne analyse adskiller sig lidt fra de øvrige, da der er optaget med to kameraer, som prædikations-modellen som skal analyser hver for sig, hvorefter de to datasæt skal føres sammen. Da der i den manuelle optælling kun er angivet en samlet andel køer der ligger ned, og derfor har modellen ingen reference punkter at støtte sig op af på dette punkt.

	Antal optællinger	Gns. antal køer ved foderbordet	Gns. antal køer i gange	Gns. antal ståkøer i senge	Gns. antal liggekøer i senge
Observeret	Alle (Manuelt)	24,3	34,3	15,3	-
Model-prædiktion	8	26	13,7	19	-
	AD	1,7	20,6	3,7	-
	16	16,6	24,7	14,6	-
	AD	7,7	9,6	0,7	-
	25	21	25	14,9	-
	AD	3,3	9,3	0,4	-
	33	20,1	28,7	14,5	-
	AD	4,2	5,6	0,8	-
	41	19,6	24,7	14,2	-
	AD	4,7	9,6	1,1	-
	49	19,6	24,5	14	-
	AD	4,7	9,8	1,3	-
	58	19,7	30,3	13,8	-
	AD	4,6	4	1,5	-
	66	20,5	29,4	14	-
	AD	3,8	4,9	1,3	-
74	20,6	28,2	14,2	-	
AD	3,7	6,1	1,1	-	

Figur 13 sammendrag af manuel observerede og model-prædikerede frekvenser af køernes tidsforbrug i %, fra de to anyseler.

Ud fra sammendraget i Figur 13, ser vi tydeligt at sikkerheden af prædiktionen, ikke stiger nævneværdig fra 16 observationer i kategorierne køer i gange og stå køer i senge. Mens der ved foderbordet skal 25 observationer til før den kommer så tæt på målet som den kan. Der ligger dog en vis usikkerhed i at kæde to videooptagelser sammen. Til dels var det en meget lang stald som stiller store krav til den person der skal optælle. Der kan også være forskelle i hvor når der er optalt på de to kameraer, og herved kan der komme ikke retvisende data ud af optællingen. Derudover var der to mørke perioder hvor kameraet ikke kunne tælle, hvilket vil give nogle beregnings usikkerheder.

**Besætning 3, med 39 Jersey køer (i bilag nævnt som analyse 1)**

Til oplæring af denne model var der lavet optælling for hver time, og det er alle 24 optællinger der bruges til oplæring af modellen.

	Antal optællinger	Køer ved foderbordet (%)	Køer i gangene (%)	Ståkøer i sengene (%)	Ligge køer i senge (%)
Observeret	Alle (Manuelt)	17,4	33,5	9,6	39,4
Model-prædiktion	6	16,5	35,4	9,2	29,5
	AD	0,9	1,9	0,4	9,9
	12	16,2	38,5	9,3	29,6
	AD	1,2	5	0,3	9,8
	18	13,3	33,1	10,5	37,8
	AD	4,1	0,4	0,9	1,6
	24	15,8	31,9	9,3	37,4
	AD	1,6	1,6	0,3	2

Figur 14 manuel observerede og model-prædikerede frekvenser af køernes tidsforbrug i %, samt afvigelser fra observerede frekvenser, ved stigende antal observationer som læring til modellen

I denne analyse opnår vi allerede ved 6 observationer, den mindste afvigelse til de manuelle observationer, bort set fra "liggekøer i senge", som skal have 18 input før den kommer tæt på målet.

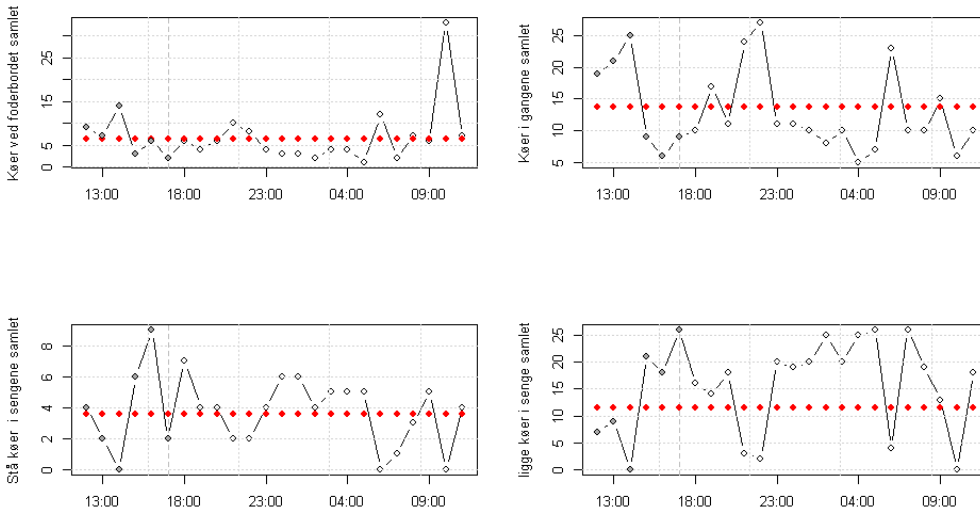
RMSEP					
Antal optællinger	Antal køer ved foderbordet	Antal køer i gangene	Antal ståkøer i sengene	Antal liggekøer i senge	Total
6	6,3	6,5	2,3	9,3	6,6
12	6	5,3	2	7,8	5,7
18	5,9	4	1,7	4,9	4,4
24	4,5	3,9	1,4	3,1	3,4

Figur 15 prædiktionsfejl i antal køer for hver kategori ved stigende antal observationer

Ses derimod på Figur 15, som viser hvor mange køer model rammer ved siden af målet, kunne det godt antyde, at det er et tilfælde, at modellen rammer tæt på det gennemsnitlige tidsforbrug, allerede ved få observationer.

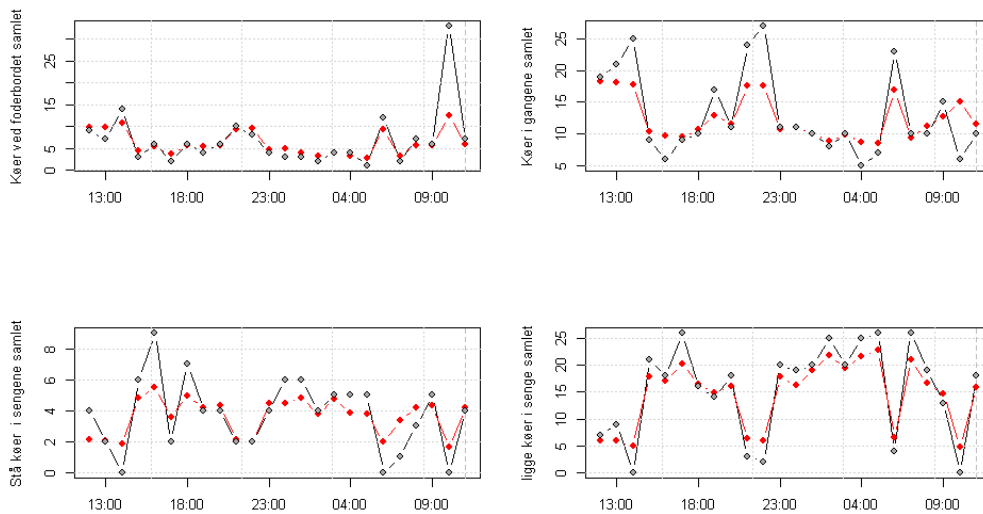


Kigger vi nærmere på dette, fremgår det også af rådata grafen i Figur 16, at de 6 observationer nærmest danner en middelværdi igennem datasættet og derfor i dette ene tilfælde rammer tæt på det faktiske gennemsnit.



Figur 16 observationer over tid (sort) og model-prædiktioner (rød) ved en tillæring på 6 observationer

Hvorimod i Figur 17, hvor vi har fuld oplæring, får vi en graf der næsten følger de faktiske observationer, men som ligger på niveau i flere kategorier, med prædiktionen ud fra de 6 observationer.



Figur 17 observationer over tid (sort) og model-prædiktioner (rød) ved en tillæring på 24 observationer



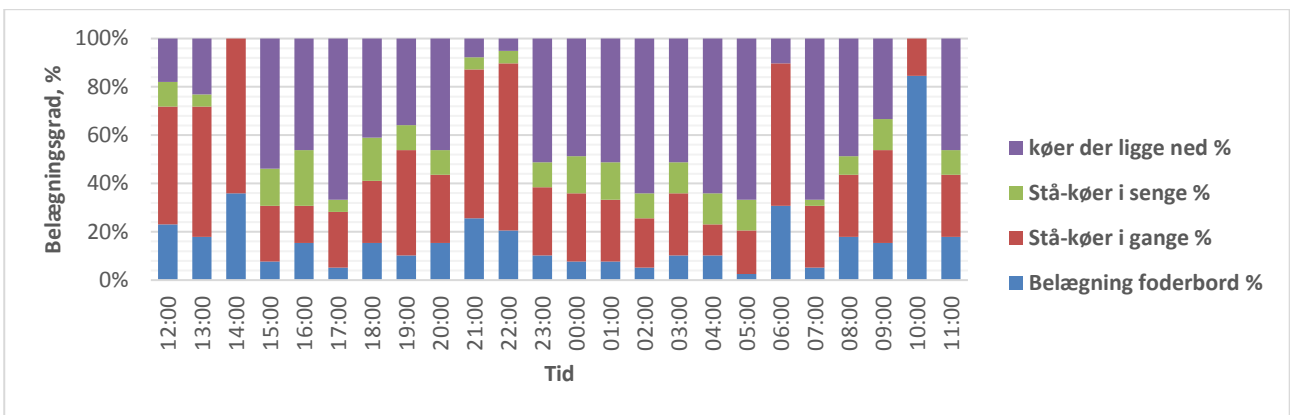
Illustration af analyser

For at få en overskuelig og brugervenlig analyse, har vi her opstillet de optalte data i en tabel, som nedenfor illustreres med en graf, så det visuelt kan ses hvordan udsvingene er i løbet af et døgn. Afslutningsvis er der en "faktaboks" som viser hvor meget tid en gennemsnitsko har brugt på de 4 adfærds kategorier.

Østerbygård – analyse af nykælverhold

		Observationer																							
Timetal:		12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00
Belægning foderbord %		23%	18%	36%	8%	15%	5%	15%	10%	15%	26%	21%	10%	8%	8%	5%	10%	10%	3%	31%	5%	18%	15%	85%	18%
Stå-køer i gange %		49%	54%	64%	23%	15%	23%	26%	44%	28%	62%	69%	28%	28%	26%	21%	26%	13%	18%	59%	26%	26%	38%	15%	26%
Stå-køer i senge %		10%	5%	0%	15%	23%	5%	18%	10%	10%	5%	5%	10%	15%	15%	10%	13%	13%	13%	0%	3%	8%	13%	0%	10%
køer der ligge ned %		18%	23%	0%	54%	46%	67%	41%	36%	46%	8%	5%	51%	49%	51%	64%	51%	64%	67%	10%	67%	49%	33%	0%	46%

Figur 18 Tabel med fordeling af køerne i holdet, i løbet af et døgn



Figur 19 Grafisk opstilling af optalte data fra videooptagelse

Køernes tidsforbrug i gns over døgn	
Liggetid	9,5 timer
Tid ved foderbordet	4,2 timer
Stå-tid i gange	8,1 timer
Stå-tid i senge	2,3 timer

Figur 20 sammendrag af en gennemsnit ko's tidsforbrug ud fra optalt videodata



Diskussion

Vores konklusion er, at der med god grund kan fortsættes med den manuelle optælling af videooptagelser fra kvæg-stalde. Dette har så den konsekvens, at der fortsat ville skulle bruges en del timer på optællingen af data til selve analysen. Ses på de udfordringer der i forhold til automatisk optælling af køer, vil der ikke være en reel tidsbesparelse. Ses på selve resultatet, vil det også stadig være mere sikkert ved manuel optælling. For at kunne bruge en automatiseret optælling, ville der skulle lægges en hel del ekstra udvikling i algoritmen, så den bliver mere præcis uden at skulle bruge så store mængder input fra manuel optælling. Dernæst vil der også skulle udvikles en brugerplatform, som gør algoritmen mindre "hardware krævende", så en almindelig PC ville kunne håndtere programmet.

Men kunne dette udvikles, ville der helt sikkert ligge en stor arbejdsbesparelse og evt. også en algoritme som er mere sikker end en manuel optælling kan være. Der er f.eks. en del usikkerhed forbundet med tidsrummet omkring malkning og fodring ved en manuel optælling, da et øjebliksbillede ville være gældende for op til 60 min. fordeling af køerne i holdet. Hvor en automatisk optælling ville kunne samle data for hvert eneste billede, altså for hvert 10 sek. Dernæst ville en kombination mellem automatisk optælling og data fra positionering give et endnu stærkere data sæt, samt give muligheden for at gå ned på enkeltdyrs niveau og analyser liggetid osv.



Konklusion

Vi har i dette projekt belyst forskellige tilgange til analyse af videooptagelser fra kvæg stalde. Herudfra kan vi se at den mest sikre måde at optælle køers adfærd i en kvægstald, er ved en manuel optælling. Den ville dog kunne udbygges med en videreudvikling af en hel eller delvis automatisk prædiktionsmodel, som yderligere i teorien ville kunne styrkes af en elektronisk positionering via triangulering af signaler fra evt. UHF øremærker eller tilsvarende. Vi har dog ikke kunne belyse denne teori i dette projekt, grundet manglende samarbejdsvilje fra etablerede firmaer.



Se EU-Kommissionen, Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne



Bilag 1

Notat: Modelling af kvægadfærd vha. videodata

01-12-2016

Philipp Trénel, ph.d., seniorkonsulent, specialist
phtr@teknologisk.dk, +45 72 20 33 92

Formål

- Opgavens overordnede formål er, at udvikle og evaluere en algoritme på prototype-stadie til bestemmelse af køers gennemsnitlige tidsforbrug (i %) ift. til adfærds kategorierne
 - at ligge i sengebås,
 - at stå i sengebås,
 - ophold ved foderbordet (hovedet ved fanggitteret) og
 - ophold i gangarealer (inkl. malkning)
- på baggrund af videodata og manuelle optællinger foretaget i de tre besætninger
- Østerbygaard (Analyse 1),
 - Asger Christensen (Analyse 2 [øst] og 3 [vest])
 - Birger B Pedersen (Analyse 4).

Overordnede konklusioner

- Undersøgelsen demonstrerer, at videodata - i kombination med den her valgte billedanalysetilgang og en random forest regression model - med en rimelig nøjagtighed (<10%-points prediktionsfejl) kan prædiktere køernes gennemsnitlige tidsforbrug (i %) til de her definerede adfærds kategorier med en halveret optællingsindsats. Dette ser ud til at gælde i alle de her undersøgte stalde, dvs. uanset besætningsstørrelse, race, kameraplacering m.m., med undtagelse af prædiktionen af andel af køer ved foderbordet i analyse 3 (<20%-points prediktionsfejl).
- Generelt er der fundet, at prædiktionsfejlen falder som forventet med antal optællinger i træningsdata.
- En grafisk inspektion indikerer, at prædiktionsfejlen er størst i perioder, hvor antal dyr indenfor en given adfærds kategori drastisk stiger eller falder (pga. udfordring og malkning), formentlig pga. at dyrene skygger for hinanden.
- Sammenligning af de her gennemførte analyser indikerer, at prædiktionsfejlen ikke er tilknyttet en bestemt adfærds kategori, men afhænger af den enkelte stald og kameraplacering m.m. I analyse 1 og 4 viste det



sig, at prædiktionsfejlen generelt er størst for kategorien liggekøer i sengene, mens det var kategorien køer i gangene for analyse 2 og køer ved foderbordet for analyse 3.

- Det understreges her, at den her gennemførte analyse er på proof-of-concept-stadie. Det forventes, at algoritmens prædiktionsperformance kan forbedres, bl.a. ved at tage højde for i) en tidsmæssig afhængighed i data (tidsserie-analyse), ii) periodicitet i data (udfordringer, malkninger), og iii) modellering af dyrenes periodevise overskygningseffekt i vha. en Markov-process.
- Den her brugte algoritme krævede stor computerkapacitet og lange beregningstider (3-5 timer per analyse). Dette forventes ligeledes at kunne nedbringes ved at udvælge betydende forklarende variabler blandt billedanalysevariablerne. Det kunne også anbefales, at der afprøves en Deep Learning neural netværks-model.

Metoder

- Data blev modtaget som excel filer vedr. manuelle optællinger
 - VideoAnalyse (ny).xlsm
 - VideoAnalyse 1. kalvs (vest op til koborste) (2).xlsm
 - Viodeanalyse Birger B. Pedersen.xlsmog som mp4 videofiler
 - Osterbygaard.mp4
 - Ost 1. kalvs dag 2.mp4
 - vest 1. kalvs dag 2.mp4
 - Kamera 1 dag 1.mp4
- Der er foretaget følgende datahåndtering for hver videodata-fil forud analysen:
 - Mp4 videofilen er nedbrudt i jpeg-filer (video-jpegs) vha. Free Video to JPG Converter vers. 5.0.99 build 823.
 - De videoframes, hvis optagelsestidspunkt matcher optællingerne angivne tid, blev parret med optællingerne (frames).
 - For hver analyse (Stald eller staldområde) blev der defineret et Area of Interest (AoI), som et polygon i videobillederne som det ønskede fokusområde (f.eks. en staldafdeling). Polygonet blev manuelt defineret vha. et R-script, hvormed brugeren peger og klikker i et video-jpeg-billede for at definere polygonets hjørner, se Fig. 1. Derefter er polygonet automatisk nedbrudt i sub-polygoner (kvadranter) efter angivelse af antal vertikale (50) og horisontale (20) neddelinger, hvorved de horisontale (20) neddelinger følger en eksponentiel funktion (med eksponent 1.5) for at tilgodese billedets perspektiv, se Fig. 0.1.



Fig. 0.1: Eksempel på definitionen af AoI, samt dets subpolygoner el. kvadranter.

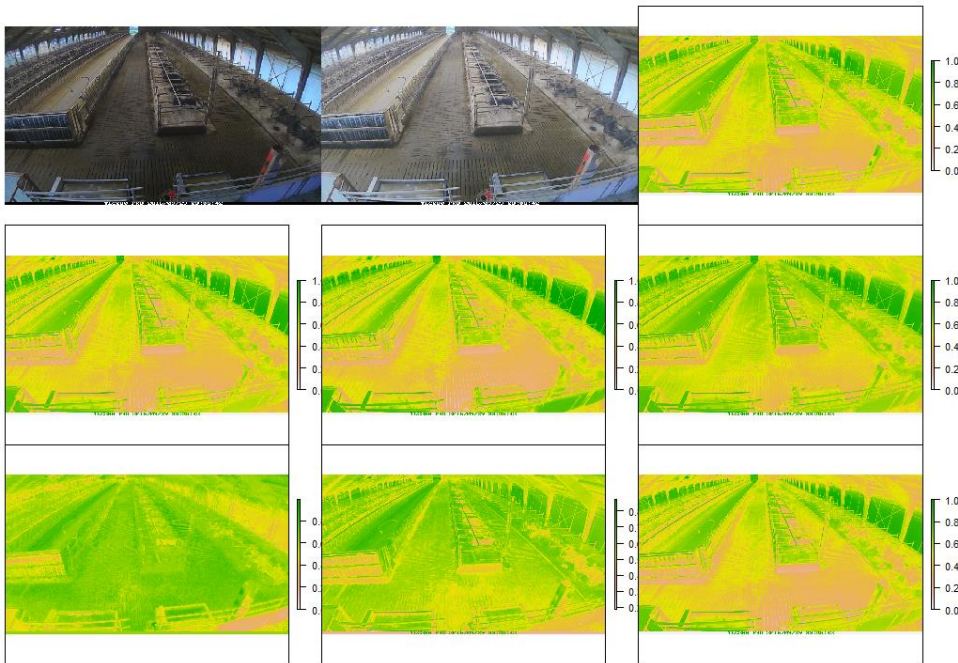


Fig. 0.2: Median billedet (øverst til venstre), det histogram-normaliserede medianbillede (øverst i midten) og dets beregnede indekser (fra øverst til nederst og fra venstre til højre: R, G, B, L, b, L*b, gray).



- For hver analyse (Stald eller staldområde) blev der beregnet et medianbillede, se Fig. 0.2, dvs. der er beregnet for hver pixel medianværdien på tværs af alle frames.
- For alle frames plus medianbilledet er der beregnet følgende (histogram-normaliserede) indeksbilleder: R, G, B, og efter en Lab convertering L, b, og L*b, samt gray, ExR og Hue, se Fig. 0.2. For hver frame og indeks er derefter beregnet differencen til medianbilledet.
- Der er også beregnet for hver frame et billede af dets momentane CV (coefficient of variation) og et billede af dets momentane medianbillede beregnet som CV hhv. median for hver pixel på tværs af de fire forudgående og efterfølgende frames, og der er beregnet differencen mellem udvalgte (R) indekser og det tilsvarende momentane medianbillede.
- Derudover er der for hver frame beregnet 1) en løbende gns. CV (vinduestørrelse 4), en standardafvigelse af den løbende CV, entropi (ordnethed) og Moran's I (rumlig autokorrelation), se Fig. 0.3. Dette sigter på at indfange særlige hændelser i stalden, såsom udfodring og malkning.

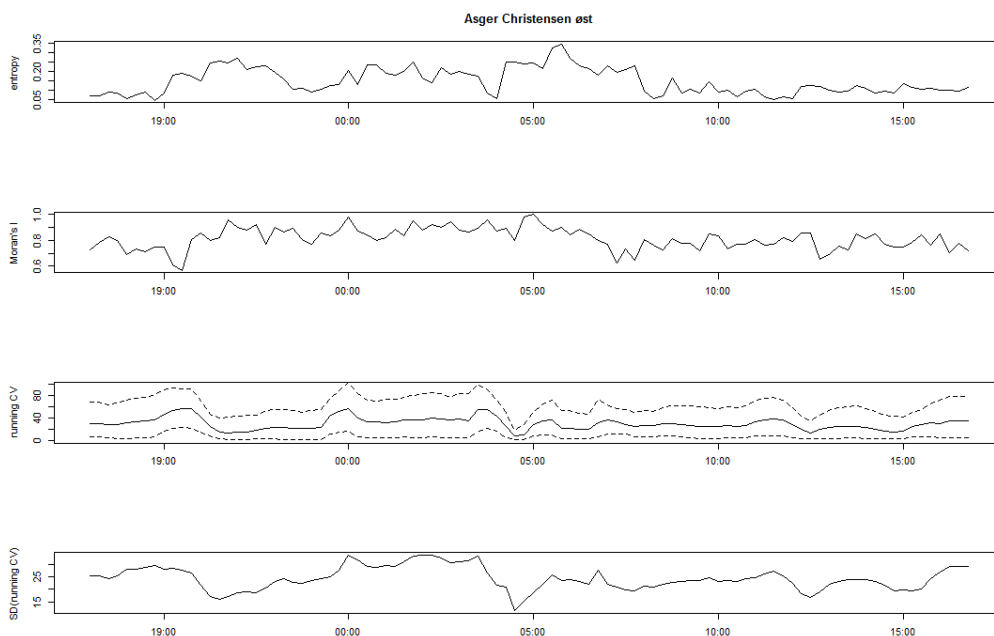


Fig. 0.3: Beregnede tidsserier vedr. entropi, Moran's I, løbende gns. CV og standardafvigelse af løbende CV.



- For alle difference-indeks-variablerne (dR, dG, dB, dL, db, dL*b, dgray, dHue, dExR, dRmomentan) og den momentane CV (i alt 11) blev der for hver frame \times kvadrant beregnet 5%-points-kvantiler.
- Alle indeks \times frame \times kvadrant 5%-points-kvantilerne, samt løbende gns. CV (CV), standardafvigelse af den løbende CV (SD(CV)), entropi, Moran's I, og tidspunkt på dagen i timer blev derefter brugt som inputvariabler (X) i en Random Forest multivariat regression udført i R (pakke randomForestSRC, Ishwaran & Kogalur, 2016), med output matricen (Y) bestående af de $\log(x + 1)$ transformerede optællinger i kategorierne køer ved foderbordet, køer i gangene, stækøer i sengene, liggekøer i sengene. Der er brugt $n_{trees} = 1000$, $m_{try} = \text{antal variabler i X} / 3$ og $nodesize = 5$ og standardindstillinger ellers.
- Random Forest modellen blev trænet med et stigende antal optællinger (optællingstidspunkter) og modellens testperformance blev vurderet vha. standardtekniker på de tilbagetransformerede modelprædiktioner (f.eks. RMSEP).
- Alle analyser er gennemført i R (R Core Team 2016) på en Lenovo Thinkstation med 20 tråde og 96GB RAM.



Resultater

Analyse 1 - Østerbygaard

Datagrundlag:

- I alt forelås der 24 optællinger med optællinger hver time.

Tabel 1.1: Observerede og model-prædikterede frekvenser indenfor køernes adfærds kategorier som funktion af et stigende antal optællinger brugt til træning af modellen i analyse 1. AD: prædiktionsfejl som absolut forskel til den manuelle registrering. Alle, N = 24 frames.

	Antal optællinger	Køer ved foderbordet (%)	Køer i gangene (%)	Ståkøer i sengene (%)	Ligge køer i senge (%)
Observeret	Alle (Manuelt)	17,4	33,5	9,6	39,4
Model-prædiktation	6	16,5	35,4	9,2	29,5
	AD	0,9	1,9	0,4	9,9
	12	16,2	38,5	9,3	29,6
	AD	1,2	5	0,3	9,8
	18	13,3	33,1	10,5	37,8
	AD	4,1	0,4	0,9	1,6
	24	15,8	31,9	9,3	37,4
	AD	1,6	1,6	0,3	2

Tabel 1.2: Prædiktionsfejl i antal køer (RMSEP) indenfor køernes adfærds kategorier som funktion af et stigende antal optællinger brugt til træning af modellen i analyse 1. Der var i alt 39 køer.

RMSEP					
Antal optællinger	Antal køer ved foderbordet	Antal køer i gangene	Antal ståkøer i sengene	Antal liggekøer i senge	Total
6	6,3	6,5	2,3	9,3	6,6
12	6	5,3	2	7,8	5,7
18	5,9	4	1,7	4,9	4,4
24	4,5	3,9	1,4	3,1	3,4

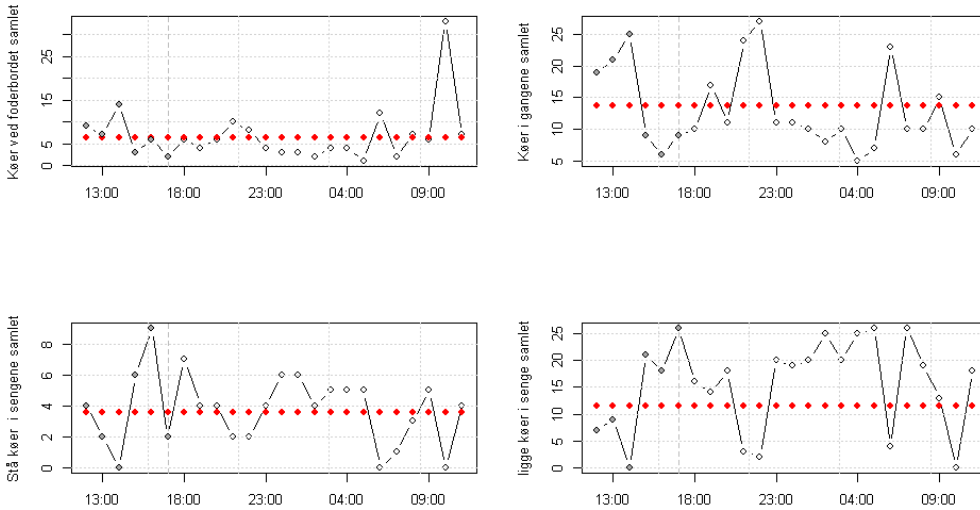


Fig. 1.1: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 6 antal optællinger.

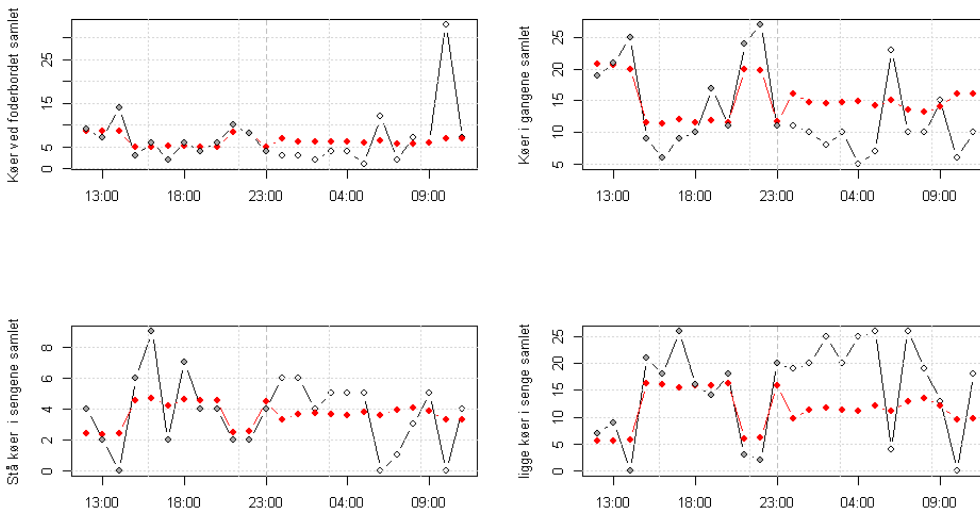


Fig. 1.2: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 12 antal optællinger.

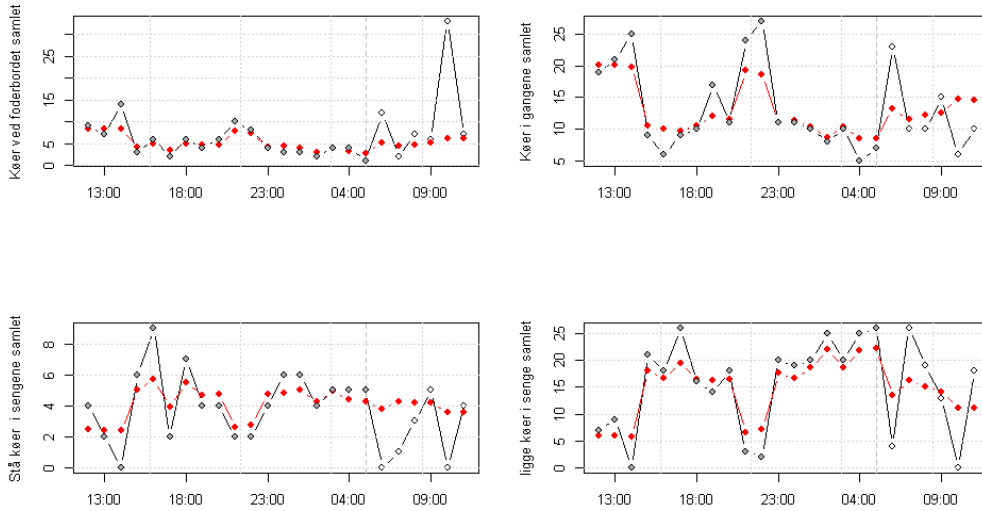


Fig. 1.3: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 18 antal optællinger.

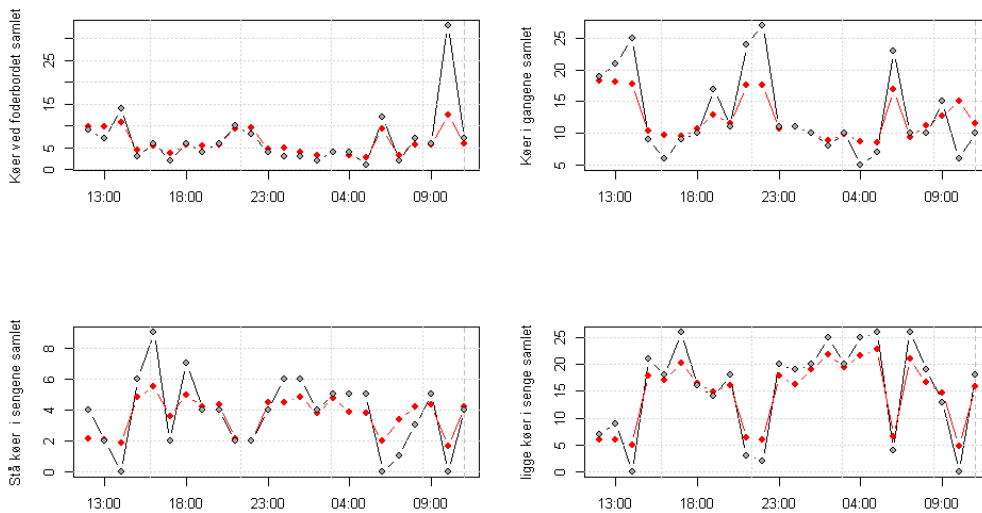


Fig. 1.4: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med alle 24 optællinger.



Analyse 2 - Asger Christensen (øst, startdato 2016-09-28)

Datagrundlag:

- I alt forelås der 74 optællinger med optællinger hvert kvarter afbrudt af perioder uden optællinger.

Tabel 2.1: Observerede og model-prædikterede frekvenser indenfor køernes adfærds kategorier som funktion af et stigende antal optællinger brugt til træning af modellen i analyse 2. AD: prædiktionsfejl som absolut forskel til den manuelle registrering. Alle, N = 74 frames.

	Antal optællinger	Gns. antal køer ved foderbordet	Gns. antal køer i gange	Gns. antal stækøer i senge	Gns. antal ligge køer i senge
Observeret	Alle (Manuelt)	16	29,5	9	-
Model-prædiktation	8	20	11,2	11,9	-
	AD	4	18,3	2,9	-
	16	12,1	24,7	8,8	-
	AD	3,9	4,8	0,2	-
	25	16,2	20,4	8,9	-
	AD	0,2	9,1	0,1	-
	33	15,6	24,8	9	-
	AD	0,4	4,7	0	-
	41	13,9	20,7	8,5	-
	AD	2,1	8,8	0,5	-
	49	13,7	20,3	8,1	-
	AD	2,3	9,2	0,9	-
	58	12,9	26	8,1	-
	AD	3,1	3,5	0,9	-
	66	13,7	25,1	8,1	-
	AD	2,3	4,4	0,9	-
	74	13,4	23,9	8,3	-
	AD	2,6	5,6	0,7	-



Tabel 2.2: Prædiktionsfejl i antal køer (RMSEP) indenfor køernes adfærds-kategorier som funktion af et stigende antal optællinger brugt til træning af modellen i analyse 2.

RMSEP					
Antal optællinger	Antal køer ved foderbordet	Antal køer i gangene	Antal ståkøer i sengene	Antal liggekøer i senge	Total
8	15,3	45,9	6,3	-	28,2
16	16	32,6	3,8	-	21,1
25	12,7	32,4	3,5	-	20,2
33	13	26	3,2	-	16,9
41	10,6	27,8	3,2	-	17,2
49	10,6	27,3	3,1	-	17
58	11	14,2	2,7	-	10,5
66	8	15,5	2,4	-	10,2
74	8,2	14,6	2,1	-	9,8

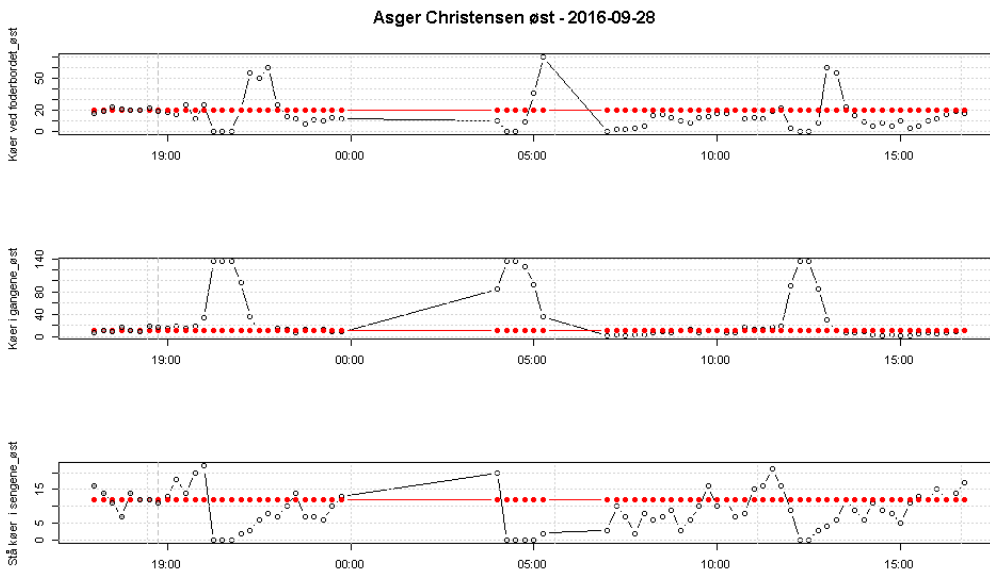


Fig. 2.1: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 8 optællinger.

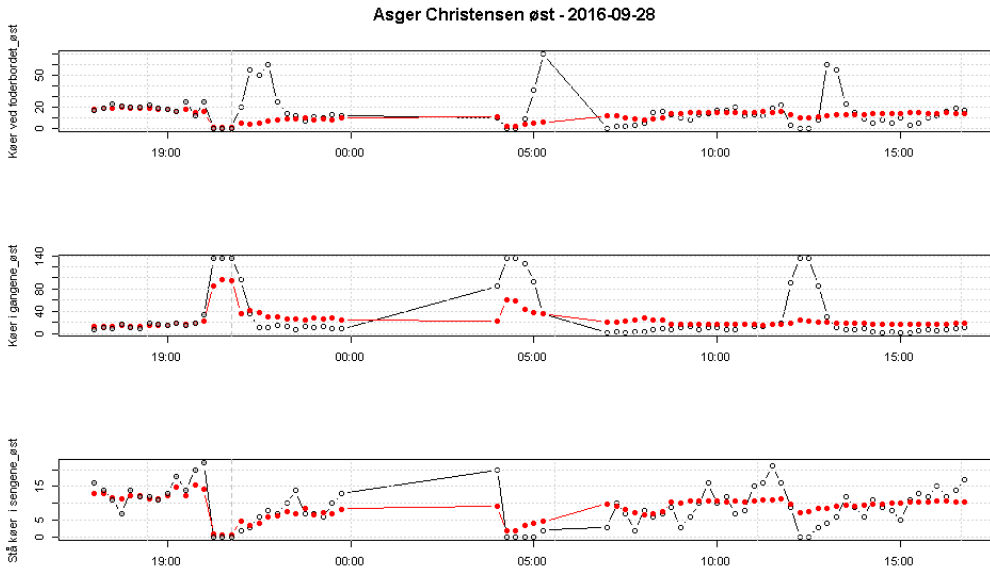


Fig. 2.2: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 16 optællinger.

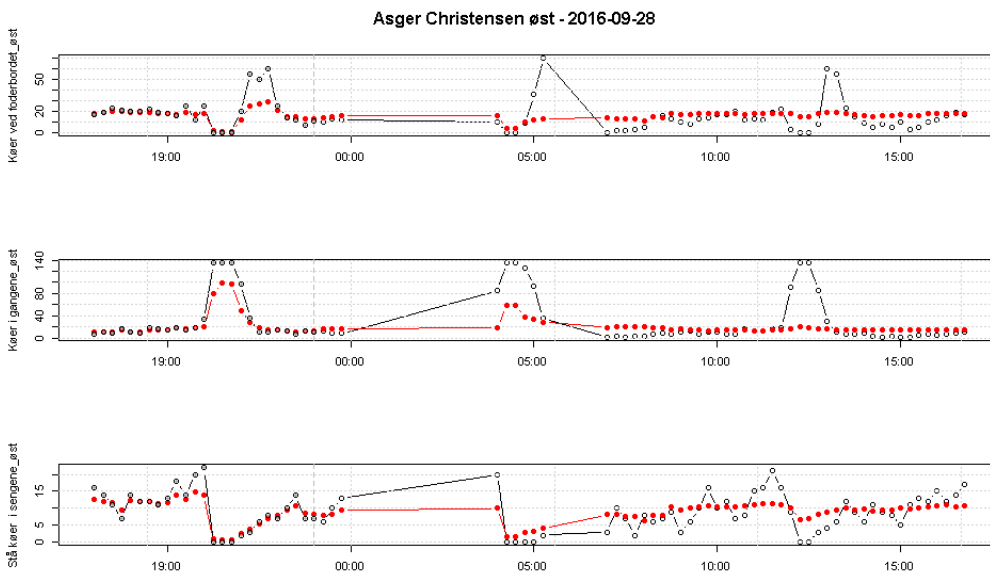


Fig. 2.3: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 25 optællinger.

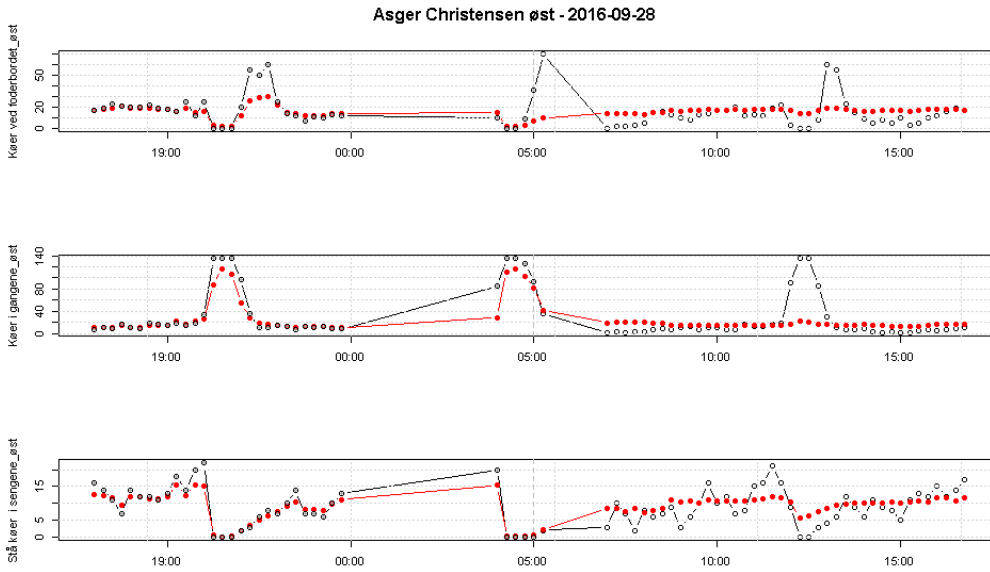


Fig. 2.4: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 33 optællinger.

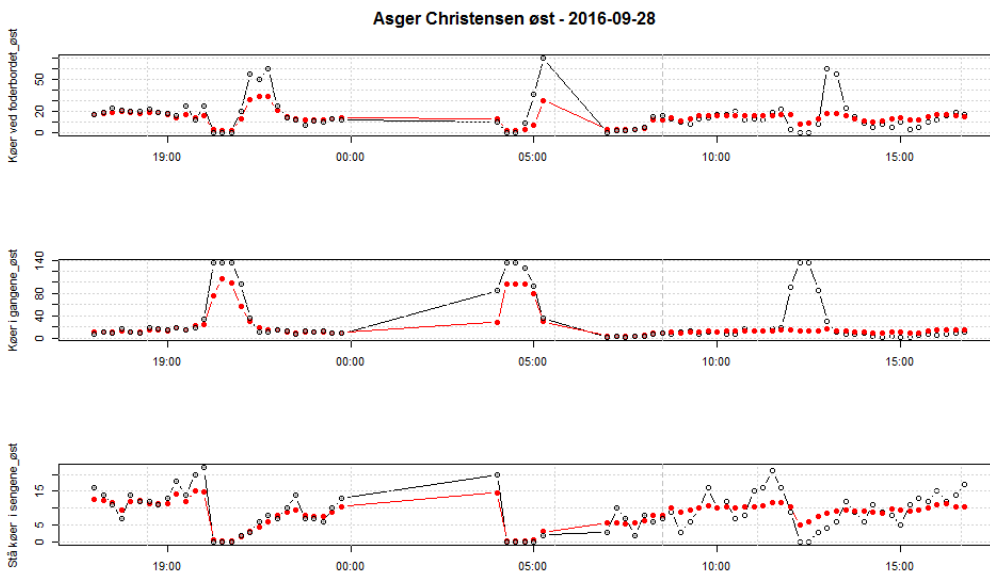


Fig. 2.5: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 41 optællinger.

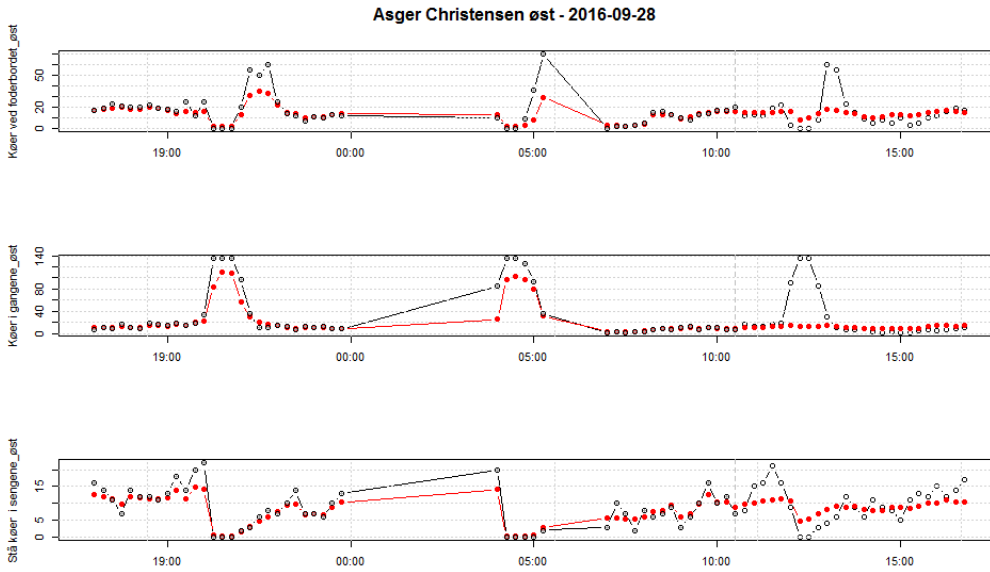


Fig. 2.6: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 49 optællinger.

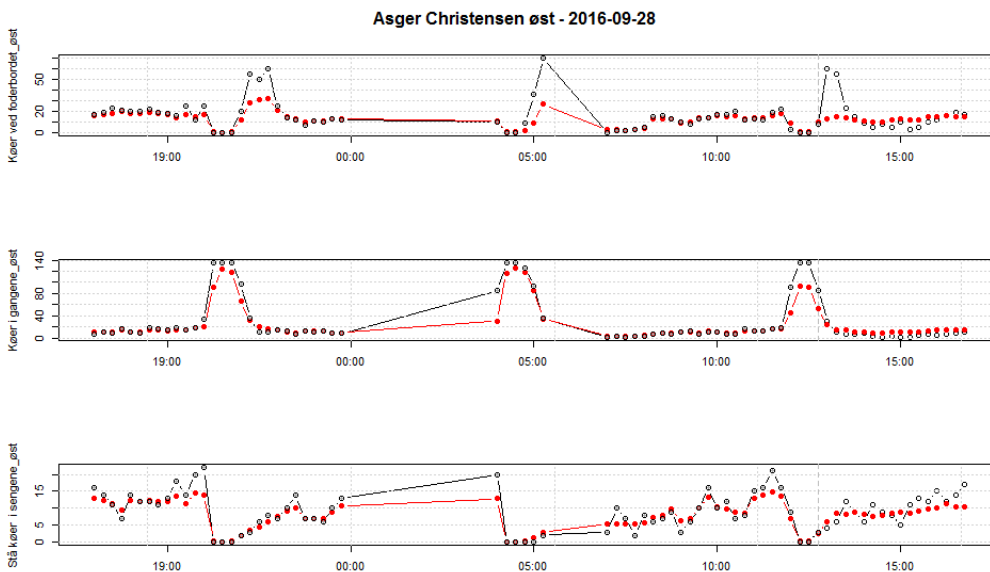


Fig. 2.7: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 58 optællinger.

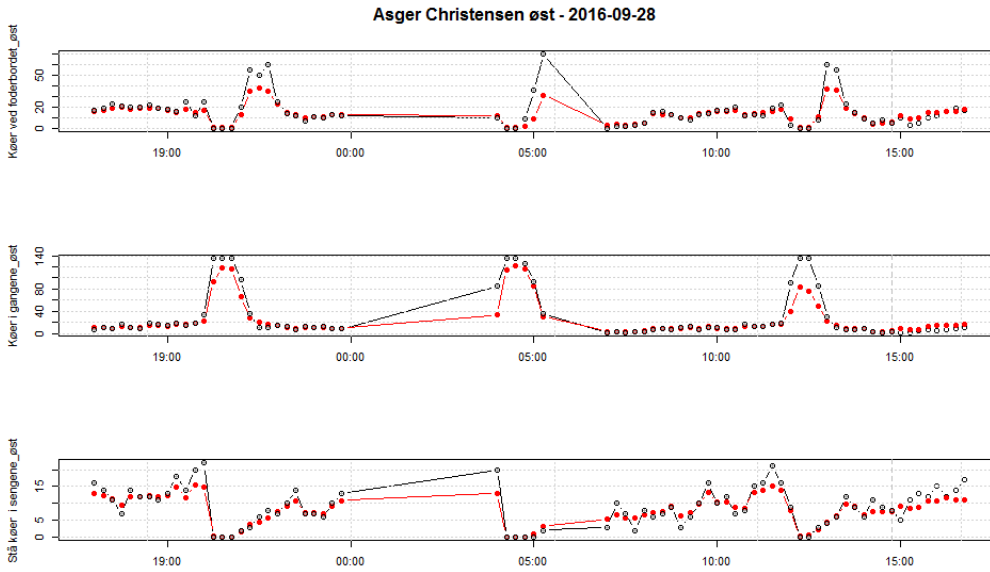


Fig. 2.8: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 66 optællinger.

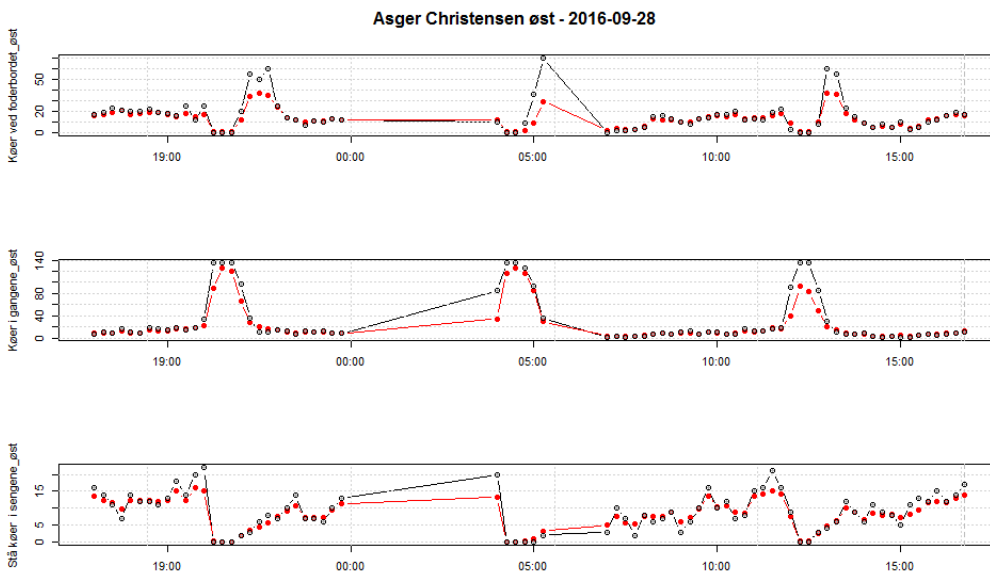


Fig. 2.9: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 74 optællinger.



Analyse 3 - Asger Christensen (vest, startdato 2016-09-28)

Datagrundlag:

- I alt forelås der 65 optællinger med optællinger hvert kvarter afbrudt af perioder uden optællinger.

Tabel 3.1: Observerede og model-prædikterede frekvenser indenfor køernes adfærds kategorier som funktion af et stigende antal optællinger brugt til træning af modellen i analyse 3. AD: prædiktionsfejl som absolut forskel til den manuelle registrering. Alle, N = 65 frames.

	Antal optællinger	Gns. antal køer ved foderbordet	Gns. antal køer i gangene	Gns. antal ståkøer i sengene	Gns. antal ligge køer i senge
Observeret	Alle (Manuelt)	8,3	4,8	6,3	-
Model-prædiktions	7	6	2,5	7,1	-
	AD	2,3	2,3	0,8	-
	14	4,5	3,9	5,8	-
	AD	3,8	0,9	0,5	-
	22	4,8	4,6	6	-
	AD	3,5	0,2	0,3	-
	29	4,5	3,9	5,5	-
	AD	3,8	0,9	0,8	-
	36	5,7	4	5,7	-
	AD	2,6	0,8	0,6	-
	43	5,8	4,2	5,9	-
	AD	2,5	0,6	0,4	-
	51	6,8	4,3	5,7	-
	AD	1,5	0,5	0,6	-
58	6,8	4,3	5,9	-	
AD	1,5	0,5	0,4	-	
65	7,2	4,3	5,9	-	
AD	1,1	0,5	0,4	-	



Tabel 3.2: Prædiktionsfejl i antal køer (RMSEP) indenfor køernes adfærds-kategorier som funktion af et stigende antal optællinger brugt til træning af modellen i analyse 3.

RMSEP					
Antal optællinger	Antal køer ved foderbordet	Antal køer i gangene	Antal ståkøer i sengene	Antal liggekøer i senge	Total
7	6,4	3,5	2,7	-	4,5
14	7	2,7	2,4	-	4,5
22	6,4	2,3	2,3	-	4,1
29	6,5	2,2	2,2	-	4,2
36	5,5	2,2	2,1	-	3,6
43	5,5	2,1	1,9	-	3,6
51	3,9	1,9	1,9	-	2,7
58	3,5	1,6	1,6	-	2,4
65	3,1	1,4	1,5	-	2,2

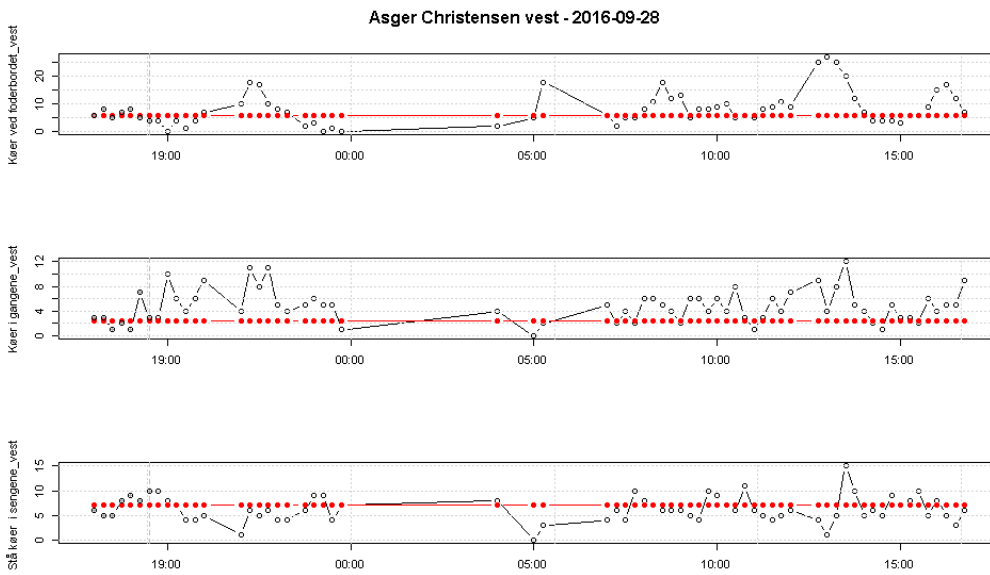


Fig. 3.1: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 7 optællinger.

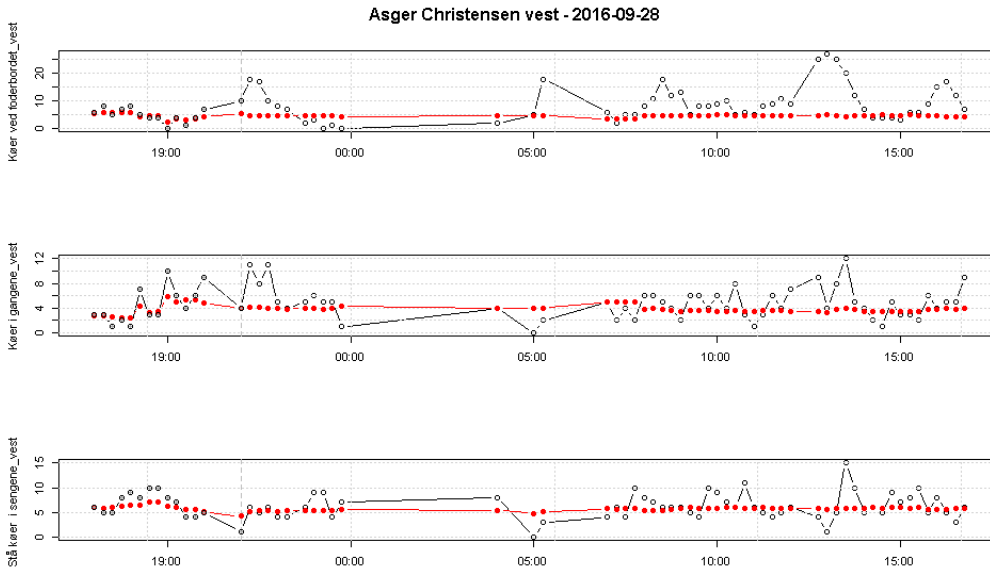


Fig. 3.2: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 14 optællinger.

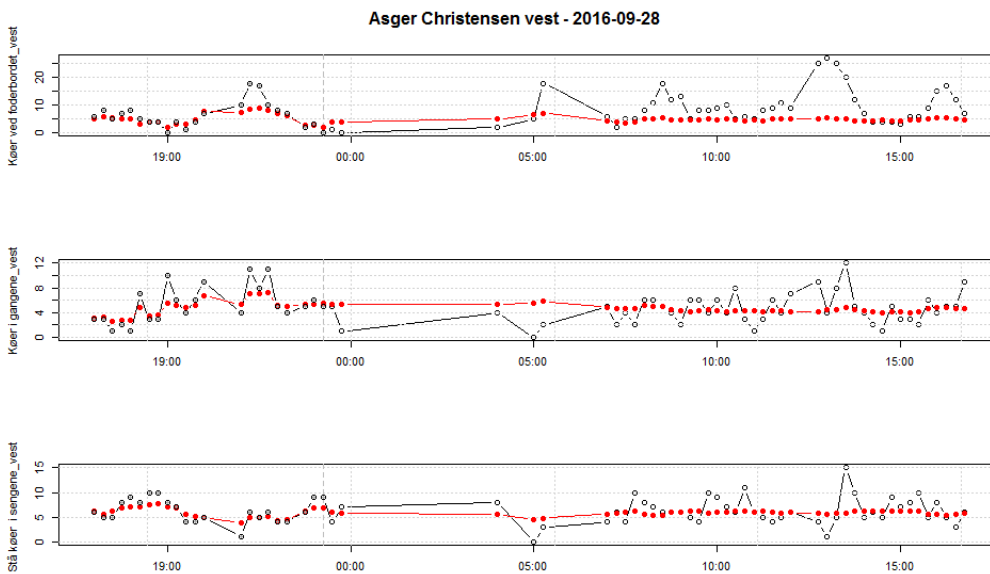


Fig. 3.3: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 22 optællinger.

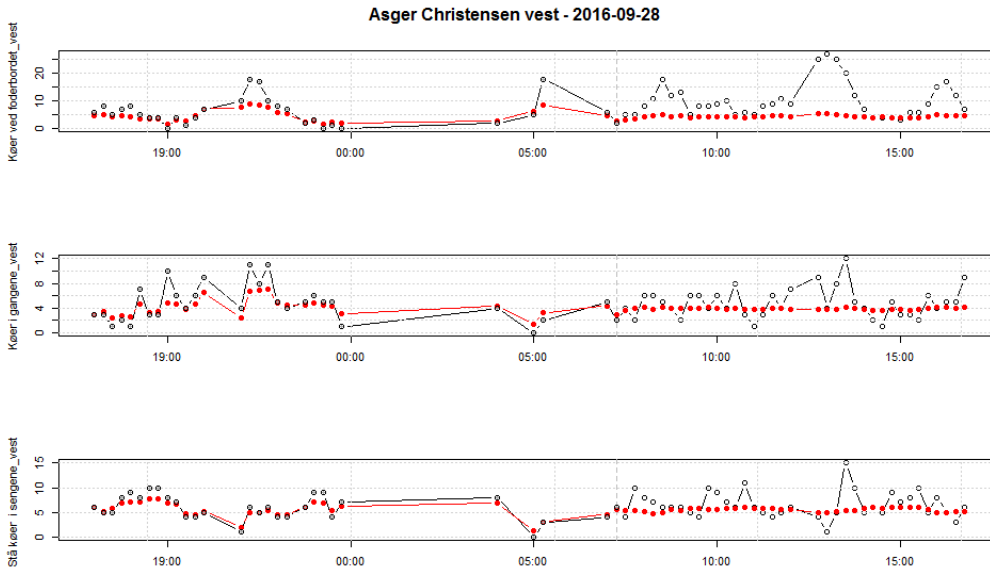


Fig. 3.4: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 29 optællinger.

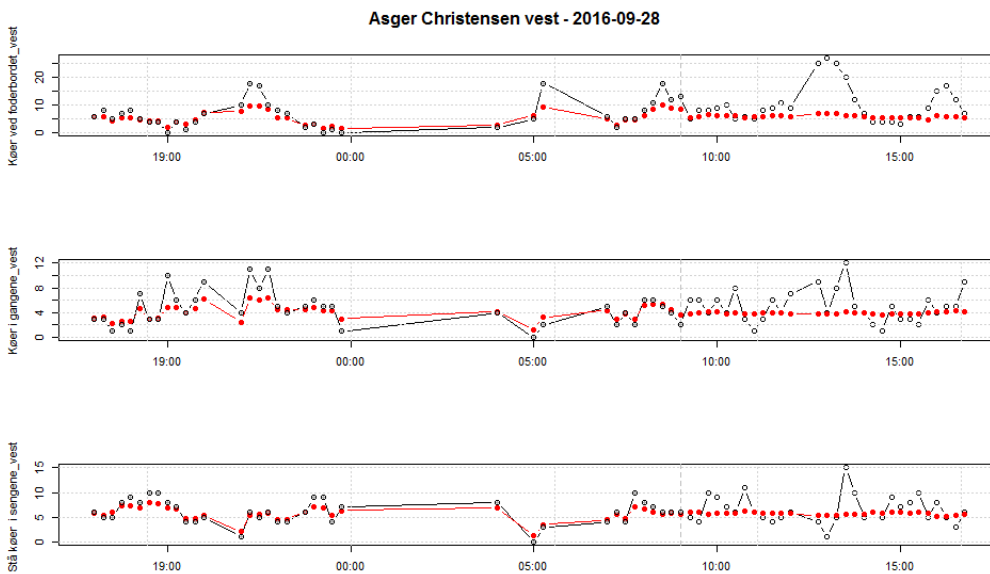


Fig. 3.5: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 36 optællinger.

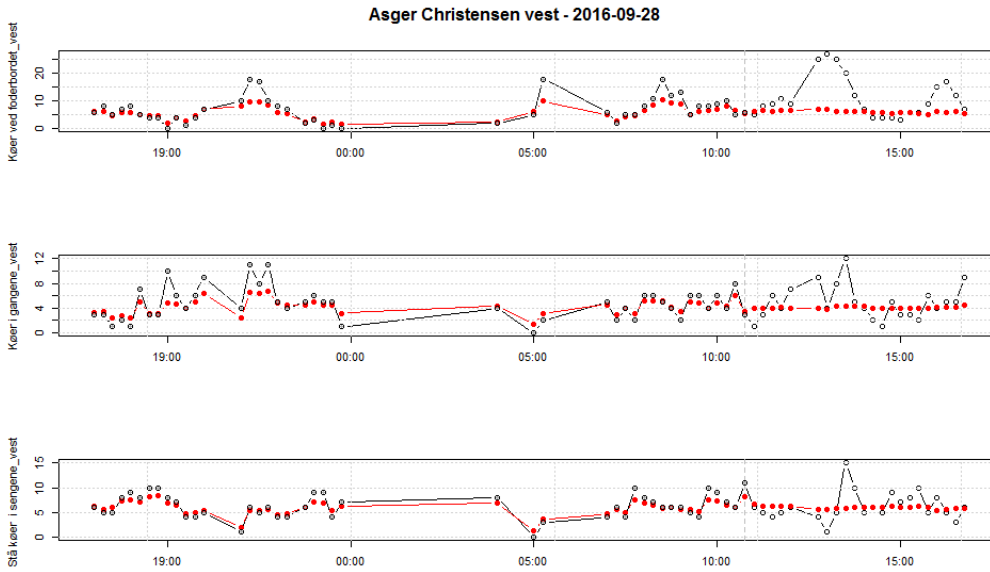


Fig. 3.6: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 43 optællinger.

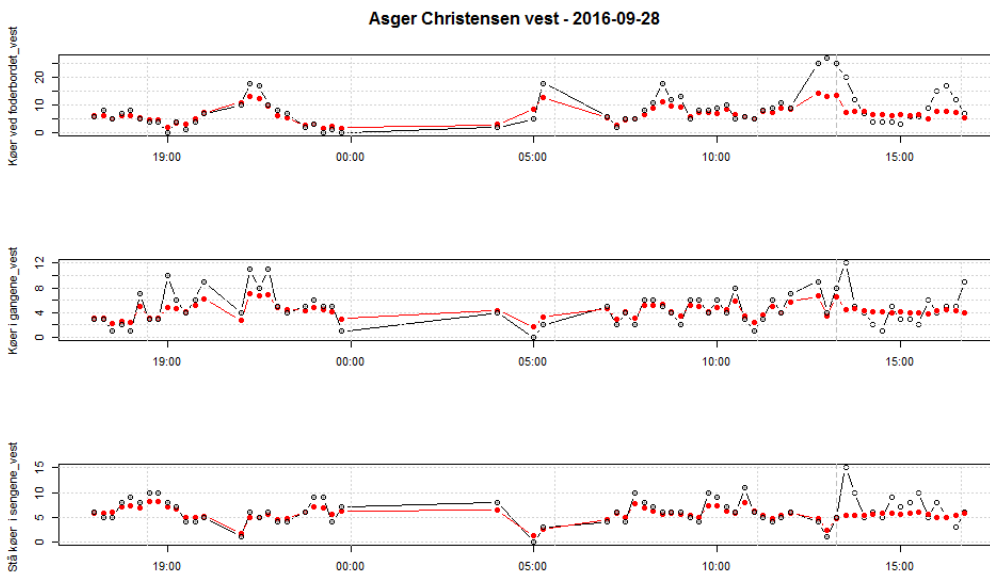


Fig. 3.7: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 51 optællinger.

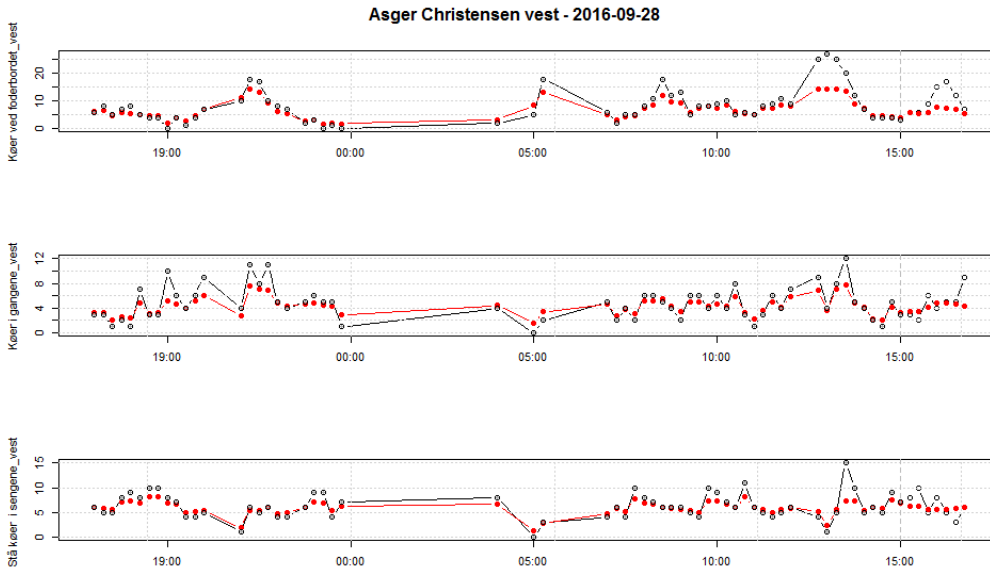


Fig. 3.8: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 58 optællinger.

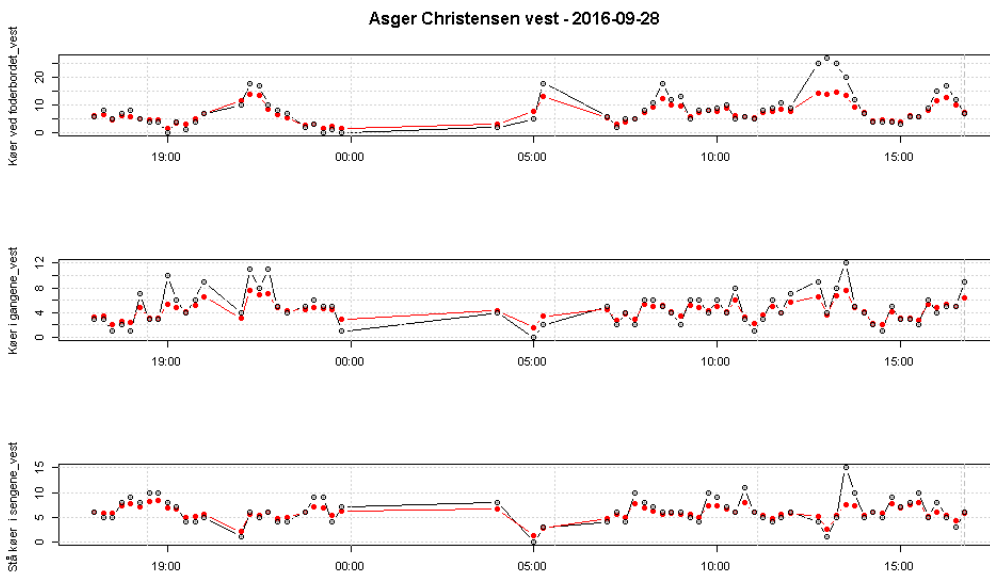


Fig. 3.9: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds-kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 65 optællinger.



LandboNord



Analyse 4 - Birger B Pedersen

Datagrundlag:

- I alt forelå der 21 optællinger med optællinger hver time.

Tabel 4.1: Observerede og model-prædikterede frekvenser indenfor køernes adfærds kategorier som funktion af et stigende antal optællinger brugt til træning af modellen i analyse 4. AD: prædiktionsfejl som absolut forskel til den manuelle registrering. Alle, N = 21 frames.

	Antal optællinger	Køer ved foderbordet (%)	Køer i gangene (%)	Ståkøer i sengene (%)	Ligge køer i senge (%)
Observeret	Alle (Manuelt)	20,4	14,1	10,9	54,7
Model-prædiktation	5	9,6	8,6	12,4	68,1
	AD	10,8	5,5	1,5	13,4
	10	17,3	11,6	8	49,5
	AD	3,1	2,5	2,9	5,2
	16	17	12,5	9,8	50,7
	AD	3,4	1,6	1,1	4
	21	17,5	11,8	10,2	52,5
	AD	2,9	2,3	0,7	2,2

Tabel 4.2: Prædiktionsfejl i antal køer (RMSEP) indenfor køernes adfærds kategorier som funktion af et stigende antal optællinger brugt til træning af modellen i analyse 4. Der var i alt 150 køer.

RMSEP					
Antal optællinger	Antal køer ved foderbordet	Antal køer i gangene	Antal ståkøer i sengene	Antal liggekøer i senge	Total
5	31,4	24,5	7,8	35,4	26,9
10	24,7	17,2	7,7	21,9	19
16	17,9	17,8	5,5	17,3	15,5
21	14,7	18,8	5,5	11	13,4

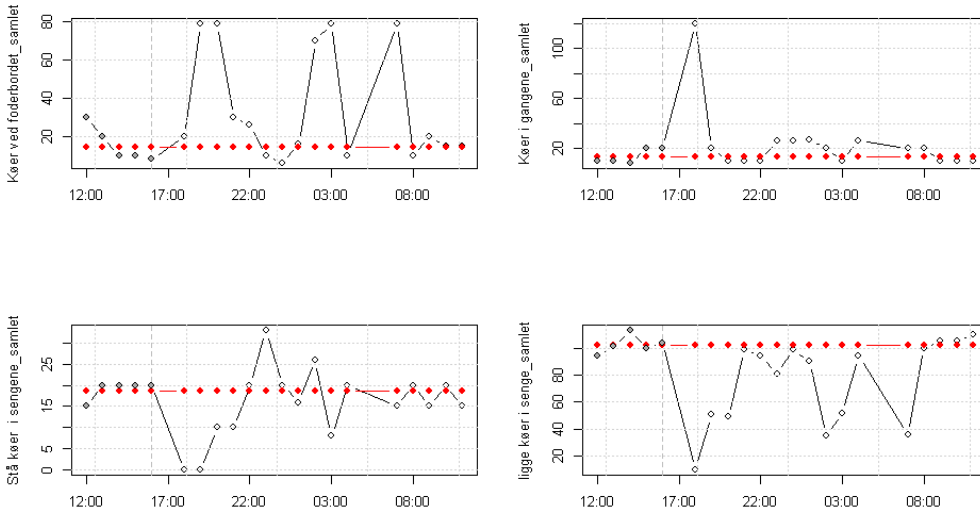


Fig. 4.1: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 5 antal optællinger.

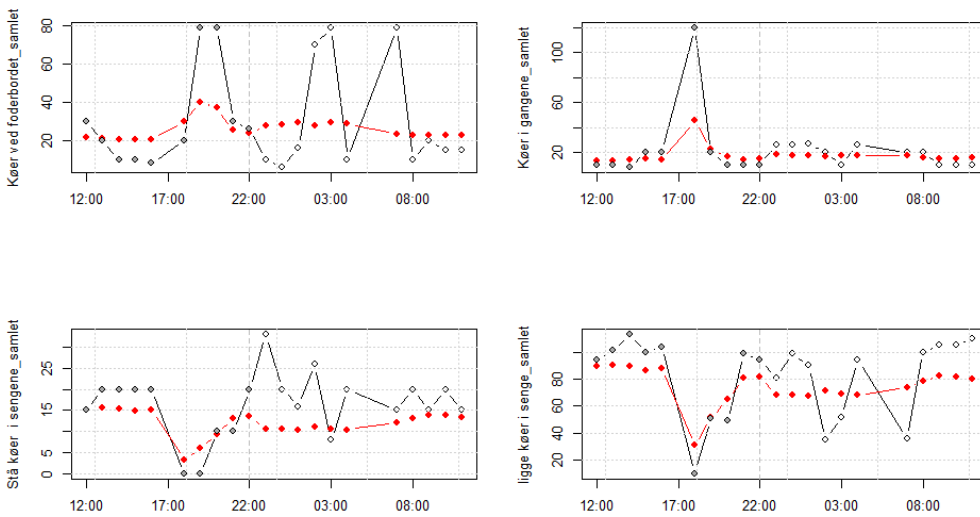


Fig. 4.2: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 10 antal optællinger.

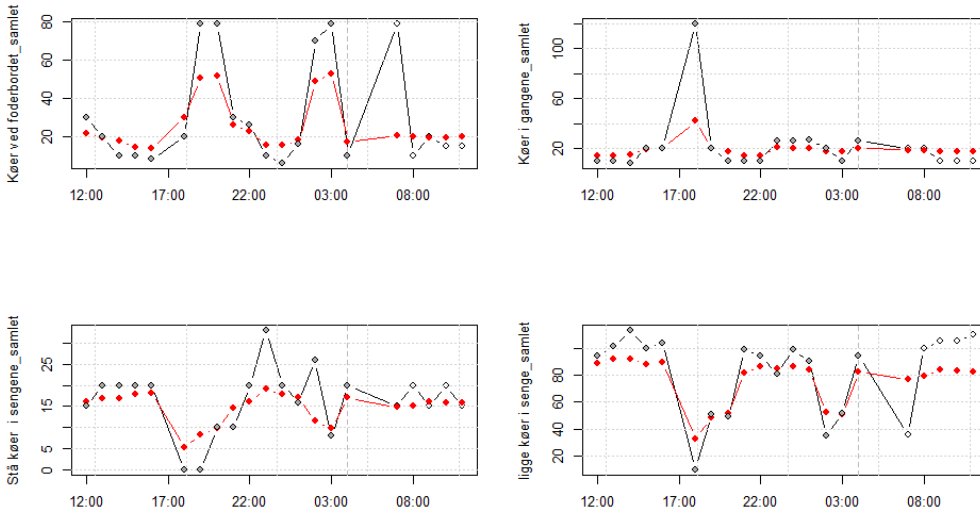


Fig. 4.3: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med 16 antal optællinger.

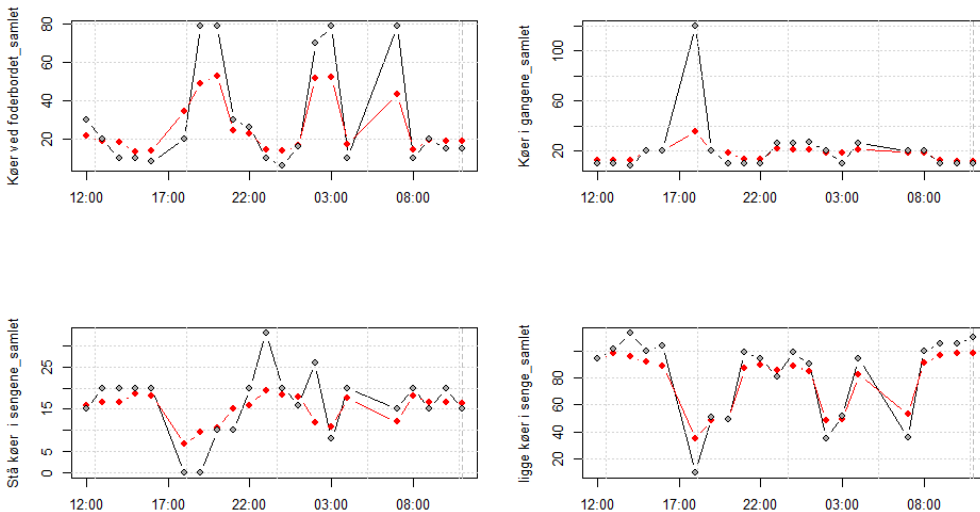


Fig. 4.4: Observerede (sort) og model-prædiktere (rødt) antal køer indenfor køernes adfærds kategorier på baggrund af et træningsdata (grå udfyldte punkter) med alle 21 optællinger.



Referencer

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ishwaran & Kogalur (2016). Package 'randomForestSRC', November 6, 2016, Version 2.4.1, <https://cran.r-project.org/web/packages/randomForestSRC/index.html>