Fødevareøkonomisk Institut

Rapport nr. 143

Et beslutnings-støttesystem for dyresundhed

- et Bayesiansk netværk for almindelig lungesyge

Lars Otto, Fødevareøkonomisk Institut
Charlotte S. Kristensen, Klinisk Institut, Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole

København 2002

Indholdsfortegnelse

Forord 5

Sammendrag 7

1. Indledning 9

2. Perspektiver 11

3. Oversigt 15

4. Beslutningsstøttemodellen 17
   4.1. Overordnet struktur i modellen 17
   4.2. Den hele model 20
   4.3. Produktivitetsknuder 24

5. Datakonstruktion 25
   5.1. Datagrundlaget og dets form 25
   5.2. Data vi kan finde - data vi behøver 25
   5.3. Betydningen af de enkelte risikofaktorer 27

6. Økonomiske konsekvenser 29

7. Observation af en besætning: Værdien af information 31
   7.1. Lavrisiko besætning 32
   7.2. Konflikt mellem forskellige informationer: Konfliktmål 36
   7.3. Det mest sandsynlige udfald 36
   7.4. Højrisiko besætning 38

8. Virkning af ændrede i risikofaktorer 41

9. Kontrolstrategier ved forskellig vished 43

10. Økonomiske konsekvenser af mycoplasma 47
    10.1. Produktivitet og økonomi 47
    10.1.1. Gennemsnitlig daglig tilvækst: dwg og Ddwg 48
    10.1.2. Foderforbrug: feed conversion 49

10.1.3. Dødelighed: death 49
10.1.4 Bedriftens størrelse: antal slagtesvin pr. år, size 49
10.2. Simulation af økonomiske konsekvenser 50
10.3. Økonomiske resultater 50

11. Økonomiske konsekvenser af vished om mycoplasma 55
11.1. Lavrisiko besætning 55
11.2. Højrisiko besætning 57

12. Økonomiske konsekvenser af kontrolforanstaltninger 59
12.1. Vaccination 59
12.2. Medicinering 60
12.3. Sanering 61

Summary 63

Litteraturliste 65

Appendiks 67

A. Sammenhænge mellem odda-ratio og sandsynligheder 67

B. Modellen og alle dens knuder 68

C. Datainput til modellen knuder 69

D. Normalfordelte overgangsmatricer 92

E. Yderligere overgangsmatricer 94

F. Brug og fortolkning af Bayesianske netværk: Et lille ikke-veterinært eksempel ... 94

G. Brug og fortolkning af Bayesianske netværk: Et lille veterinært eksempel 98

Forord

De seneste års øgede interesse for dyresundhed omfatter også de økonomiske konsekvenser. I denne rapport fokuseres på hvordan det er muligt at gennemføre beregninger på besætningsniveau af de økonomiske konsekvenser af dyresundhed når der tages hensyn til den biologiske variation og den heraf følgende økonomiske usikkerhed og risiko.

Rapporten er udarbejdet som led i projektet *Sundhedsøkonomi: Beslutningsstøtteværktøj for sygdomskontrol* udført under CEPROS, Research Centre for the Management of Animal Production and Health, et center oprettet 1996 og finansieret af Fødevareministeriet.

Det er første forsøg med nye metoder på at modellere det biologiske samspil og den biologiske variation i forbindelse med dyresundhed og den heraf følgende økonomiske usikkerhed og risiko. For at holde modellen lille og overskuelig er valgt kun at fokusere på én sygdom, almindelig lungesyge hos slagtesvin.

Opstilling af modellen er sket af forfatterne i diskussioner med N. Nørgaard (FØI), J.P. Nielsen (Klinisk Institut, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole), E. Jørgesen (Danmarks Jordbrugsforskning), A.R. Kristensen (Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole) and P. Bækbo (Danske Slagterier). Beslutninger om brug af data og ekspertvurderinger er gjort af forfatterne i samarbejde med dyrlægerne P. Bækbo (Danske Slagterier), S.E. Jorsdal (Danmarks Veterinærinstitut), V. Sørensen (Danmarks Veterinærinstitut), and J.P. Nielsen (Klinisk Institut, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole).

Første udkast til rapporten er skrevet af seniorforsker Lars Otto, hovedforfatter. Medforfatter, ph.d.-studerende Charlotte S. Kristensen (Intern Medicin, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole), har medvirket ved skrivning af appendiks C. Al modelprogrammering og alle beregninger er lavet af Lars Otto.

Den endelige redigering af rapporten er forestået af forfatterne under medvirken af forskningschef Johannes Christensen og seniorforsker Mogens Lund.

Fødevareøkonomisk Institut, august 2002

Ole P. Kristensen

Sammendrag

Rapporten beskriver opbygningen af et beslutningsstøttesystem for en sygdom eksemplificeret ved almindelig lungesyge hos slagtesvin.

Beslutningsstøttesystemet bygger på en model for det biologiske samspil og den biologiske variation i forbindelse med almindelig lungesyge og den heraf følgende økonomiske usikkerhed og risiko. Modellen er baseret på et Bayesiansk netværk for enzootic pneumonia/mycoplasmapneumonia infektion i svineproduktion forårsaget af *Mycoplasma hyopneumoniae* (mycoplasma infektion). Den beskriver forskellige risikofaktorer for lungesyge forårsaget af *Mycoplasma hyopneumoniae* og deres indbyrdes afhængighed. Det leder til en stokastisk beskrivelse af konsekvenser for produktivitetsforhold som daglig tilvækst, foderomsætning og dødelighed. Parametrene i modellen er baseret på danske og internationale offentliggjorte undersøgelser og på ekspertvurderinger. Vi giver en detaljeret gennemgang af alle parametre og deres baggrund.

Modellens brug bliver demonstreret i forbindelse med at vise hvordan forskellige former for information og viden om en bedrift ændrer vores syn på sygdomsniveauet i besætningen. Vi beregner de økonomiske konsekvenser af at have almindelig lungesyge i en besætning og af forskellige former for kontrolforanstaltninger.

Ved opstilling af modellen har vi høstet stor erfaring med at modellere samspillet mellem biologisk variation og de økonomiske konsekvenser med tilhørende usikkerhed og risiko. Ved at sigte på en model for én sygdom og på en så simpel model som mulig får vi en mere overskuelig model og dermed større sikkerhed for at få en model der virker for den ene sygdom med de begrænsninger som fokusering på en sygdom giver. Forskellige sygdomme og deres økonomiske konsekvenser kan imidlertid ikke ses hver for sig, men skal ses som en helhed og som en del af den samlede produktionsøkonomi. Der er meget få sygdomme der isoleret set alene kan gøre større kontrolforanstaltninger økonomisk rentable. Men større kontrolforanstaltninger vil ofte have indflydelse på mange sygdomme og vil derigennem kunne blive rentable når alle effekter medregnes. Der er derfor behov for at udvide modellen til at kunne håndtere de væsentligste sygdomme for svin hvis modellen for alvor skal kunne bruges i forbindelse med praktisk rådgivning.

Hvis modellen skal anvendes i forbindelse med konkret rådgivning på bedriftsniveau skal den kobles til de styringsværktøjer som allerede er i brug på svinebedrifterne.

1. Indledning

Denne rapport er udarbejdet som led i CEPROS, Research Centre for the Management of Animal Production and Health, projektet *Sundhedsøkonomi: Beslutningsstøtteværktøj for sygdomskontrol*. Den del af projektet som rapporten retter sig mod, har til formål at udvikle computerbaserede beslutningsstøtteværktøjer der kan anvendes ved valg af kontrolstrategi på besætningsniveau overfor almindelig lungesyge hos svin, hovedsageligt forårsaget af *Mycoplasma hyopneumoniae*; i det efterfølgende blot kaldt mycoplasma. Valget faldt på almindelig lungesyge hos slagtesvin fordi det er en væsentlig sygdom, og fordi den er veldokumenteret.

Sædvanligvis har valg af kontrolstrategier til bekæmpelse af sygdomme i svineproduktion været baseret på beslutningstagerens subjektive vurdering, intuition, holdninger til risiko og antagelser om de økonomiske konsekvenser ved iværksættelse af en kontrolstrategi. Projektets formål er derfor at udvikle et videnskabeligt baseret beslutningsstøtteværktøj som alternativ.

Den biologiske variation medfører med øget specialisering og stadig større bedrifter en større og større økonomisk usikkerhed og risiko. Det skal derfor være et centralt led i beslutningsværktøjer at kunne håndtere den vigtige sammenhæng mellem biologisk variation og økonomisk usikkerhed og risiko.

For at kunne håndtere den biologiske usikkerhed har vi valgt at opbygge modellen omkring et Bayesiansk net. Det Bayesiansk netværk er en statisk model der beskriver en steady state ligevægt mellem forskellige risikofaktorer og niveauet for den risiko for mycoplasma som besætningen er udsat for. Input til modellen er tilstanden/værdien af de forskellige risikofaktorer og resultater af veterinære undersøgelser for så vidt de er til rådighed. Nogen faktorer er let tilgængelige, størrelsen af besætningen, andre kræver en særlig indsats, fx en serologisk undersøgelse, udvidet slagterikontrol. Modellens output er i form af sandsynlighedsfordelinger der indgår i beregning af de økonomiske konsekvenser af forskellige måder at anvende kontrolstrategier mod mycoplasma, for eksempel intet at gøre, vaccination, ændring i management m.m.

Til opbygning af et Bayesiansk netværk kræves kvantificering af kausale sammenhænge for risikofaktorers indflydelse på mycoplasma og de er beskrevet og dokumenteret i denne rapport. Udgangspunktet for kvantificeringen af de kausale sammenhænge er allerede eksisterende danske og internationale undersøgelser og ekspertvur-

deringer refereret i CEPROS oversigtsrapporten Nielsen et al. [2000]. Med den som springbræt viser vi i nærværende rapport hvordan vi udnytter eksisterende danske og internationale undersøgelser til at fastsætte parametre og deres usikkerhed i et Bayesiansk netværk der forklarer svinesygdommen almindelig lungesyge forårsaget af mycoplasma ud fra en række risikofaktorer, hvor der foreligger solid videnskabelig begrundelse.

Ved opstilling af modellen har vi lagt meget stor vægt på at beskrive den biologiske variation. Det har vi gjort ved dels at beskrive effekten af risikofaktorer i form af sandsynligheder. Og dels ved at beskrive virkningen af de forskellige kontrolstrategier ved sandsynligheder. Når vi derfor ændrer på et input til modellen kan vi aldrig sige med sikkerhed hvilken effekt det vil få, men alene sige hvilke mulige effekter der vil være og hvad sandsynligheden for de forskellige muligheder er. Som output af modellen kan vi godt få tal der viser hvordan det vil gå i gennemsnit, men vigtigere er at vi kan sige hvor langt vi risikerer at komme fra dette gennemsnit og med hvilken sandsynlighed, dvs. en eksplicit angivelse af risiko.

I første omgang behandler vi alle faktorerne som om de er uafhængige, dvs. vi ser bort fra eventuelle vekselvirkninger. Vi vil i en anden sammenhæng tage denne problemstilling op til yderligere undersøgelse hvis det viser sig at der er væsentlige vekselvirkninger blandt modellens risikofaktorer som vi ikke bør se bort fra. Det er ikke fordi vi synes det er en ideel situation af behandle faktorerne uafhængige af hinanden, men fordi langt de fleste danske og internationale undersøgelser behandler faktorerne enkeltvis.

2. Perspektiver

I første omgang har vi som nævnt valgt kun at fokusere på én sygdom. Det giver lettelser i selve den tekniske side af modeludviklingen. Men samtidigt giver fokus på én sygdom problemer i den forstand at det ofte ikke er muligt at betragte en sygdom isoleret når vi søger økonomisk fornuftige kontrolstrategier.

Ved at sigte på en model for én sygdom og på en så simpel model som muligt får vi en mere overskuelig model. Samtidig får vi større sikkerhed for at få en model der virker for den ene sygdom med de begrænsninger som fokusering på én sygdom giver. Faren ved fra start at tænke en stor model med alle væsentlige og relevante sygdomme er at vi ikke kommer længere end til tanken og så måske mindre modelstumper der virker hver for sig, men hvor vi ikke har et samlet forløb fra den biologiske variation til den økonomiske usikkerhed og risiko. Der er tale om en ny type model og vi ville være nogenlunde sikre på at kunne nå et resultat i form af en fungerende model, selv om den kun er fungerende for en sygdom. De mangler og problemer der er i den her foreliggende model skal ses på den baggrund. Den foreliggende model kan håndtere hele forløbet fra risikofaktorer over biologisk variation til de økonomiske konsekvenser med tilhørende økonomiske usikkerhed og risiko – vi har en fungerende model med de begrænsninger vi fra starten selv har valgt.

Vi har valgt almindelig lungesyge fordi det er en væsentlig og central sygdom for slagtesvin, og fordi den kan ses som repræsentant for hele sygdomskomplekset luftvejslidelser. Samtidig er der tale om en veldokumenteret sygdom hvad angår risikofaktorer og kontrolforanstaltninger. I stor udstrækning har dette vist sig rigtigt som det også fremgår af den oversigt der blev udarbejdet i forbindelse med projektet [Nielsen et al., 2000]. Som sådan kan modellen betragtes som en mulig modelstruktur og -form for hele spektret af luftvejssygdomme for svin, slagtesvin.

Modellen er koncentreret om det biologiske grundlag for risikofaktorer for almindelig lungesyge for slagtesvin. Modellens begrænsninger er derfor at det er 1) en statisk model, 2) for kun én sygdom, og 3) den er ikke indlejret i praksis. At modellen er statisk betyder at den biologiske del alene er en model for en bedrift i stilstand, steady state. En bedrift der får sygdommen, vil i løbet af ganske kort tid komme fra en tilstand uden sygdommen til en tilstand med sygdommen; modellen kan beskrive de to tilstande, men ikke den dynamiske overgang mellem dem.

For kontrolforanstaltninger som ombygning og omlægning af produktionssystemet er den økonomiske horisont derimod lang og især effekten af ombygning og omlægning er noget der varer mange år. Her er det eneste område hvor dynamik over tid kommer til at spille en rolle. Det er en velkendt problemstilling inden for investeringsplanlægning, men den vil ikke blive behandlet nærmere i denne rapport selv om den er nok så væsentlig for bedriftens beslutningstager.

Den biologiske del af modellen er uafhængig af den økonomiske overbygning. Som antydet i flere af vores anvendelser kan modellen derfor også bruges som et egentligt diagnostisk værktøj. Ud fra forskellige typer af observationer og undersøgelser kan modellen give forslag til en diagnose. Modellen kan på den måde støtte dyrlægen i sin praksis som en reflekterende praktiker [Schön, 2001].

Forskellige sygdomme og deres økonomiske konsekvenser kan ikke ses hver for sig, men skal ses som en helhed og som en del af den samlede produktionsøkonomi. Der er meget få sygdomme der isoleret set alene kan gøre større kontrolforanstaltninger økonomisk rentable. Men større kontrolforanstaltninger vil ofte have indflydelse på mange sygdomme og vil derigennem kunne blive rentable når alle effekter medregnes. Der er derfor behov for at udvide modellen til at kunne håndtere de væsentligste sygdomme for svin hvis modellen for alvor skal kunne bruges i forbindelse med praktisk rådgivning.

Hvis modellens skal anvendes i forbindelse med konkret rådgivning på bedriftsniveau skal den kobles til de styringsværktøjer som allerede er i brug på svinebedrifterne. Et nyt værktøj med egne krav vil kun blive brugt når det optræder i naturlig forlængelse af eller oplagt erstatning for allerede benyttede værktøjer og derfor ikke kræver input, dobbelt input, som allerede findes i andre værktøjer.

Modellens mangler kan ikke alene henføres til at den kun behandler en sygdom, almindelig lungesyge. Datagrundlaget i form af danske og internationale veterinære artikler om forskellige risikofaktorers betydning betyder at vi kun har undersøgelser der ser på hver risikofaktor isoleret og ikke på et evt. samspil mellem dem, dvs. de undersøger ikke for vekselvirkninger. Det fremgår tydeligt af oversigtsrapporten Nielsen et al. [2000] hvor hver risikofaktor har sit eget afsnit og hvor begrebet vekselvirkning, eller det der ligner, overhovedet ikke optræder. Vi har ikke endnu været i stand til at afgøre betydningen af dette.

Ved projektets start kendte ingen af forfatterne til Bayesianske netværk. Her ved projektets afslutning i form af denne rapport har vi fået kendskab til metoderne og har fået stor erfaring i at opstille Bayesianske modeller og i deres praktiske brug. Samtidig har vi fået udviklet forskellige hjælpeværktøjer i forbindelse med automatisering af opstilling, dokumentation og brug af Bayesianske net.

3. Oversigt

Vi starter med en oversigt i kapitel 4 over modellens struktur og dens variabler og knuder. Her er alene tale om en grafisk fremstilling af modellen uden at vi endnu sætter tal på sammenhængene, men sådan at læseren hurtigt kan få et indtryk af modellen.

Vi har dernæst i kapitel 5 en gennemgang af modellen, hvordan parametre er lavet og frembragt. En egentlig og meget detaljeret gennemgang af de enkelte parametre er udskudt til appendiks.

I de efterfølgende kapitler viser vi forskellige måder at bruge modellen på. Både mere veterinære anvendelser og mere økonomiske. For at læse og forstå disse kapitler er det ikke nødvendigt med et egentligt kendskab til Bayesianske netværk, men en kort introduktion findes i appendiks F og G. Og det er ej heller nødvendigt at kende til hvordan tallene og parametrene i modellen er frembragt.

I appendiks har vi en kort gennemgang af sammenhængen mellem odds-ratio og betingede sandsynligheder, dernæst en mere detaljeret gennemgang af hvordan data er fastlagt og brugt for hver enkelt knude i modellen. Det kan synes en kedelig opremsning, men det er en nødvendig dokumentation af modellen, og det gør det muligt at forstå hvorfor modellen er som den er; ikke at den ikke kunne have være anderledes, men hvorfor den blev som den blev.

4. Beslutningsstøttemodellen

Vores model viser årsagssammenhænge mellem forskellige variable og beskriver de kvantitative sammenhænge ved betingede sandsynligheder – et Bayesiansk netværk [Jensen, 1996 og 2001]. Det betyder at når vi ændrer på en variabel, ændrer vi samtidigt på de betingede sandsynligheder for modellens øvrige variable. Hovedvægten i vores model ligger således på en stokastiske beskrivelse af de biologiske og økonomiske forhold. Dette er i modsætning til en sædvanlig deterministisk model hvor vi med "sikkerhed" kan sige hvordan værdien af en variabel påvirker værdierne af de andre variabler. I vores model ved vi ikke med sikkerhed hvad der sker, kun at der sker en ændring i sandsynlighedsfordelingen. Vi kan derfor ikke sige at ændring af den og den kontrolvariabel fjerner en sygdom og giver det og det økonomiske udbytte. Vi kan kun sige at sandsynligheden for at sygdommen fremkommer er blevet så og så lille, og at sandsynligheden for et økonomisk fordelagtigt afkast er blevet så og så stor – der kan stadig være en sandsynlighed, risiko, for at den ændrede kontrolvariabel ikke fjerner sygdommen og derfor alene medfører udgifter; det vigtige i vores model er at vi kan sætte tal på denne sandsynlighed, risiko. Dermed kan vi overlade det til beslutningstageren at afveje hvilke risici vedkommende er villig til at indlade sig på og hvilke vedkommende allerede er involveret i.

4.1. Overordnet struktur i modellen

Inden vi gennemgår den samlede model med alle dens detaljer gør vi et lille sidespring og forklarer et par begreber vi bruger i forbindelse med den grafiske beskrivelse af modellen.

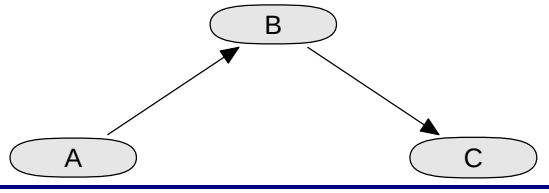
Årsagssammenhæng og pile

Årsagssammenhængen i modellen, den kausale struktur, er i figurer vist så årsagsfølgen sker i pilens retning; pilene viser den kausale sammenhæng i modellen.

I figur 4.1 har vi vist hvordan det ser ud når A påvirker B eller som vi også tit siger det: når A er årsag eller delvis årsag til B. På samme måde er der også en direkte sammenhæng fra B til C. Men der er ingen direkte sammenhæng fra A til C, kun en indirekte via at A påvirker B der så igen påvirker C. Hver pil angiver således en direkte årsagssammenhæng mellem de to involverede variable eller knuder. Hvis der ikke er nogen pil mellem to variable er der heller ikke nogen direkte årsagssammenhæng mellem dem. I grafteori bliver pilene ofte kaldt for kanter eller mere præcist for orienterede kanter. I appendiks F gennemgår vi et lille eksempel med et helt Baye-

siansk netværk hvor vi også sætter tal på styrken af sammenhængen, og i appendiks G er vist et lille veterinært eksempel.

Figur 4.1. Årsagssammenhæng vist ved pile: A påvirker B og B påvirker C

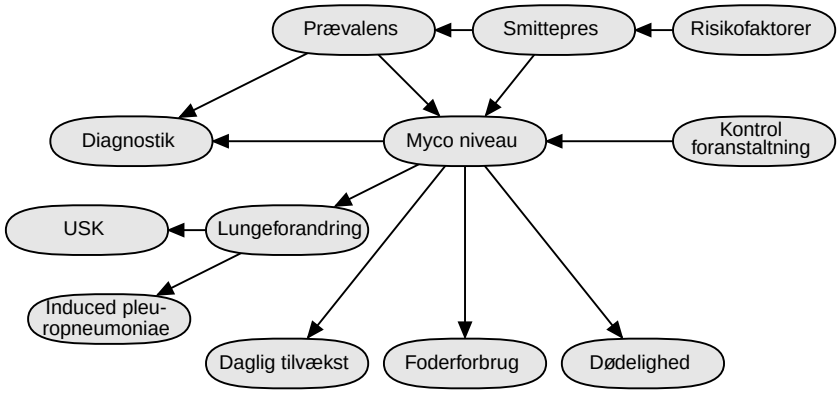


Knuder, punkter og variabler

Når vi analyserer modellen i en graf som i figur 4.1 bruger vi tit betegnelser fra grafteori. Hvad vi normalt kalder variabler kaldes i grafteori for knuder eller punkter. En graf som vores model bliver i grafteori kaldt for en orienteret graf fordi der er pile med en retning mellem knuderne.

Til hver knude hører en variabel der kan antage én af et endeligt antal *tilstande*. Fx »ja« eller »nej« ved to mulige tilstande. Med fire mulige tilstande fx »ingen«, »lav«, »mellem« eller »meget«. Vi nummererer ofte tilstandene så den første tilstand har nr. 0, den næste nr. 1 og så fremdeles. I det første af ovenstående eksempler betyder det at tilstand 0 er »ja« og tilstand 1 er »nej«. I det andet eksempel er tilstand 0 »ingen«, tilstand 1 er »lav« osv. Vi kalder ofte tilstand 0 for *basistilstand* eller for tilstanden der svarer til standardniveauet. I vores model har vi valgt rækkefølgen for tilstandene så den første tilstand giver mindst muligt mycoplasma; ofte svarer dette til hvad der opfattes som en naturlig rækkefølge.

Figur 4.2. Overordnet årsagssammenhæng for beslutningsstøttesystem til sundhedsstyring ved mycoplasma



Vi vender nu tilbage til grundstrukturen, den kausale sammenhæng, i vores model som den er vist i figur 4.2. Vi starter gennemgangen i øverste højre hjørne. Forskellige risikofaktorer og andre forhold der påvirker eller forventes at kunne påvirke smittepresset, er slået sammen i risikofaktorer. Variablen smittepres er en såkaldt latent variabel som ikke direkte kan måles eller vejes, men som forventes at påvirke dels hvor mange dyr der er smittet, prævalens, dels hvor svært de smittede er ramt, myco niveau.

Hvor hårdt dyrene er ramt af mycoplasma indgår i modellen i knuden myco niveau, niveauet for mycoplasma. Niveauet for mycoplasma afhænger af smittepresset og af prævalensen. Det påvirker produktiviteten i form af daglig tilvækst, foderforbrug og dødelighed der igen påvirker bedriftens indtægter - bedriftens indtægter og omkostninger er ikke vist i grafen.

Prævalensen af mycoplasma kan bestemmes ved en serologisk undersøgelse, en del af diagnostik. Afhængig af hvor hårdt dyrene er ramt af sygdommen, dvs. hvor høj myco niveau er, får de ingen, små eller store lungeforandringer. Lungeforandringer kan ikke observeres direkte, men først ved USK (udvidet slagterikontrol) i forbindelse med slagtning. Derudover kan lungeforandringer forsaget af mycoplasma gøre det nemmere for andre bakterier at angribe lungen og evt. føre til pleuropneumoni, induced pleuropneumoniae. Ved at lave USK får vi oplysninger om lungeforandringer og dermed

indirekte også om niveauet for mycoplasma. Vi kan derfor se at selv om årsagssammenhængen følger pilenes retning, kan information løbe mod pilene. Ved at få viden om niveauet af USK får vi indirekte viden om lungeforandring og dermed også indirekte viden om myco niveau.

En driftsleder kan påvirke sygdommen mycoplasma ved enten at mindske risikofaktorer, fx gennemføre forebyggende foranstaltninger eller ændringer i management så dyrene ikke bliver syge eller forhåbentligt i det mindste bliver mindre syge, eller ved at gå ind og forebygge eller mindske sygdommen når dyrene er blevet syge, kontrol foranstaltninger, fx medicinering.

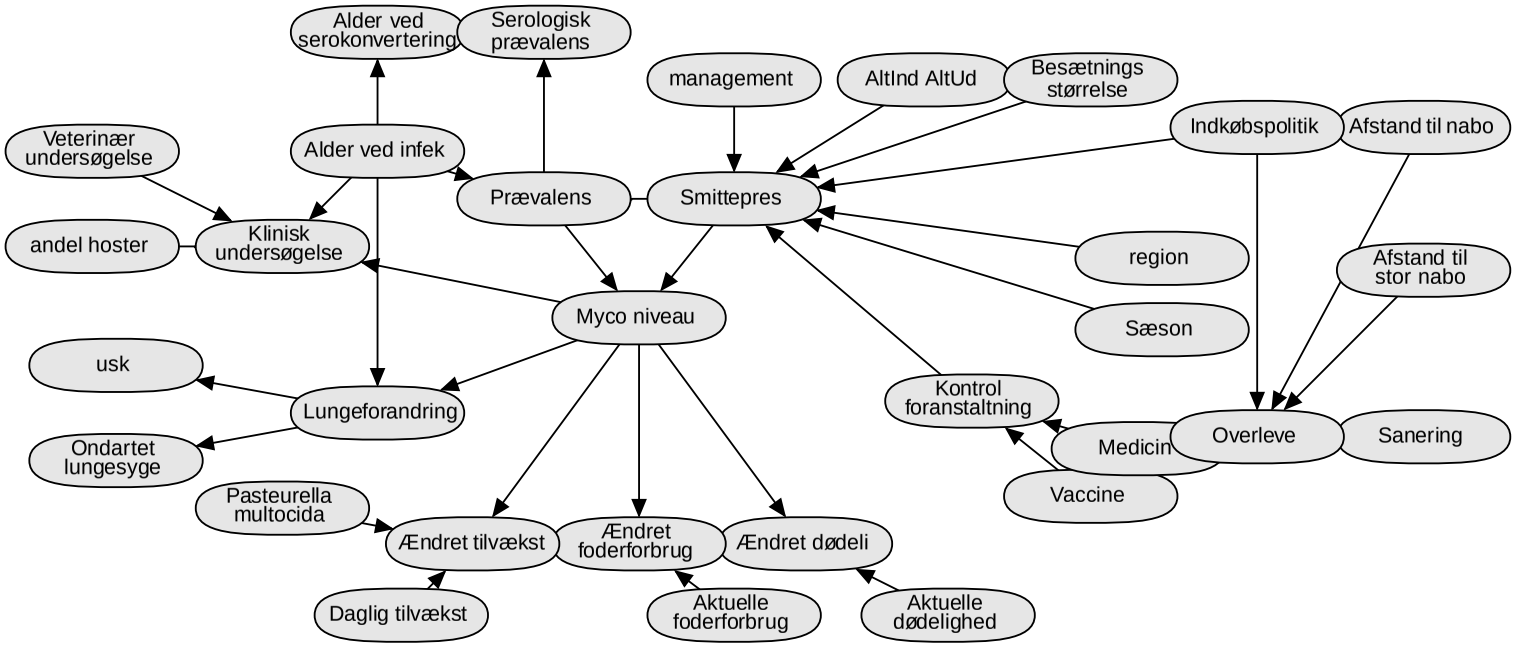
For at kunne bruge modellen til beslutningsstøtte er det vigtigt at have kendskab til det faktiske niveau for mycoplasma, myco niveau, og til smittepresset. Jo mere præcist vi kender til myco niveau, jo mere præcist kan vi sige hvordan ændringer i risikofaktorer og kontrol foranstaltninger vil kunne forventes at ændre myco niveau og dermed produktivitet og økonomi for bedriften. Men dette kendskab får vi kun indirekte via (veterinære) undersøgelser og USK. Vi kan aldrig med fuld sikkerhed kende myco niveauet.

Man skulle forvente at staldmiljø i form af temperatur, ventilation, fugtighed og luftkvalitet (fx NH_3, CO_2, støv, træk og kim) ville påvirke forekomsten af lungesyge. Men litteraturoversigten udført af Nielsen et al. [2000] har ikke fundet dokumentation for at disse faktorer enkeltvis er risikofaktorer. Derfor er de ikke medtaget som individuelle faktorer i modellen.

4.2. Den hele model

For at læseren skal få en fornemmelse af modellens størrelse og kompleksitet har vi vist dens kausale struktur for hele den veterinære del af modellen i figur 4.3. I tabel 4.1 har vi en nærmere beskrivelse af de enkelte knuder/variabler, og i tabel 4.2 er vist de mulige tilstande for hver knude. Vi forventer ikke at læseren ud fra denne graf og tilhørende tabeller kan få et detaljeret kendskab og forståelse af sammenhængen i modellen, vi håber alene at give en fornemmelse af størrelsen og den overordnede struktur.

Figur 4.3. Den hele model



Tabel 4.1. Modellens variable

Variabel	Label	Tekst
Age-sero	Alder ved serokon-vertering	Grisens alder ved serokonvertering i besætningen
Aiau	AltInd AltUd	Praktiseres der helt konsekvent alt-ind-alt-ud i besætningen fra fravænning til slagtning?
Clinical	Klinisk undersøgelse	
Control	Kontrol foranstaltning	Kontrolstrategier
Cough	andel hoster	Andel af grisene i besætningen der hoster inden for et tidsinterval på 2 minutter
Ddeath	Ændret dødelighed	Ændring i dødelighed som følge af Mycoplasma i besætningen
Ddwg	Ændret tilvækst	Ændring i gennemsnitlig daglig tilvækst som følge af Mycoplasma i besætningen, slagtesvin
Death	Aktuelle dødelighed	Dødelighed i besætningen, inkl. kassation, ved slagtning
Depopulation	Sanering	Bliver der lavet en depopulation (sanering) i besætningen
Dfeed	Ændret foderforbrug	
Cwg	Daglig tilvækst	Aktuelle gennemsnitlig daglig tilvækst i besætningen, slagtesvin
Feed-conversion	Aktuelle foderforbrug	Foderforbrug i besætningen. Procentvis ændring i forhold til normal, dvs. sygdomsfri
Infection-press	Smittepres	Hvordan er det sande generelle smittepres i besætningen. Lungeforandringer relateret til Mycoplasma hyopneumonia
Large-neighbour-dist	Afstand til stor nabo	Afstand til nærmeste besætning med over 500 grise
Lung-lesion	Lungeforandring	Den sande forekomst af lungeforandringer som følge af Mycoplasma hyopneumonia i besætningen
Management		Hvordan er management i besætningen, ikke hvordan vi ville ønske det var, men hvordan det aktuelt er
Medication	Medicin	
Myco-level	Myco niveau	Det sande niveau for Mycoplasma hyopneumonia i besætningen, dvs. hvor hårdt grisene er ramt af sygdommen
Neighbour-dist	Afstand til nabo	Afstand til nærmeste besætning med grise
Pig-age-inf	Alder ved infektion	Hvor stor er grisen når den udsættes for infektioner
Pleuro	Ondartet lungesyge	Forekomsten af pleuropneumoniae, observeret ved usk
Pmt	Pasteurella multocida	Forekomst af PMT i besætningen, dvs. forekomsten af toxin producerende Pasteurella multocida
Prevalence	Prævalens	Den sande prævalens i besætningen, dvs. hvor mange grise er reelt smittede med Mycoplasma hyopneumonia
Purchase	Indkøbspolitik	Antal forskellige steder der leverer grise til besætningen, size indkøbssteder
Region		Besætningens geografiske beliggenhed
Season	Sæson	Hvornår på året anvendes beslutningsstøtteværktøjet
Serologi-pre	Serologisk prævalens	Hvilken serologisk prævalens findes i besætningen ud fra den serologiske undersøgelse, målt serologisk prævalens
Size	Besætnings størrelse	Hvor mange grise er der i besætningen, opgjort som leverede slagtesvin fra besætningen pr. år
Survival	Overleve	Sandsynlighed for at besætningen overlever som Mycoplasma hyopneumonia fri hvis den er saneret
Usk		Resultat fra USK (Udvidet slagterikontrol). Viser fordelingen af lungeforandringer relateret til almindelig lungesyge i besætningen
Vaccination	Vaccine	Vaccineres grisene i besætningen
Vet	Veterinær undersøgelse	Veterinærens fornemmelse om hvad der forgår i besætningen – veterinærens intuition i Dreyfus og Dreyfus's forstand [Dreyfus og Dreyfus, 1986]; Veterinærens subjektive mening og skøn

Tabel 4.2. Tilstande for modellens variable

Variabel	Label	Tilstande			
Age-sero	Alder ved serokonvertering	Tidlig	Mellem	Sen	Aldrig
Aiau	AltInd AltUd	Ja	Nej		
Clinical	Klinisk undersøgelse	Lidt	Mellem	Meget	
Control	Kontrol foranstaltning	God	Middel	Dårlig	Ingen
Cough	Andel hoster	0-10 pct.	10-20 pct.	20 pct.–	
Ddeath	Ændret dødelighed	0 pct.	½ pct.	1 pct.	1½ pct.
Ddwg	Ændret tilvækst	0 g	-30 g	-60 g	-90 g
Death	Aktuelle dødelighed	2 pct.	3 pct.	4 pct.	5 pct.
Depopulation	Sanering	Nej	Ja		
Dfeed	Ændret foderforbrug	0	1-5 pct.	5-10 pct.	10-15 pct.
Dwg	Daglig tilvækst	800 g	840 g	880 g	920 g
Feed-conversion	Aktuelle foderforbrug	Basis			
Infection-press	Smittepres	Ingen	Lav	Mellem	Høj
Large-neighbour-dist	Afstand til stor nabo	3.000 m	1.000 m	200 m	
Lung-lesion	Lungeforandring	0-1 pct.	2-5 pct.	6-10 pct.	11 pct.–
Management		God	Middel	Dårlig	
Medication	Medicin	Ingen	Ja		
Myco-level	Myco niveau	Ingen	Lav	Mellem	Høj
Neighbour-dist	Afstand til nabo	3.000 m	1.000 m	200 m	
Pig-age-inf	Alder ved infektion	7-25 kg	25-50 kg	50-100 kg	Aldrig
Pleuro	Ondartet lungesyge	0-10 pct.	10 pct.–		
Pmt	Pasteurella multocida	Nej	Ja		
Prevalence	Prævalens	Ingen	Lav	Middel	Høj
Purchase	Indkøbspolitik	0	1	2 eller flere	
Region		Øerne	Jylland		
Season	Sæson	September (aug.-okt.)	December (nov.-jan.)	Marts (feb.-apr.)	Juni (maj-jul.)
Serologi-pre	Serologisk prævalens	Nul	Lav	Middel	Høj
Size	Besætnings størrelse	1-1.000	1.001-3.000	3.001-5.000	5.001–
Survival	Overleve	Høj	Mellem	Lav	
Usk		0 pct.	1-5 pct.	6-10 pct.	11 pct.–
Vaccination	Vaccine	Nej	Ja		
Vet	Veterinær undersøgelse	Intet	Lidt	Mellem	Meget

Vi gennemgår i appendiks C datagrundlaget for hver knude, og der vil den meget tålmodige læser forhåbentligt få en øget forståelse af modellens detaljer.

4.3. Produktivitetsknuder

I modellen er der to knuder for daglig tilvækst. En knude der viser bedriftens aktuelle daglige tilvækst, og en knude der viser ændringer i daglig tilvækst som følge af ændringer i myco niveau, og hvis størrelse er afhængig af den aktuelle daglige tilvækst. Det løser flere problemer.

- Mulig ændring af daglig tilvækst kommer til at afhænge af besætningens aktuelle niveau.
- Ross [1999, s. 496] skriver at variationer i lungeforandringer kun kan forklare en mindre del af variationen i daglig tilvækst, og at den resterende variation skyldes faktorer som omgivelser, foder, gener og management. Ved at oprette en knude for den aktuelle daglige tilvækst behøver vi ikke at indføre alle disse faktorer for at kunne forklare den aktuelle daglige tilvækst.
- Straw et al. [1990] bruger en lineær model for sammenhængen mellem lungeforandringer og daglig tilvækst. Deres skæring svarer stort set til den øvre kvartil i daglig tilvækst (gennemsnit + 0.67 ·SD) og herefter kan vi blot betragte hældningen som konstant og lade skæringen følge den faktiske øvre kvartil som den er ifølge e-kontrollen. Daglig tilvækst er dog noget større i dag end for 10 år siden da Straw m.fl. lavede deres forsøg, men mon hældningen er den samme?

Ved både at have en knude der viser det aktuelle niveau for daglig tilvækst, og en knude der viser hvordan vi kan forvente ændringer i forhold til dette niveau hvis der sker ændringer, kan vi bruge oplysninger om faktisk daglig tilvækst for en given bedrift. Har vi ikke oplysninger om daglig tilvækst for en bedrift bruger vi blot gennemsnitstal for en bedrift med samme karakteristika som den foreliggende bedrift. Men når vi har de rigtige tal for daglig tilvækst er det dem modellen regner på.

For de to andre produktivitetsknuder, foderforbrug og dødelighed, gør samme forhold sig gældende.

5. Datakonstruktion

5.1. Datagrundlaget og dets form

I mycoplasmarapporten [Nielsen et al., 2000] er oplysninger om risikofaktorer for mycoplasma givet i form af odds-ratioer. En transformation af odds-ratioer er derfor nødvendig fordi programmet Hugin til beregning af Bayesianske net skal bruge kvantitative sammenhænge i form af overgangssandsynligheder. Da odds-ratio er langt den mest udbredte måde at videregive størrelsen af kvantitative sammenhænge på inden for epidemiologi, er det et generelt problem i forbindelse med opstilling af Bayesianske netværk ud fra epidemiologiske undersøgelser og ikke et problem der er særligt knyttet til vores problemstilling.

Odds-ratio

Når epidemiologer taler om størrelsen af en risikofaktor for en sygdom eller anden hændelse bruger de ofte begrebet *odds-ratio*. Jo større odds-ratio der findes for en risikofaktor, jo større er sandsynligheden for at få sygdommen når faktoren er tilstede i forhold til at få sygdommen når faktoren ikke er tilstede. Vi giver en formel definition af begrebet odds-ratio i appendiks A.

I den veterinære litteratur bliver odds-ratio ofte kaldt for den tilnærmede relative risiko for en sygdom, hvilket er tilnærmelsesvis rigtigt hvis sandsynligheden for sygdommen er lille [Martin et al., 1987, side 131]. For læsere med kendskab til logistisk regression kan vi sige at de her estimerede parametre kan fortolkes som logaritmen af odds-ratio.

Læsere med kendskab til hestevæddeløb kender til begrebet odds. Her er odds for en hest det antal gange man får sin indsats igen hvis hesten vinder. Odds-ratio er forholdet mellem to forskellige odds.

5.2. Data vi kan finde - data vi behøver

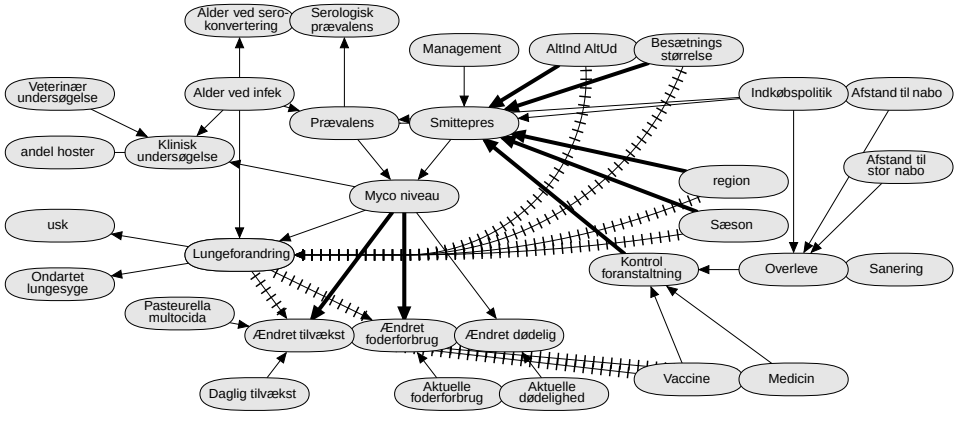
Desværre er det ikke alle de oplysninger vi gerne vil have som vi kan finde i mycoplasmarapporten [Nielsen et al., 2000] eller i tilsvarende undersøgelser fra artikler og tidsskrifter. Fx er der ingen oplysninger om begrebet smittepres. Der er derfor ingen tal overhovedet for hvordan smittepresset påvirker niveauet for mycoplasma, og det er et åbent spørgsmål om der overhovedet findes nogen målestok for smittepres. Smittepres er således et eksempel på en latent variabel. Vores brug af latente variable

er nødvendig; fx påvirker region ikke direkte lungevævet med deraf følgende lungeforandringer som vi har kvantitativ information om. Den kausale sammenhæng fra region til lungeforandring er fra region til smittepres (der er højere i Jylland), videre til mycoplasma niveauet, myco niveau, jf. figur 4.3. Det er herefter myco niveau der er den direkte årsag til forandring af lungevæv, lungeforandring. Da det er myco niveau der direkte påvirker produktiviteten, daglig tilvækst m.fl., og ikke alene selve lungeforandringen, bliver vi nødt til at have en direkte eller indirekte effekt fra alle risikofaktorer til myco niveau via smittepres. Men næsten alle undersøgelser viser effekten på lungeforandringer. Det er et centralt dataproblem som vi støder ind i mange gange.

De undersøgelser og odds-ratio vi bruger er i sig selv behæftet med usikkerhed. Når vi beregner betydningen af den biologiske usikkerhed er det derfor inklusive den parameterusikkerhed og modelusikkerhed der følger af at det er en empirisk model. Der er dog undersøgelser der viser at når vi alene ser på diagnostiske modeller leder denne usikkerhed kun til en beskeden nedgang i diagnosens præcision [Henrion et al., 1996].

Vi har i figur 5.1 vist hele modellen igen. Men denne gang har vi også vist hvilke direkte kausale sammenhænge vi mangler oplysninger om, de pågældende pile er federe end de andre pile. Omvendt viser overstregede pile kvantitative oplysninger som vi har, men som vi ikke direkte skal bruge i modellen.

Figur 5.1. Modellen: Hvad vi har, hvad vi vil have og hvad vi ikke vil bruge



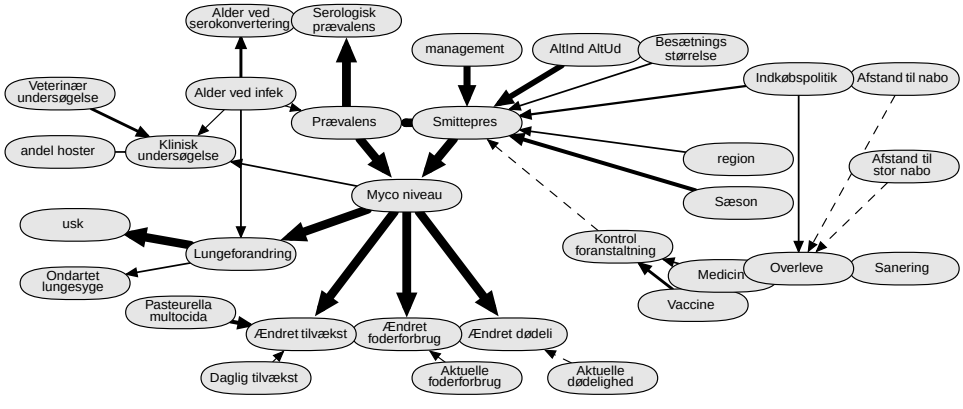
Anm.: Årsagssammenhænge vist ved fede pile er årsagssammenhænge som vi ikke har direkte kvantitative informationer om. Overstregede pile er kvantitative informationer som vi bruger, men som ikke svarer til årsagssammenhænge i modellen.

Som det ses, har vi mange undersøgelser der viser virkningen af risikofaktorer på lungeforandringer, lungeforandring. Men i vores model er virkningen fra risikofaktorer ikke direkte til lungeforandring, men til smittepres. Det giver anledning til forskellige matematiske og tekniske problemer. I et Working Paper fra Fødevareøkonomisk Institut [Otto, 2001] har vi detaljeret gjort rede for hvordan vi kan beregne parametrene til Hugin i form af overgangssandsynligheder hvis vi ikke har de nødvendige informationer direkte. Når vi senere beregner de overgangssandsynligheder vi har behov for, bruger vi disse metoder uden yderligere forklaringer.

5.3. Betydningen af de enkelte risikofaktorer

For at give en indtryk af betydningen af de enkelte risikofaktorer i modellen har vi gentegnet modellen i figur 5.2 sådan at tykkelsen af pilene er proportional med odds-ratio.

Figur 5.2. Betydningen af en risikofaktor er proportional med tykkelsen af pilene

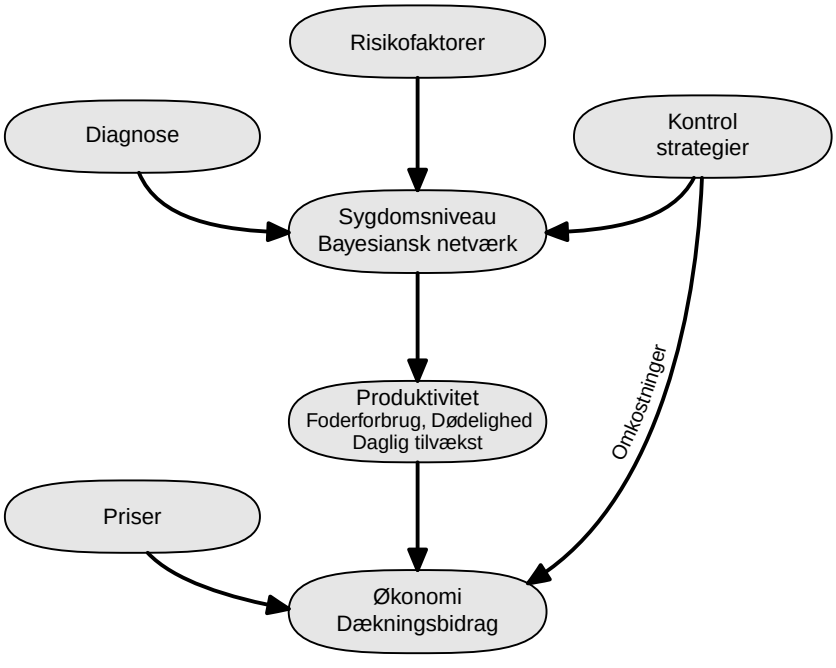


Hvis odds-ratio er mindre end 1.0 er tykkelsen proportional til den inverse odds-ratio. Enkelte odds-ratio er meget store, mest i forbindelse med sensitivitet, så for ikke at få for tykke pile der dækker for alle andre har vi sat en maksimum tykkelse på 6 punkter, ca. 2 mm. Odds-ratio der ikke har fået nogen værdi eller som er eksakt 1.0 er vist med en stiplet linje.

6. Økonomiske konsekvenser

Vi kan bruge ovenstående Bayesianske netværk som grundlag for at udregne de økonomiske konsekvenser af forskellige kontrolstrategier. Igen nøjes vi med en grafisk oversigt. Her som ved beskrivelsen af biologien lægger vi vægten på den stokastiske usikkerhed. I figur 6.1 viser vi sammenhængen mellem de forskellige modeldele, og vi kan her se hvor de økonomiske beregninger kommer ind.

Figur 6.1. Sammenhængen mellem modellens dele



Risikofaktorer har biologiske konsekvenser som vi beregner i det Bayesianske net, og de har igen konsekvenser for produktivitetsforhold som tidligere forklaret. I kapitel 10 og 11 ser vi på de økonomiske omkostninger ved mycoplama i besætninger. En implementeret kontrolstrategi vil sænke Myco niveau og dermed forøge produktiviteten. Den forøgede produktion giver på den ene side en bedre økonomi og på den anden side er der også omkostninger ved at gennemføre den. I kapitel 12 viser vi hvordan man kan veje de to sider mod hinanden for forskellige konkrete kontrolstrategier.

7. Observation af en besætning: Værdien af information

I dette afsnit viser vi hvordan det Bayesianske netværk for mycoplasma kan bruges til at etablere mere eller mindre vished (evidence) om besætningens sande tilstand afhængig af resultatet af vores informationer/observationer af besætningen. Selv om den sande tilstand for en knude er en bestemt tilstand vil vores viden næsten altid være ufuldstændig og derfor være i en form der knytter positive sandsynligheder til flere af knudens tilstande, dvs. vores viden vil være i form af sandsynlighedsfordelinger. Når vi derfor taler om ændringer i vores viden om en knude mener vi ændringer i sandsynlighedsfordelingen for den pågældende knudes tilstande. For et Bayesiansk net vil ændringer i sandsynlighedsfordelingen for en knude medføre ændringer i sandsynlighedsfordelingen for alle andre knuder i nettet; en enkel introduktion til Bayesianske net findes i appendiks F. Hvis vi har brug for at tale om sikker viden om en tilstand for en knude svarer det til den sandsynlighedsfordeling der har 100 pct. for den pågældende tilstand og 0 for alle andre tilstande. Vi vil ikke gå ind på det praktiske, teoretiske og filosofiske spørgsmål om en hændelse med sandsynlighed på 0 faktisk kan ske.

Når vi observerer en besætning, enten bogstaveligt eller ved en veterinær undersøgelse, får vi viden om en eller flere af knuderne i den forstand at vi ved hvilken tilstand knuden har. Vi siger vi får *vished* om knuden. Det betyder at vi har en udartet sandsynlighedsfordeling for knuden, dvs. en sandsynlighedsfordeling hvor den observerede tilstand for knuden får tildelt sandsynligheden 100 pct. og alle knudens andre tilstande for tildelt 0 pct. For alle andre knuder, hvor vi ikke har nogen vished, beregner vi fordelingen med udgangspunkt i de knuder hvor vi har vished. De beregnede fordelinger stemmer således overens med den vished vi har om udvalgte knuder. Hvis vi ændrer på visheden for en knude vil det påvirke de beregnede fordelinger for de andre knuder, men selvfølgelig ikke de knuder hvor vi har vished.

Vi gennemfører beregninger for værdien af observationer hvor vi får information og vished for to typer af besætninger. En *lavrisiko besætning* karakteriseret ved segmenteret produktion (alt ind-alt ud), en lille besætningsstørrelse og ingen indkøb af grise, og en *højrisiko besætning* karakteriseret ved kontinuert produktion, en stor besætning og køb af grise fra flere steder.

Den centrale variabel i modellen og den variabel der direkte påvirker produktivitets variablene, er niveauet for mycoplasma i besætningen, myco niveau; den er fremhævet med fed skrift i de kommende tabeller. Resultaterne for lavrisiko besætningen er

vist i tabel 7.1. I hver søjle i tabellen er der samlet forskellige former for vished, observation eller information for en eller flere knuder, dvs. viden om hvilken tilstand eller værdi en knude har. Den vished vi har, dvs. hvad vi har observeret, er vist med kursiv i en given søjle ud for de pågældende knuder; de kan ofte kendes på at være de eneste variable hvor en af tilstandene er 100 pct.

Den lavrisiko besætning vi forestiller os er som nævnt lille og det betyder her at den er i størrelsen 1-1000 leverede slagtesvin om året, dvs. en besætning i den første af de 4 tilstande vi har for størrelsen af besætningen, size i tabel 4.2. Vi har derfor vished om at variablen size er i den første tilstand. Vi markerer det i tabel 7.1 ved at skrive *100* med kursiv i den række for størrelsen size der svarer til 1-1.000 og 0 i de andre rækker for size. Vi markerer besætningens andre karakteristika på tilsvarende måde. Vi har således 100 pct. i alle søjler i den række der svarer til segmenteret produktion, dvs. ja til all in-all out og 100 pct. for 0 i indkøbspolitik.

For højrisiko besætningen er besætningsstørrelsen over 5.000 leverede slagtesvin om året. Der står derfor 100 pct. i 5.000-rækkerne for størrelsen i tabel 7.3 og tilsvarende for de andre karakteristika.

I vores gang gennem søjlerne i tabel 7.1 og 7.3 samler vi mere og mere vished. Efterhånden som vi samler vished bliver det indført i de relevante søjler som 100 pct. for den observerede tilstand og fremhævet i kursiv.

7.1. Lavrisiko besætning

Vi starter i lavrisiko besætningen med kun at have vished om de ikke-veterinære karakteristika, søjle 1 i tabel 7.1. Vi kan se at uden yderligere vished er sandsynligheden 63 pct. for tilstanden ingen for prævalens i besætningen og sandsynligheden er 56 pct. for tilstanden ingen for Myco niveau i besætningen. Hvis vi lavede en serologisk undersøgelse ville vi ud fra søjle 1 forvente at den viste en serologisk prævalens på nul med sandsynligheden 51 pct. og en høj serologisk prævalens med 9 pct. - forskellen mellem sandsynligheden for serologisk prævalens og prævalens, den sande prævalens, skyldes sensitiviteten og specificiteten af den serologiske undersøgelse, dvs. at den serologiske undersøgelse ikke er fuldstændig sikker. Vi kan også se at sandsynligheden for at en udvidet slagterikontrol, USK, finder nul lungeforandringer er 65 pct., og at nul sande lungeforandringer har en sandsynlighed på 54 pct. Igen skyldes forskellen mellem det fundne (undersøgte) og det sande at undersøgelsen ikke er fuldstændig sikker; dyrlæger bruger begreberne sensitivitet og specificitet om dette forhold.

Tabel 7.1. Værdien af information: Lavrisiko besætninger

Pct.	1	2	3	4	5	6	7	8
Risikofaktorer								
AltInd AltUd								
Ja	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Nej	0	0	0	0	0	0	0	0
Besætningsstørrelse								
1-1.000	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
1.001-3.000	0	0	0	0	0	0	0	0
3.001-5.000	0	0	0	0	0	0	0	0
5.001–	0	0	0	0	0	0	0	0
Indkøbspolitik								
0	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2 eller fl	0	0	0	0	0	0	0	0
Biological nodes								
Smittepres								
Ingen	67	91	50	95	82	78	32	45
Lav	22	8	15	4	8	14	6	13
Mellem	8	1	15	0	4	6	13	16
Høj	3	0	20	0	6	3	49	26
Serologisk prævalens								
Nul	51	*100*	0	*100*	*100*	0	0	26
Lav	26	0	0	0	0	0	0	16
Middel	14	0	0	0	0	0	0	22
Høj	9	0	*100*	0	0	*100*	*100*	36
Prævalens								
Ingen	63	93	35	97	83	73	4	28
Lav	22	5	12	3	5	12	1	11
Middel	11	1	15	0	4	6	7	19
Høj	5	0	38	0	8	8	88	42
Myco niveau								
Ingen	**56**	**83**	**32**	**92**	**54**	**70**	**3**	**18**
Lav	**26**	**13**	**15**	**7**	**10**	**16**	**1**	**10**
Mellem	**12**	**2**	**19**	**1**	**8**	**8**	**8**	**19**
Høj	**5**	**1**	**35**	**0**	**29**	**6**	**88**	**52**
Usk								
0 pct.	65	82	41	*100*	0	*100*	0	0
1-5 pct.	20	12	20	0	0	0	0	0
6-10 pct.	10	4	21	0	0	0	0	0
11 pct.–	5	2	18	0	*100*	0	*100*	*100*
Lungeforandring								
0-1 pct.	54	78	31	90	33	71	2	12
2-5 pct.	27	16	16	9	7	17	1	6
6-10 pct.	13	4	20	1	8	7	5	14
11 pct.–	6	2	34	0	52	4	92	68
Konfliktmål	100	42	143	19	133	128	58	160

Vishedsgrupper:

1. Ingen vished
2. Serologisk prævalens: nul
3. Serologisk prævalens: høj
4. Serologisk prævalens: lav; usk 0 pct.
5. Serologisk prævalens: lav; usk ≥ 11 pct.
6. Serologisk prævalens: høj; usk 0 pct.
7. Serologisk prævalens: høj; usk ≥ 11 pct.
8. Serologisk prævalens: ukendt; usk ≥ 11 pct.

Sensitivitet er et udtryk for testens evne til at klassificere de syge dyr korrekt. Sensitiveteten er sandsynligheden for at få en positiv test for et sygt dyr. Hvis fx sensitiviteten er 80 pct. er der 80 pct. sandsynlighed for at et sygt dyr med testen viser tegn på sygdom. Modsat er der 20 pct. sandsynlighed for at en prøve fra et sygt dyr ikke i testen viser tegn på sygdom. En test med høj sensitivitet medfører få falske negative resultater. Sensitiviteten er meget lavere i kronisk inficerede besætninger Nielsen et al. [2000, side 12, tabel 3.3].

Specificitet er et udtryk for testens evne til at klassifivere de ikke-syge korrekt. Specificiteten er sandsynligheden for en negativ test for et rask dyr. Hvis fx specificiteten er 90 pct. er der 90 pct. sandsynlighed for at et rask dyr ikke viser tegn på sygdom. Modsat er der således 10 pct. sandsynlighed for at et rask dyr i testen viser tegn på sygdom. En test med høj specificitet medfører få falske positive resultater.

Hverken sensitivitet eller specificitet er 100 pct. for nogen af de relevante veterinære undersøgelser i forbindelse med mycoplasma. Derfor kan vi aldrig være fuldstændig sikker på at en besætning er rask bare fordi en undersøgelse viser den er rask. Og vi kan heller ikke være fuldstændig sikre på at en besætning er syg bare fordi en undersøgelse viser den er syg. Afvejningen af flere af disse usikkerheder på en gang er netop styrken ved et Bayesiansk netværk.

Nu forestiller vi os at vi rent faktisk laver en serologisk undersøgelse. Den første vished vi får er derfor fra en serologisk undersøgelse og vi betragter to mulige udfald af undersøgelsen. Det første mulige udfald er nul serologisk prævalens og det er vist i søjle 2 i tabel 7.1, hvor serologisk prevalens har sat sandsynligheden til 100 pct. for nul tilstanden. Det andet mulige udfald vi betragter er høj serologisk prævalens og det er vist i søjle 3 med 100 pct. ud for højt niveau af serologisk prevalens.

Lad os se på betydningen af vores vished om nul serologisk prævalens, serological prevalence, i søjle 2. Nu er sandsynligheden for nul sand prævalens, prevalence, steget til 93 pct. Visheden om at en serologisk undersøgelse har vist nul prævalens betyder at sandsynligheden for ingen sand prævalens stiger fra 63 pct. til 93 pct. På samme tid er sandsynligheden 0 pct. for en høj sand prævalens, prevalence.

Hvis den serologiske undersøgelse i stedet havde vist en høj prævalens får vi resultaterne i søjle 3. Nu er sandsynligheden for nul sand prævalens faldet til 35 pct. og sandsynligheden for høj sand prævalens steget til 38 pct. Bemærk at sandsynligheden

for lav og middel sand prævalens kun er 12 og 15 pct. Fordelingen for den sande prævalens har derfor en særlig form med en tynd midte og tykke haler. Den kan synes at være en underlig form, men der er en rimelig forklaring. Vi har nu to modsat rettede former for vished. På den ene side har vi en besætning der er karakteriseret som værende en lavrisiko besætning og på den anden side har vi en serologisk undersøgelse der viser at der er høj prævalens i besætningen. Enten er lavrisiko karakteristikken rigtigt og prævalensen er nul eller også er den serologiske undersøgelse rigtig og prævalensen er høj. Der er lille sandsynlighed for at sandheden skulle være midt mellem de to udsagn, dvs. at begge skulle være forkerte. Derfor er sandsynligheden for nul eller høj prævalens meget større end sandsynligheden for at være i midten.

Vi laver nu en yderligere undersøgelse i form af udvidet slagterikontrol, usk, for det tilfælde med nul i den serologiske undersøgelse. Igen betragter vi to mulige udfald. I søjle 4 er vist beregningerne når udfaldet af undersøgelsen viser nul lungeændringer og i søjle 5 når udfaldet viser store lungeændringer, dvs. 11 pct. og derover. I det første tilfælde er det i overensstemmelse med udfaldet af den serologiske undersøgelse. Derfor stiger sandsynligheden for ingen for prævalens til 97 pct. og sandsynligheden for lav eller højere prævalens falder til sammenlagt 3 pct.

For det tilfælde hvor resultatet af den udvidede slagteri kontrol i stedet viser det modsatte af den serologiske undersøgelse, dvs. høj slagteri kontrol (usk) og lav serologisk prævalens, får vi resultaterne som vist i søjle 5. Prævalensen er stadig nul med en positiv sandsynlighed, men sandsynligheden for en høj prævalens er nu 8 pct. og ikke 0 som da den udvidede slagteri kontrol viste nul. På niveauet for mycoplasma kan vi se konsekvenserne af de to modsatrettede resultater. Niveauet er enten nul eller højt med sandsynlighed 54 pct. og 29 pct. og sandsynligheden for lav og middel er kun 10 pct. og 8 pct. Igen ser vi at en konflikt mellem resultaterne fra to undersøgelser viser sig i form af en sandsynlighedsfordeling med en tynd midte og tykke haler. Vi har ikke en situation hvor det samlede resultat af undersøgelserne er gennemsnittet, men derimod en situation hvor den ene dominerer over den anden - enten viser den ene undersøgelse det rigtige eller også gør den anden det.

7.2. Konflikt mellem forskellige informationer: Konfliktmål

I tabel 7.1 har vi i søjle 5 modstridende informationer i form af en serologisk undersøgelse der siger der ikke er mycoplasma og en usk der siger der er lungeforandringer som følge af mycoplasma. Vi har allerede diskuteret betydningen og konsekvenserne af den form for modstridende informationer. I vores tilfælde her var det ikke svært at se at informationerne var i modstrid med hinanden, men i andre sammenhænge er det ikke altid så enkelt at afsløre at informationer er mere eller mindre i modstrid med hinanden. Vi søger derfor et mål der kan afsløre om forskellig information i form af vished om flere knuder er i konflikt med hinanden.

Hvis de forskellige former for vished, $e_1,...,e_n$, vi har i vores model er i overensstemmelse med hinanden vil den simultane sandsynlighed, $P(e_1,...,e_n)$, være større end sandsynligheden for de uafhængige resultater, $P(e_1)\cdots P(e_n)$. Vi definerer derfor *konfliktmål*et, konf, ved

$$\text{konf}(e_1,\ldots,e_n) = \frac{P(e_1)\cdots P(e_n)}{P(e_1,\ldots,e_n)}$$

Konfliktmålet er mindre end 100 pct. når de forskellige former for vished er i overensstemmelse med hinanden, er positivt korrelerede, og det er større end 100 pct. når forskellige former for vished er i konflikt med hinanden [Jensen, 2001, side 210].

I tabel 7.1 er konfliktmålet 100 pct. for søjle 1; her er ingen vished om biologiske knuder, men alene for knuder med observerbare forhold om risikofaktorer, så der er selvfølgelig ingen modstridende resultater fra forskellige undersøgelser. I søjlerne 2, 4 og 7 er konfliktmålet under 100 pct. så der er de forskellige former for vished i overensstemmelse med hinanden, der er ingen modstrid. I søjlerne 3, 5, 6 og 8 har vi derimod et konfliktmål over 100 pct. svarende til at vi her har modstridende former for information som vi allerede har været inde på.

7.3. Det mest sandsynlige udfald

I de foregående afsnit har vi set på sandsynlighedsfordelingen for mycoplasma under forskellige former for vished. Her var fordelingen for alle knuder afhængig af fordelingen af andre knuder og af vores vished. Vi ser nu på sandsynlighedsfordelingen for hver knude når alle de andre knuder er i deres mest sandsynlige tilstand med de samme former for vished som før. Det er en betragtningsmåde der er særlig relevant ved diagnosticering med en efterfølgende handlingsplan hvor vi vælger netop en af flere

muligheder. Her har vi ikke brug for en sandsynlighedsfordeling på de mulige tilstande, men for at udpege netop én og så handle derefter. I tabel 7.2 er de mest sandsynlige tilstande for hver knude angivet med 100 pct.

Tabel 7.2. Mest sandsynlige udfald for lavrisiko besætning

Pct.	1	2	3	4	5	6	7	8
Risikofaktorer								
AltInd AltUd								
Ja	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Nej	0	0	0	0	0	0	0	0
Besætningsstørrelse								
1-1.000	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
1.001-3.000	0	0	0	0	0	0	0	0
3.001-5.000	0	0	0	0	0	0	0	0
5.001–	0	0	0	0	0	0	0	0
Indkøbspolitik								
0	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2 eller fl	0	0	0	0	0	0	0	0
Biological nodes								
Smittepres								
Ingen	100	100	100	100	100	100	55	100
Lav	6	1	6	1	2	5	7	11
Mellem	1	0	4	0	1	1	18	14
Høj	1	0	10	0	4	1	100	62
Serologisk prævalens								
Nul	100	*100*	0	*100*	*100*	0	0	100
Lav	18	0	0	0	0	0	0	18
Middel	7	0	0	0	0	0	0	14
Høj	7	0	*100*	0	0	*100*	*100*	62
Prævalens								
Ingen	100	100	100	100	100	100	11	100
Lav	6	1	6	1	2	5	1	11
Middel	1	0	4	0	1	1	4	14
Høj	1	0	10	0	4	1	100	62
Myco niveau								
Ingen	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**11**	**100**
Lav	**6**	**1**	**6**	**1**	**2**	**5**	**1**	**11**
Mellem	**1**	**0**	**4**	**0**	**1**	**1**	**4**	**14**
Høj	**1**	**0**	**10**	**0**	**16**	**1**	**100**	**62**
Usk								
0 pct.	100	100	100	*100*	0	*100*	0	0
1-5 pct.	6	3	6	0	0	0	0	0
6-10 pct.	1	1	6	0	0	0	0	0
11 pct.–	1	1	10	0	*100*	0	*100*	*100*
Lungeforandring								
0-1 pct.	100	100	100	100	100	100	11	100
2-5 pct.	6	3	6	3	6	5	1	11
6-10 pct.	1	1	4	0	5	1	4	14
11 pct.–	1	0	10	0	44	1	100	62

Vishedsgrupper:
1. Ingen vished
2. Serologisk prævalens: nul
3. Serologisk prævalens: høj
4. Serologisk prævalens: lav; usk 0 pct.
5. Serologisk prævalens: lav; usk ≥ 11 pct.
6. Serologisk prævalens: høj; usk 0 pct.
7. Serologisk prævalens: høj; usk ≥ 11 pct.
8. Serologisk prævalens: ukendt; usk ≥ 11 pct.

For langt de fleste knuder er sandsynligheden for andre tilstande meget lille eller end- og 0.

For gruppe 3, høj serologisk prævalens, er den mest sandsynlige tilstand for den sande prævalens høj, men det mest sandsynlige smittepres er nul og det mest sandsynlige mycoplasma niveau er ligeledes nul. Kun når både den serologiske undersøgelse og usk siger der er et højt niveau af mycoplasma er det mest sandsynligt at der er et højt niveau af mycoplasma.

For gruppe 5, 7, og 8 er usk høj og serologi lav, høj og fraværende. Kun når de to undersøgelser begge viser høj er et højt niveau af mycoplasma det mest sandsynlige.

7.4. Højrisiko besætning

I tabel 7.3 vender vi os mod højrisiko besætningen. Med passende ændringer svarer resultaterne til de resultater vi fandt for lavrisiko besætningen. Vi nøjes derfor med ganske få kommentarer. Når både den serologiske undersøgelse og den udvidede slagteri kontrol, usk, siger at prævalensen er lav, søjle 4 i tabel 7.3, er sandsynligheden for at den sande prævalens er nul ”kun” 67 pct. og for at den er lav 30 pct. Besætningens højrisiko natur gør at der er en stor sandsynlighed for en mindre mycoplasma infektion selv om de to undersøgelser siger der ingen er. Fordi vi har en højrisiko besætning kan vi ikke helt udelukke et lille niveau af mycoplasma i besætningen selv om undersøgelser intet finder. Når vi ikke enten helt kan udelukke mycoplasma eller sige at der faktisk er tilstede er det alene et veterinært problem fordi vores undersøgelsesmetoder ikke er præcise nok, jf. sensitivitet og specificitet.

Tabel 7.3. Værdien af information: Højrisiko besætninger

Pct.	1	2	3	4	5	6	7
Risikofaktorer							
AltInd AltUd							
Ja	0	0	0	0	0	0	0
Nej	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Besætningsstørrelse							
1-1.000	0	0	0	0	0	0	0
1.001-3.000	0	0	0	0	0	0	0
3.001-5.000	0	0	0	0	0	0	0
5.001–	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Indkøbspolitik							
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2 eller fl	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Biological nodes							
Smittepres							
Ingen	7	27	4	44	15	12	2
Lav	66	64	31	53	39	56	8
Mellem	18	6	25	2	15	18	16
Høj	9	3	41	0	31	14	74
Serologisk prævalens							
Nul	19	*100*	0	*100*	*100*	0	0
Lav	44	0	0	0	0	0	0
Middel	24	0	0	0	0	0	0
Høj	13	0	*100*	0	0	*100*	*100*
Prævalens							
Ingen	13	55	5	67	37	17	1
Lav	55	37	20	30	21	43	2
Middel	22	6	21	2	12	18	7
Høj	9	3	54	0	29	22	91
Myco niveau							
Ingen	**7**	**26**	**3**	**45**	**11**	**11**	**0**
Lav	**59**	**60**	**22**	**51**	**27**	**50**	**2**
Mellem	**25**	**10**	**26**	**3**	**19**	**22**	**8**
Høj	**10**	**4**	**49**	**0**	**44**	**17**	**91**
Usk							
0 pct.	37	53	20	*100*	0	*100*	0
1-5 pct.	36	33	26	0	0	0	0
6-10 pct.	19	11	29	0	0	0	0
11 pct.–	7	4	25	0	*100*	0	*100*
Lungeforandring							
0-1 pct.	10	28	4	50	7	21	0
2-5 pct.	54	55	22	46	14	47	1
6-10 pct.	26	12	27	4	16	20	5
11 pct.–	11	5	47	0	62	12	94
Konfliktmål	100	115	98	80	223	179	29

Vishedsgrupper:

1. Ingen vished
2. Serologisk prævalens: nul
3. Serologisk prævalens: høj
4. Serologisk prævalens: lav; usk 0 pct.
5. Serologisk prævalens: lav; usk ≥ 11 pct.
6. Serologisk prævalens: høj; usk 0 pct.
7. Serologisk prævalens: høj; usk ≥ 11 pct.

I tabel 7.4 har vi mest sandsynlige udfald for en højrisiko besætning.

Tabel 7.4. Mest sandsynlige udfald for højrisiko besætning

Pct.	1	2	3	4	5	6	7
Risikofaktorer							
AltInd AltUd							
Ja	0	0	0	0	0	0	0
Nej	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Besætningsstørrelse							
1-1.000	0	0	0	0	0	0	0
1.001-3.000	0	0	0	0	0	0	0
3.001-5.000	0	0	0	0	0	0	0
5.001–	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Indkøbspolitik							
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2 eller fl	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Biological nodes							
Smittepres							
Ingen	63	100	38	100	87	71	2
Lav	100	28	60	25	47	100	6
Mellem	20	2	31	1	18	18	14
Høj	11	1	100	0	100	19	100
Serologisk prævalens							
Nul	63	*100*	0	*100*	*100*	0	0
Lav	100	0	0	0	0	0	0
Middel	20	0	0	0	0	0	0
Høj	11	0	*100*	0	0	*100*	*100*
Prævalens							
Ingen	63	100	38	100	87	71	0
Lav	100	28	60	25	47	100	1
Middel	20	2	31	1	18	18	3
Høj	11	1	100	0	100	19	100
Myco niveau							
Ingen	**63**	**100**	**38**	**100**	**87**	**71**	**0**
Lav	**100**	**28**	**60**	**25**	**47**	**100**	**1**
Mellem	**20**	**2**	**31**	**1**	**18**	**18**	**3**
Høj	**11**	**1**	**100**	**0**	**100**	**19**	**100**
Usk							
0 pct.	88	100	53	*100*	0	*100*	0
1-5 pct.	100	28	60	0	0	0	0
6-10 pct.	20	3	60	0	0	0	0
11 pct.–	11	1	100	0	*100*	0	*100*
Lungeforandring							
0-1 pct.	63	100	38	100	87	71	0
2-5 pct.	100	28	60	25	47	100	1
6-10 pct.	20	2	31	1	18	18	3
11 pct.–	11	1	100	0	100	19	100

Vishedsgrupper:
1. Ingen vished
2. Serologisk prævalens: nul
3. Serologisk prævalens: høj
4. Serologisk prævalens: lav; usk 0 pct.
5. Serologisk prævalens: lav; usk ≥ 11 pct.
6. Serologisk prævalens: høj; usk 0 pct.
7. Serologisk prævalens: høj; usk ≥ 11 pct.

8. Virkning af ændrede i risikofaktorer

For at give nok en fornemmelse af hvordan og hvor godt modellen virker har vi gennemregnet 3 forskellige niveauer af risikofaktorer. Resultaterne kan læseren sammenligne med sin egen fornemmelse for størrelsen af de forventede effekter af de risikofaktorer vi ændrer. Hvis resultaterne fra modellen ikke helt svarer til læserens forventninger kan det selvfølgelig godt være modellen der er noget galt med, men det kan også være læseren der skal overveje sine egne forventninger; er de baseret på egen erfaring eller von hørensagen?

Vi viser i tabel 8.1 hvordan ændringer i risikofaktorer ændrer sandsynlighedsfordelingen for de biologiske knuder og produktivitets knuderne. I tabellen kan vi se betydningen af en ændring fra en stor højrisiko besætning med kontinuert produktion med indkøb af grise fra mange forskellige sælgere, søjle 1, til en stor lavrisiko besætning med segmenteret produktion (alt ind-alt ud) og kun en leverandør af grise, søjle 2. I søjle 3 er vist tal for en lille lavrisiko besætning til sammenligning.

Tabel 8.1. Biologisk virkning af kontrolstrategier

Pct.	1	2	3
Risikofaktorer			
AltInd AltUd			
Ja	0	*100*	*100*
Nej	*100*	0	0
Besætningsstørrelse			
1-1.000	0	0	*100*
1.001-3.000	0	0	0
3.001-5.000	0	0	0
5.001–	*100*	*100*	0
Indkøbspolitik			
0	0	*100*	*100*
1	0	0	0
2 eller fl	*100*	0	0
Biological nodes			
Smittepres			
Ingen	7	45	67
Lav	66	39	22
Mellem	18	12	8
Høj	9	5	3
Prævalens			
Ingen	13	44	63
Lav	55	34	22
Middel	22	15	11
Høj	9	6	5
Myco niveau			
Ingen	**7**	**38**	**56**
Lav	**59**	**39**	**26**
Mellem	**25**	**17**	**12**
Høj	**10**	**7**	**5**
Usk			
0 pct.	37	55	65
1-5 pct.	36	26	20
6-10 pct.	19	13	10
11 pct. -	7	6	5
Produktivitet			
Ændret tilvækst			
0 g	35	51	60
-30 g	40	30	24
-60 g	19	14	12
-90 g	7	5	4
Ændret foderforbrug			
0	15	35	46
1-5 pct.	45	35	30
5-10 pct.	27	20	16
10-15 pct.	14	10	8
Ændret dødelighed			
0 pct.	10	37	54
½ pct.	54	37	27
1 pct.	26	18	13
1½ pct.	11	8	6
Konfliktmål	100	100	100

Vishedsgrupper:
1. Stor risiko, kontinuert produktion
2. Lille risiko, segmenteret produktion, egne smågrise
3. Lille risiko, lille besætning

9. Kontrolstrategier ved forskellig vished

Vi har i tabel 9.1 samlet forskellige former for vished for forskellig typer af besætninger. Begrebet vished blev forklaret i starten på kapitel 7 og vi vil ikke gentage forklaringen her.

Vishedsgrupperne er en sammenligning af forskellige besætningsstørrelser (søjle 3-6), af forskellig indkøbsstrategier til besætningen (søjle 7 og 8) og forskellig vished fra serologiske undersøgelser (søjle 9-13).

Vi har også vist tallene fra tabellen i en graf over den i denne sammenhæng relevante del af modellen i figur 9.1. Selv om man nok siger at et billede siger mere end 1.000 ord (og i vores edb-tider fylder mere en 10.000 ord) synes vi at tabellerne er lettere at overskue så vi holder os til tabeller - og så har vi endog ikke medtage alle vishedsgrupper, men kun gruppe 2 og 3.

I tabellen viser første søjle, vishedsgruppe 1, fordelingen når alle knuder er sat til deres basistilstand som den blev fastlagt i forbindelse med datagennemgangen i afsnit C.1. Den anden søjle, vishedsgruppe 2, viser fordelingen når alle knuder uden forældre, startknuder, er sat til deres basistilstand. Vishedsgruppe 3 og efterfølgende er dels beskrevet i anmærkninger til tabellen og dels fremgår det af hvilke af knudernes tilstande der er sat til 100 pct.

Forskellen mellem gruppe 9, 10, 11 og 12 er at i gruppe 9 er den målte seroprævelens sat til tilstand 0, dvs. nul, i gruppe 10 er den sat til tilstand 1, lav, i gruppe 11 er den sat til tilstand 2, middel, og i gruppe 12 er den sat til tilstand 3, høj (grundet pladsproblemer er knuden ej medtaget i tabellen).

I gruppe 13 er serologisk prævalens også middel som i gruppe 11, men nu er der en anden sammensætning af risikofaktorer.

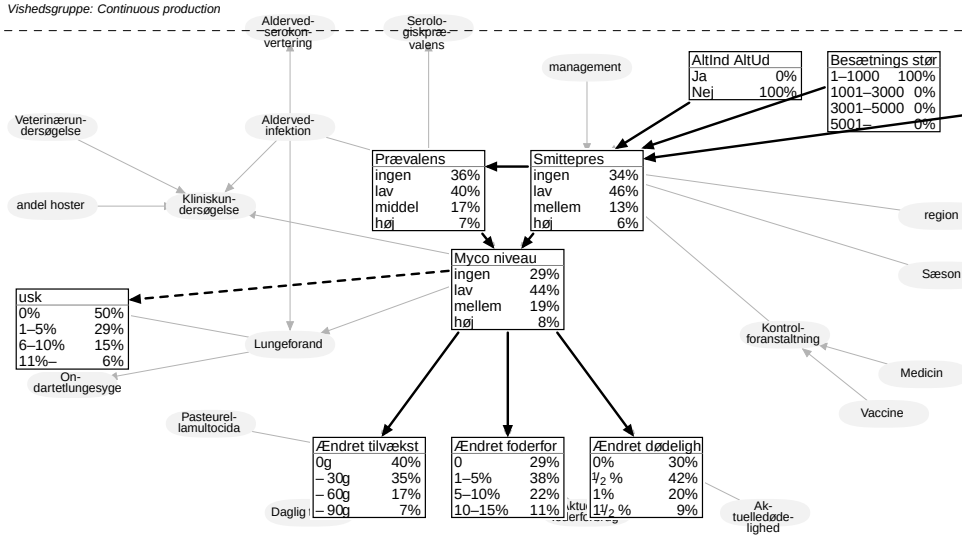
Hvis modellen ikke helt giver de forventede resultater og det helt mod nærværende artikels forfatteres forventning er modellen der er galt på den, er der mange muligheder for at ændre modellen så den bedre efterligner virkeligheden eller læserens forventning om virkeligheden.

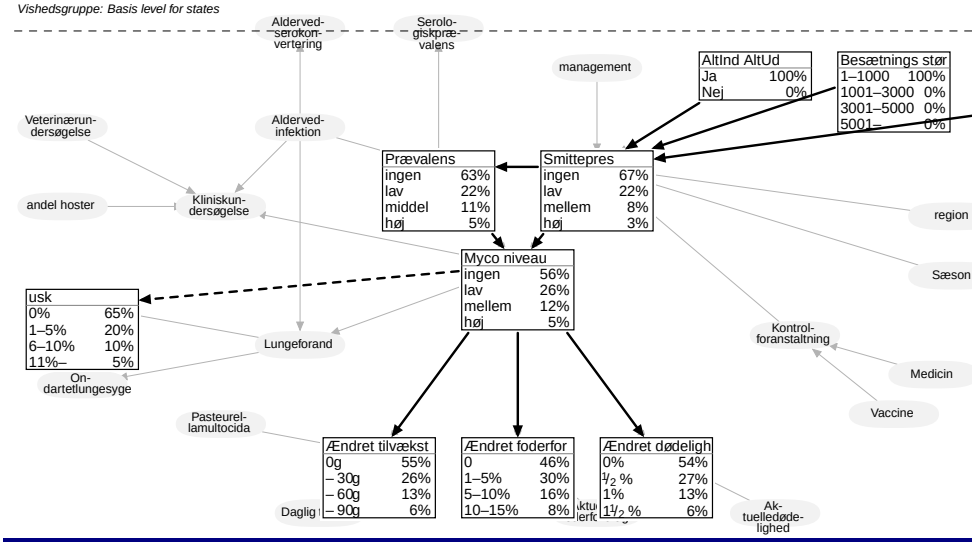
Tabel 9.1. Kontrolstrategier og vished

Pct.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Riskofaktorer													
AltInd AltUd													
Ja	10	0	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	0
Nej	90	*100*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*100*
Besætningsstørrelse													
1-1.000	70	*100*	*100*	0	0	0	0	0	*100*	*100*	*100*	*100*	0
1.001-3.000	20	0	0	*100*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.001-5.000	6	0	0	0	*100*	0	0	0	0	0	0	0	*100*
5.001–	4	0	0	0	0	*100*	*100*	*100*	0	0	0	0	0
Indkøbspolitik													
0	20	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	0	*100*	*100*	*100*	*100*	0
1	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*100*
2 eller fl	10	0	0	0	0	0	0	*100*	0	0	0	0	0
Biologiske knuder													
Smittepres													
Ingen	10	34	67	60	52	45	45	24	91	42	36	50	5
Lav	64	46	22	28	33	39	39	53	8	51	27	15	45
Mellem	18	13	8	9	10	12	12	16	1	5	32	15	43
Høj	8	6	3	4	4	5	5	7	0	1	4	20	7
Prævalens													
Ingen	18	36	63	57	50	44	44	27	93	33	23	35	4
Lav	52	40	22	26	30	34	34	45	5	61	20	12	28
Middel	21	17	11	12	13	15	15	19	1	5	53	15	63
Høj	9	7	5	5	6	6	6	8	0	1	4	38	5
Myco niveau													
Ingen	**9**	**29**	**56**	**50**	**44**	**38**	**38**	**21**	**83**	**30**	**21**	**32**	**3**
Lav	**58**	**44**	**26**	**30**	**34**	**39**	**39**	**49**	**13**	**59**	**22**	**15**	**30**
Mellem	**24**	**19**	**12**	**14**	**15**	**17**	**17**	**22**	**2**	**9**	**51**	**19**	**60**
Høj	**9**	**8**	**5**	**6**	**6**	**7**	**7**	**8**	**1**	**2**	**6**	**35**	**7**
Usk													
0 pct.	37	50	65	62	58	55	55	45	82	56	38	41	27
1-5 pct.	37	29	20	22	24	26	26	32	12	32	28	20	33
6-10 pct.	19	15	10	11	12	13	13	17	4	10	27	21	32
11 pct.–	7	6	5	5	5	6	6	7	2	3	7	18	8
Produktivitet													
Ændret tilvækst													
0 g	35	46	60	57	54	51	51	42	74	51	35	38	26
-30 g	39	33	24	26	28	30	30	35	17	35	34	24	39
-60 g	19	15	12	12	13	14	14	17	7	11	23	23	26
-90 g	7	6	4	5	5	5	5	6	2	3	8	15	9
Ændret foderforbrug													
0	16	29	46	42	38	35	35	23	64	31	22	28	10
1-5 pct.	44	38	30	32	34	35	35	40	24	47	26	20	29
5-10 pct.	26	22	16	17	18	20	20	24	8	16	39	23	46
10-15 pct.	14	11	8	9	10	10	10	12	4	7	13	30	15
Ændret dødelighed													
0 pct.	12	30	54	48	43	37	37	22	78	31	21	31	5
½ pct.	53	42	27	30	34	37	37	46	16	54	24	16	30
1 pct.	25	20	13	15	16	18	18	23	4	11	46	20	55
1½ pct.	11	9	6	7	7	8	8	10	2	3	9	34	10
Konfliktmål	100	100	100	100	100	100	100	100	42	164	167	143	103

Vishedsgrupper:
1. Average of states
2. Continuous production
3. Basis level for states
4. Number of delivered pigs: 1.001-3.000
5. Number of delivered pigs: 3.001-5.000
6. Number of delivered pigs: 5.001–
7. purchase: none, own piglets
8. purchase: 2 or more suppliers
9. serological prevalence: zero
10. serological prevalence: low
11. serological prevalence: middle
12. serological prevalence: high
13. serological prevalence: middle, mixed risk factors

Figur 9.1. Vished på grafisk form som et udsnit at modellen





10. Økonomiske konsekvenser af mycoplasma

10.1. Produktivitet og økonomi

Sundhedsøkonomi er som enhver anden form for produktionsøkonomi: Der er udgifter, og der er indtægter, og forskellen er overskud, profit eller dækningsbidrag, og det er hvad vi fokuserer på her. *Indtægterne* er knyttet til knuder i forbindelse med produktivitet, dvs. knuderne Daglig tilvækst, Foderforbrug og Dødelighed - knuderne nederst i modellens graf i figur 4.3. *Udgifterne* er knyttet til kontrolstrategier, dvs. især knuderne Alt ind-alt ud, Besætningsstørrelse, Indkøbspolitik, Sanering, Medicin, Vaccine og Management. Der er ligeledes udgifter forbundet med forskellige undersøgelser, især er en serologisk undersøgelse dyr.

De økonomiske konsekvenser af en ny kontrolstrategi er de ændrede indtægter og de ændrede udgifter der følger af den ændrede strategi. Det er derfor ikke så meget det aktuelle eller det forventede niveau af indtægter og udgifter, men de forventede *ændringer* af niveauet der er af interesse når beslutningerne skal tages.

Når vi skal vurdere virkningen af forskellige kontrolstrategier for en given bedrift er det imidlertid vigtigt at tage udgangspunkt i netop denne bedrifts karakteristika og *ikke* i en gennemsnitsbedrift. Derfor er det afgørende at kunne beskrive den givne bedrifts faktiske tilstand fordi de forventede ændringer afhænger af det konkrete udgangspunkt. Det gør vi for knuderne der vedrører:

- Generelle risikofaktorer, produktionssystem, besætningsstørrelse, indkøbspolitik m.m.
- Bedriftsspecifikke karakteristika, fx resultatet af kliniske undersøgelser, serologisk undersøgelse, udvidet slagterikontrol (usk).
- Udgangsniveauet for produktivitetsknuderne, dvs. det faktiske niveau for daglig tilvækst (dwg), foderforbrug (feed conversion) og dødelighed (death).

Omkostninger og indtægter knytter sig direkte til tilstandene for de relevante knuder. Her er særlig indtægten megen følsom over for afregningsprisen der historisk har opført sig yderst svingende. Der kan derfor være grund til også at undersøge virkningen af usikkerhed på diverse priser og her især afregningsprisen for svin.

Virkning på dækningsbidraget som følge af ændringer i produktivitetsvariable er beregnet med udgangspunkt i oplysninger fra *info-svin*, Landsudvalget for Svin. Her er

beregnet konsekvenserne for dækningsbidraget af ændret produktivitet ud fra forskellige antagelser om afregningsprisen pr. slagtesvin inkl. efterbetaling. De benyttede priser og priserne fra infosvin er vist i tabel 10.1 – for en konkret bedrift kan der tages udgangspunkt i bedriftens faktiske foderomkostninger m.m.

Tabel 10.1. Økonomiske konsekvens af ændret produktivitet: Benyttede priser og priser fra info-svin, Landsudvalget for Svin

Kr. pr. kg gris	Benyttet pris	Fra info-svin				Faktor
Afregningspris	10,0	8	9	10	11	
Ændret foderforbrug	8,0	8	8	8	8	1,50
Ændret tilvækst	14,1	7	10	14	18	0,30
Ændret dødelighed	5,3	4	5	5	6	0,50

Anm.: Faktor er omregningsfaktor for at komme fra de størrelsesenheder der bliver brugt i *info-svin* til de størrelsesenheder vi bruger for knudernes tilstande i vores model: (1) Foderforbrug: ± 0,1 FE, (2) Daglig tilvækst: 800 ± 100 g og (3) Dødelighed: ± 1 pct. point..

Kilde: Beregnede smågrisenotering, Landsudvalget for Svin, Danske Slagterier, Notat nr. 0159 20/12-2001.

Ændringer på dækningsbidraget ved andre afregningspriser er beregnet ved interpolation.

10.1.1. Gennemsnitlig daglig tilvækst: dwg og Ddwg

Når vi får et lavere niveau for mycoplasma på bedriften får vi en større forventet gennemsnitlig daglig tilvækst. Det følger af tabel 10.1 at ændring i daglig tilvækst på 100 g give anledning til et ændret dækningsbidrag på 14 kr. pr. svin når afregningsprisen inkl. efterbetaling er 10 kr. pr. kg. I modellen regner vi ændringer i ± 30 g som er forskellen mellem tilstandene for knuden Ændret daglig tilvækst, Ddwg. Et skift i et niveau for ændret daglig tilvækst giver derfor anledning til et ændret dækningsbidrag på 14 · 30 / 100 = 4,2 kr. pr. svin når afregningsprisen inkl. efterbetaling som nævnt er 10 kr. pr. kg; omregningsfaktoren er 30 / 100 = 0,30. For hver af de 4 niveauer for Ddwg (jf. tabel 4.2) bliver det til nedenstående ændringer i dækningsbidrag pr. svin:

Tilstand 0: ingen ændring	0,00 kr.
Tilstand 1: –30g	4,20 kr.
Tilstand 2: –60g	8,40 kr.
Tilstand 3: –90g	12,60 kr.

Den forventede merindtjening for en knude er summen af sandsynligheden af at være i en given tilstand gange det ændrede dækningsbidrag for den tilstand. For Ddwg bliver den forventede merindtjening pr. svin derfor:

$$p(0) \bullet 0{,}00 + p(1) \bullet 4{,}20 + p(2) \bullet 8{,}40 + p(3) \bullet 12{,}60$$

hvor $p(0)$ er sandsynligheden for at være i tilstand 0, uændret daglig tilvækst, $p(1)$ er sandsynligheden for at være i tilstand 1, øget daglig tilvækst med 30g, og så fremdeles.

Det er ikke kun den forventede indtægtsændring der er af interesse, det er også indtægtsændringens fordeling fordi vi også er interesseret i den økonomiske risiko. Derfor nøjes vi ikke med at se på forventet indtægt i det følgende.

10.1.2. Foderforbrug: feed conversion

Den økonomiske virkning er i info-svin anslået til 8 kr. pr. gris ved ± 0,1 FE. Foderforbrug er normalt 2,9 FE pr. kg. daglig tilvækst så ± 0.1 svarer til ± 3,45 pct. I modellen er springet mellem niveauerne for ændret daglig tilvækst 5 pct. point så omregningsfaktoren bliver 5/3,4=1,5. Beregningerne følger herefter som i forrige afsnit.

10.1.3. Dødelighed: death

Den økonomiske virkning af ændret dødelighed er af landsudvalget beregnet med udgangspunkt i en ændring på 1 pct. point. I modellen regner vi med ændringer i ½ pct. point så omregningsfaktoren er 0,5.

10.1.4 Bedriftens størrelse: antal slagtesvin pr. år, size

Det faktiske antal leverede slagtesvin pr. år bestemmer en tilstand for knuden antal. Selv om tilstanden for knuden kun giver grænserne for bedriftens størrelse er det nok til beregningerne i den biologiske del af modellen. Det faktiske antal er derimod nødvendigt til beregning af de samlede økonomiske konsekvenser for bedriften. En anden mulighed er at beregne de økonomiske konsekvenser pr. gris så vi undgår brug af bedriftens præcise størrelse – det gør vi i denne rapport for at lette sammenligningen på tværs af størrelser. Men vi vil stadig være afhængig af det omtrentlige størrelsesforhold, fordi der er stordriftsfordele, og fordi smittepresset afhænger af besætningens omtrentlige størrelse.

10.2. Simulation af økonomiske konsekvenser

Vi beregner fordelinger på produktivitetsvariable ved forskellige niveauer for risikofaktorer og forskellige former for vished i programmet Hugin som kan modellere Bayesianske netværk. Men når det gælder til de økonomiske konsekvenser af produktivitetsvariablerne kan Hugin kun beregne de gennemsnitlige økonomiske effekter og ikke spredning eller andre mål for variation omkring gennemsnittet; Hugin kan således alene håndtere nytte i form af forventet nytte. Vi beregner derfor de økonomiske konsekvenser ved stokastisk simulation af modellen i Hugin. Dvs. ved en given vished frembringer vi en konfiguration, værdier for alle knuder, i overensstemmelse med den betingede sandsynlighedsfordeling der svarer til den aktuelle vished. Beregningerne er her lavet ud fra 10.000 simulationer med Hugin, og det er mere end nok til at give en tilfredsstillende beskrivelse af fordelingen af det økonomiske resultat.

Vi kan desværre ikke bruge udvidelsesprogrammet @Risk til regnearket Excel fordi vores model med de mange sammenhænge ikke uden videre kan formuleres i Excel. Og selv om vi tager resultaterne for produktivitetsvariablene og nøjes med at bruge Excel til dem kan vi ikke formulere deres samvariation i Excel og @Risk. Dvs. vi kan ikke sikre at den samvariation der er mellem produktivitetsvariablene som følge af deres fælles biologiske baggrund slår igennem i de økonomiske beregninger. Vi kommer derfor til at savne graferne fra @Risk, men vi laver i stedet vore egne.

10.3. Økonomiske resultater

Vi sammenligner en bedrift med alt ind-alt ud svineproduktion med en normal drift med kontinuert produktion, begge med god management, på øerne, i september måned, med egne smågrise og med 500 slagtesvin om året. Den økonomiske forskel, forskellen i dækningsbidrag, mellem de to bedrifter i modellen kan ses som effekten af alt ind-alt ud produktion i forhold til kontinuert produktion når vi alene ser på de økonomiske konsekvenser af alm. lungesyge (mycoplasma). Forskellen kan også fortolkes som den effekt der kan opnås for en bedrift ved at skifte fra det ene produktionssystem til det andet. I tabel 10.2 er vist det økonomiske tab som følge af mycoplasma.

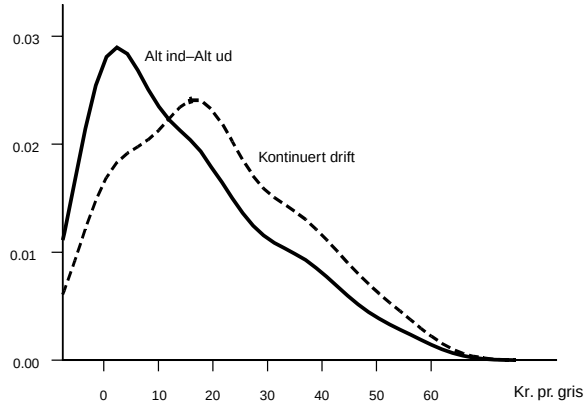
Tabel 10.2. De økonomiske tab af mycoplasma, hovedtal

Kr. pr. gris	Gnst.	Min.	25 pct.	Median	75 pct.	Max.
1. Alt ind-alt ud	15	0	0	12	24	57
2. Kontinuert drift	20	0	7	19	31	57

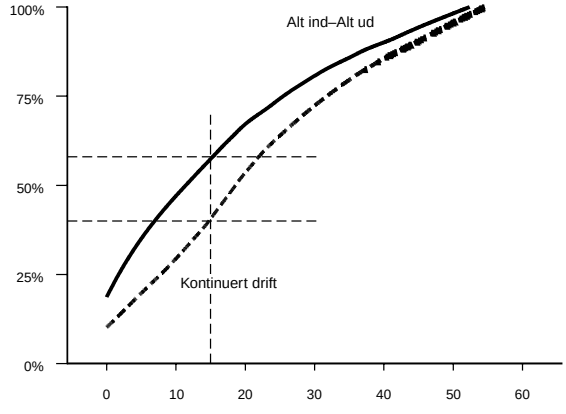
Min. og max. er ens for de to produktionsmetoder fordi antallet af tilstande for alle knuder er så relativt lille (højst 4) og kun dækker det normale område så begge produktionsmetoder har positiv sandsynlighed for alle tilstande i alle knuder; der er ingen tilstande som kan karakteriseres som en særdeles yderlig eller usædvanlig tilstand.

Figur 10.1 viser tæthedsfunktionen for de økonomiske tab af mycoplasma ved kontinuert drift og alt ind-alt ud drift og figur 10.2 viser fordelingsfunktionen.

Figur 10.1. Tæthedsfunktion for økonomiske tab af mycoplasma



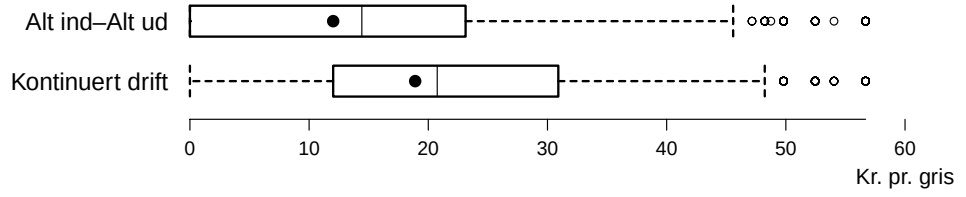
Figur 10.2. Fordelingsfunktion for økonomiske tab af mycoplasma



Det ses at fordelingsfunktionen for alt ind-alt ud overalt ligger til venstre for fordelingsfunktionen for kontinuert drift. Sandsynligheden for at få et tab på 15 kr. eller mindre pr. gris (den lodrette stiplede linje i figur 10.2) kan aflæses til ca. 40 pct. ved kontinuert produktion (den nederste vandrette stiplede linje) og ca. 60 pct. ved alt ind-alt ud produktion. Det betyder omvendt at sandsynligheden for at få et tab på 15 kr. *eller mere* er 60 pct. (=100 pct.– 40 pct.) ved kontinuert produktion og 40 pct. (=100 pct.– 60 pct.) ved alt ind-alt ud produktion (den øverste stiplede linje). Sandsynligheden for et vist tab er således større ved kontinuert produktion end ved alt ind-alt ud produktion. Generelt kan vi sige at for et vilkårligt tab er sandsynligheden for at få dette eller et større tab højere ved kontinuert produktion end ved alt ind-alt ud produktion. Vi siger at alt ind-alt ud dominerer kontinuert drift i betydningen første ordens stokastisk dominans [Hardaker et al., 1997].

Figur 10.3 viser box plot af de samme tal - de økonomiske konsekvenser af kontinuert og alt ind-alt ud produktion.

Figur 10.3. De økonomiske tab af mycoplasma, hovedtal



Box plot: Box plot er opfundet af Tukey i 1977 og siden har brugen ganske langsomt spredt sig. Da mange endnu har fået deres grundlæggende statistiske uddannelse før 1977 giver vi en kort beskrivelse af et Box plot. Nedenstående er baseret på Cleveland [1993].

For at vise de fremtrædende træk ved en fordeling af observationer kan vi nøjes med at vise et sammendrag af data i form af et *Box plot* som i figur 10.3.

- Den fyldte ring viser *medianen* der er den midterste observation når observationerne er ordnet efter størrelse. Medianen er et mål for midtpunktet eller lokalisering af fordelingen.

- Den lodrette streg i boksen viser middelværdien (gennemsnittet) af observationerne. Hvis fordelingen er skæv vil der være forskel på middelværdien og medianen.

- Den øvre og nedre ende af boksen (rammen, kassen) er den *øvre og nedre kvartil*; i boksen ligger de midterste 50 pct. af data. Afstanden mellem de to værdier er den *mellemkvartile afstand*, et mål for fordelingens bredde. Hvis den mellemkvartile afstand er lille er de midterste data pakket tæt sammen omkring medianen. Hvis den mellemkvartile afstand er stor er de spredt langt væk fra medianen. Den relative afstand fra den nedre og den øvre kvartil til medianen viser derfor noget om fordelingens form. Hvis den ene afstand er meget større end den anden er fordelingen skæv.

- De stiplede tillæg (»whiskers«, knurhår) omfatter de tilstødende værdier. Hvis *r* er den mellemkvartile spredning er den øverste værdi den største observation der er mindre eller lig med den øvre kvartil plus 1.5 *r*. De tilstødende værdier giver også en sammenfatning af spredningen og formen for fordelingens hale.

Observationer uden for de tilstødende grænser, ydre værdier (»outliers«), er vist individuelt. Af og til er de tilstødende grænser maksimum af data så der ingen ydre værdier er (som i de fleste af vores tilfælde). De ydre værdier viser noget om fordelingens ekstreme hale. For en normalfordeling er ca. 1 pct. af observationerne ydre værdier. For en fordeling med længere hale er der relativt flere observationer og med en tykkere hale relativt færre.

Tæthedsfunktionen for kontinuert produktion er den stiplede kurve i figur 10.1. Den har toppunkt til højre for tæthedsfunktionen for alt ind-alt ud og ligger over for værdier mod højre. Tæthedsfunktionen for alt ind-alt ud er meget høj nær 0 der er det mest sandsynlige økonomiske tab ved mycoplasma for en bedrift der producerer efter alt ind-alt ud. I Box plottet kan vi se at der er ingen nærliggende data under boksen så fordelingen er meget skæv og på tæthedsfunktionen kan vi se hvor skæv den er. Den

øvre kvartil, 75 pct. kvartilen, er 24 kr. pr. gris så der er 75 pct. sandsynlighed for et tab under 24 kr. pr. gris og omvendt er der 25 pct. for et større tab end 24 kr. pr. gris.

Selv om det i gennemsnit derfor er fordelagtigst at bruge alt ind-alt ud produktionsmetoden sammenlignet med kontinuert produktion, viser ovenstående at der i mange tilfælde ikke vil være meget vundet ved at skifte produktionsmetode.

Når vi sammenligner tab for de to produktionsmåder ser vi straks at både det gennemsnitlige tab og medianen for alt ind-alt-ud er mindre end for kontinuert drift, jf. tabel 10.2. Men hvor forskellen på gennemsnittet er 5 kr. pr. gris (20-15) er forskellen på medianen 7 (19-12). Der er her ingen tvivl om at alt ind-alt ud giver mindre tab end kontinuert drift i de fleste tilfælde. Sandsynligheden er 75 pct. for at tabet ved alt ind-alt ud produktion er mindre end 24 kr. pr. gris og ved kontinuert produktion mindre en 31 kr. pr. gris. Dvs. sandsynligheden er 25 pct. for at få et tab større end 24 kr. pr. gris ved alt ind-alt ud produktion og større end 31 kr. pr. gris ved kontinuert produktion.

Forskellen mellem de to produktionsmåder er ca. 5 kr. pr. svin, Med en årsproduktion på 500 slagtesvin bliver det til 2.500 kr. om året. Det er klart at der ikke her er noget grundlag for at lave en større ombygning af stalden. På den anden side er ovenstående beregninger også sket ud fra den information vi har uden overhovedet at have besøgt bedriften og ej heller lavet nogen form for undersøgelse af grisene; vi har lavet vores økonomiske beregninger uden nogen form for vished om bedriften andet end en generel beskrivelse af dens risikofaktorer. Vi vender os derfor i næste afsnit mod betydningen af vished om bedriften for de økonomiske konsekvenser af mycoplasma. I afsnit 7.1 så vi på betydningen af vished for den biologiske beskrivelse af bedriften, nu vender vi os mod de økonomiske konsekvenser af denne vished.

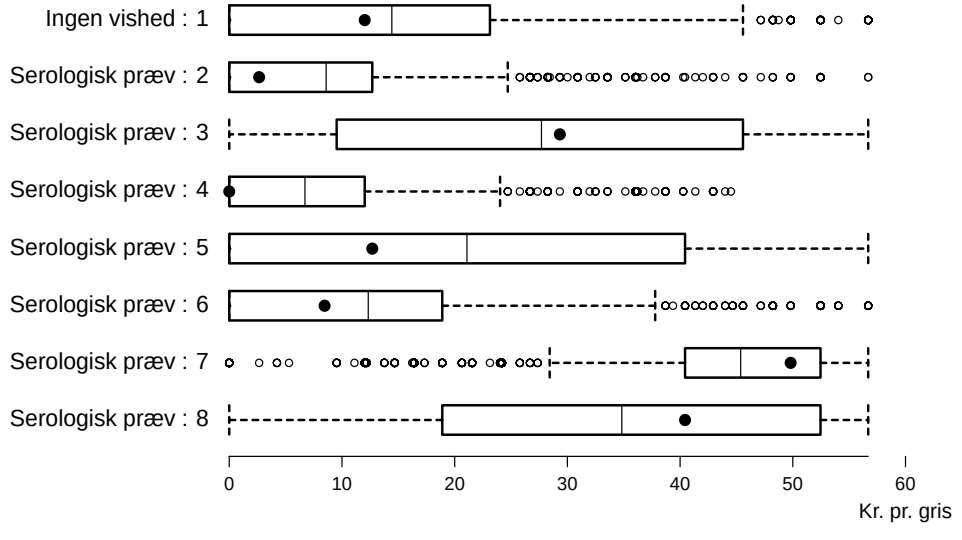
11. Økonomiske konsekvenser af vished om mycoplasma

I kapitel 7 så vi hvordan mere og mere vished i form af undersøgelser ændrede vores syn på niveauet og omfanget af mycoplasma i besætningen og på sandsynligheden for om der overhovedet er mycoplasma i besætningen. Vi udnytter nu den form for vished i forbindelse med økonomiske beregninger der viser hvor meget vi taber på det niveau af mycoplasma som vores observationer giver anledning til at tro der er i besætningen.

11.1. Lavrisiko besætning

I figur 11.1 har vi box plot over de økonomiske tab som følge af mycoplasma i lavrisiko besætningen fra tabel 7.1. Hvis der ikke er mycoplasma er der ikke noget tab; så jo længere til venstre i figuren jo bedre for jo mindre er tabet. De samme tal er også vist i tabel 11.1.

Figur 11.1. Økonomiske tab af mycoplasma: Lavrisiko besætning



Tabel 11.1. Økonomiske tab af mycoplasma: Lavrisiko besætning

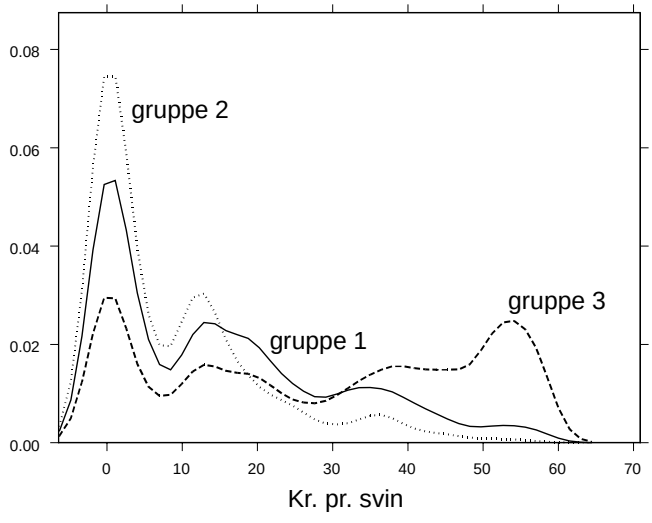
Kr. pr. gris	Gnst.	Min.	25 pct.	Median	75 pct.	Max.
1. Ingen vished	14	0	0	12	23	57
2. Serologisk prævalens: nul	9	0	0	3	13	57
3. Serologisk prævalens: høj	28	0	10	29	46	57
4. Serologisk prævalens: lav; usk 0 pct.	7	0	0	0	12	45
5. Serologisk prævalens: lav; usk ≥ 11 pct.	21	0	0	13	40	57
6. Serologisk prævalens: høj; usk 0 pct.	12	0	0	8	19	57
7. Serologisk prævalens: høj; usk ≥ 11 pct.	45	0	40	50	52	57
8. Serologisk prævalens: ukendt; usk ≥ 11 pct.	35	0	19	40	52	57

Uden nogen form for vished om lavrisiko besætningen er vi i gruppe 1 i figuren (og tabellen). Medianen for tabet er 12 kr. pr. svin. Gennemsnittet er 14 kr. pr. svin og det er større end medianen fordi muligheden for store tab trækker gennemsnittet op – fordelingen er skæv. Hvis den serologiske undersøgelse viser der ikke er mycoplasma (gruppe 2) forventer vi med større sandsynlighed der ikke er mycoplasma og derfor bliver det forventede tab mindre. Samtidig kan vi også se at spredningen på det forventede tab bliver mindre, men at der stadig er mulighed for tab i samme størrelsesorden som før, nu blot med en meget mindre sandsynlighed. En konsekvens af dette er at medianen bliver meget mindre end gennemsnittet. I gruppe 3, hvor vi har modstridende tendenser og fordelingen af mycoplasma er topuklet, viser de økonomiske konsekvenser en median og middelværdi i midten og en meget stor spredning, høje værdier pr. både 25 pct. og 75 pct. fraktil.

Selv om box plot er gode til at visualisere en fordeling og til at sammenligne flere fordelinger kommer de fuldstændig til kort hvis fordelingerne er topuklede. Derfor viser vi tæthedsfunktionerne for de første 3 grupper i figur 11.2, og det fremgår tydeligt at fordelingen for gruppe 3 er topuklet.

Tæthedsfunktionen viser også hvad vi allerede har set, nemlig at jo mere vi ved i samme retning (gruppe 2) jo mere koncentreret bliver vores forventninger til de økonomiske konsekvenser i forhold til at vi ved mindre (gruppe 1) eller har modstridende viden (gruppe 3).

Figur 11.2. Tæthedsfordeling for økonomiske konsekvenser af mycoplasma

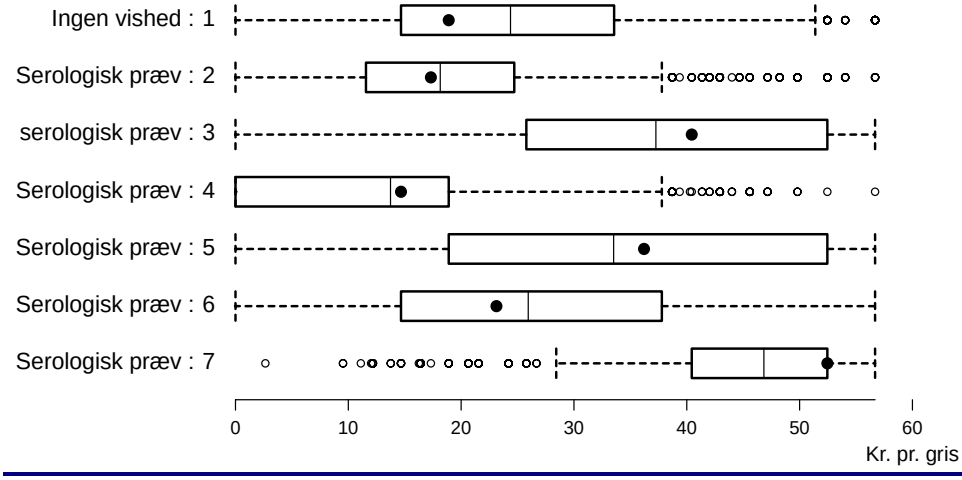


Vi kan se at med mere og mere vished der trækker i den samme retning, får vi en mere centreret opfattelse af de økonomiske konsekvenser. Nu går springet fra en besætning, hvor der ikke kan konstateres mycoplasma, med en median på 0 til en besætning, hvor både den ene og den anden undersøgelse tyder på mycoplasma med en median på 50 kr. pr. svin. Nu er den gennemsnitlige forskel ikke længere ca. 5 kr. pr. gris, men næsten det tidobbelte. Betydningen af vished giver således en mere præcis opfattelse af de økonomiske konsekvenser af mycoplasma, men vi kan stadig ikke udelukke er der i uheldigste tilfælde hvor det ikke lykkes at fjerne mycoplasma, ikke bliver nogen økonomiske konsekvenser at se.

11.2. Højrisiko besætning

I figur 11.3 og tabel 11.2 har vi den tilsvarende følge af undersøgelser for en højrisiko besætning. Konklusionen er den samme, med mere vished bliver spredningen af de økonomiske konsekvenser mindre og forskellen mellem medianerne større – med mindre visheden trækker i hver sin retning.

Figur 11.3. Økonomiske tab af mycoplasma: Højrisiko besætning



Tabel 11.2. Økonomiske tab af mycoplasma: Højrisiko besætning

Kr. pr. gris	Gnst.	Min.	25 pct.	Median	75 pct.	Max.
1. Ingen vished	24	0	15	19	34	57
2. Serologisk prævalens: nul	18	0	12	17	25	57
3. Serologisk prævalens: høj	37	0	26	40	52	57
4. Serologisk prævalens: lav; usk 0 pct.	14	0	0	15	19	57
5. Serologisk prævalens: lav; usk ≥ 11 pct.	34	0	19	36	52	57
6. Serologisk prævalens: høj; usk 0 pct.	26	0	15	23	38	57
7. Serologisk prævalens: høj; usk ≥ 11 pct.	47	3	40	52	52	57

12. Økonomiske konsekvenser af kontrolforanstaltninger

12.1. Vaccination

Her ser vi kort på de økonomiske konsekvenser af medicinering og vaccinering af besætninger med mere eller mindre mycoplasma.

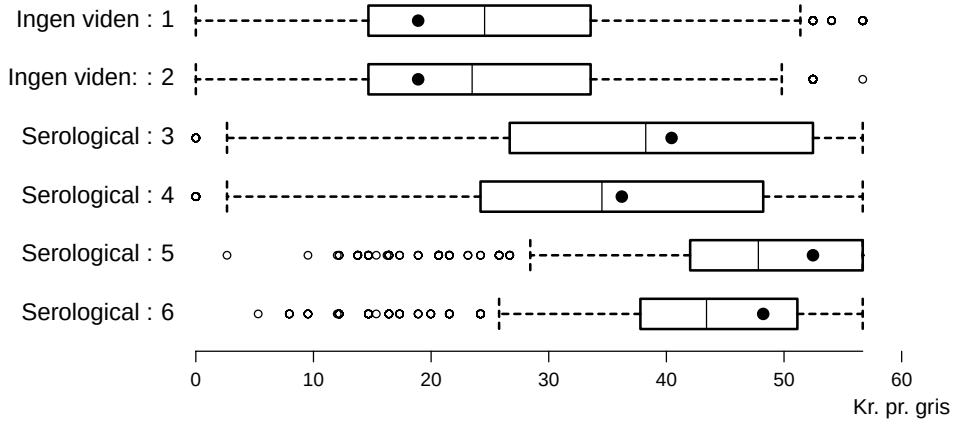
Fordelen ved både medicinering og vaccination er at det mindsker niveauet for mycoplasma. Omkostningerne er udgifter til medicin og vaccine, evt. ændring af anlæg og tidsforbrug til selve udførslen. Vi viser beregningerne i en besætningstype som vi tidligere kaldte for en højrisiko besætning, dvs. en besætning med tendens til mycoplasma.

Det fremgår af tabel 12.1 at de økonomiske fordele ved vaccination er i størrelsesordenen 5 kr. pr. gris for besætninger med problemer med mycoplasma og noget mindre for besætninger uden problemer.

Tabel 12.1. Økonomisk effekt af vaccination i højrisiko besætning

Kr. pr. gris	Gnst.	Min.	25 pct.	Median	75 pct.	Max.
1. Ingen viden	25	0	15	19	34	57
2. Ingen viden: vaccination	23	0	15	19	34	57
3. Sero. prev.: high	38	0	27	40	52	57
4. Sero. prev.: high: vaccination	35	0	24	36	48	57
5. Sero. prev.: high; USK ≥ 11 pc.	48	3	42	52	57	57
6. Sero. prev.: high; USK ≥ 11 pct.: vaccination	43	5	38	48	51	57

Figur 12.1. Økonomisk effekt af vaccination i højrisiko besætning



Omkostninger ved vaccinering er for selve vaccinen i størrelsesordenen 4-8 kr. pr. gris afhængig af valg af præparat, og selve vaccinationen kan gøres for et par kroner pr. gris. I alt bliver udgiften til vaccination i størrelsesordenen 5-10 kr. pr gris.

Der er derfor ikke meget økonomisk argument for at vaccinere, med mindre besætningen er ganske voldsomt belastet af mycoplasma.

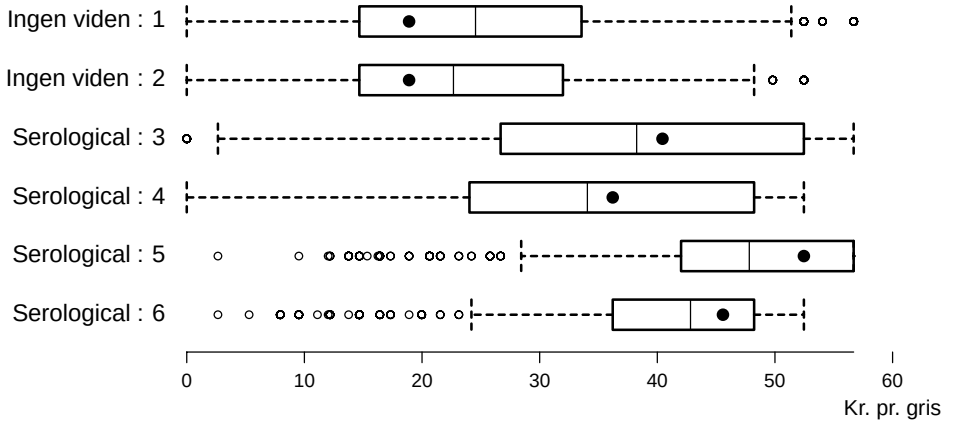
12.2. Medicinering

Virkning af medicinering i samme type besætning fremgår af tabel 12.2 og figur 12.2. Igen ser vi at effekten ikke er stor, og den er størst i hårdt ramte besætninger. Den økonomiske effekt er nok en anelse mindre end effekten af vaccination. Omkostningerne ved medicinering afhænger af hvordan den gives. Hvis den blandes i vandet kræver det en blander og et rørsystem til fordeling. Hvis det blandes direkte i foderet skal der ikke bruges ekstra udstyr. De direkte omkostninger til selve medicinen er i størrelsesordenen få kroner pr. gris og noget mindre for at få den fordelt.

Tabel 12.2. Økonomisk effekt af medicinering i højrisiko besætning

Kr. pr. gris	Gnst.	Min.	25 pct.	Median	75 pct.	Max.
1. Ingen viden	25	0	15	19	34	57
2. Ingen viden: Medication	23	0	15	19	32	52
3. Sero. prev.: high	38	0	27	40	52	57
4. Sero. prev.: high: vaccination	34	0	24	36	48	52
5. Sero. prev.: high; USK ≥ 11 pc.	48	3	42	52	57	57
6. Sero. prev.: high; USK ≥ 11 pct.: Medication	43	3	36	46	48	52

Figur 12.2. Økonomisk effekt af medicinering i højrisiko besætning



12.3. Sanering

Formålet ved sanering er at slippe helt af med mycoplasma. Problemet er at sygdommen kan komme igen. Enten via indkøb af smågrise, smitte via luften fra en inficeret nabobesætning, overførsel via mennesker eller maskiner og udstyr eller fordi den ikke blev helt udryddet. Når vi ser på konsekvenserne af sanering kan vi derfor ikke nøjes med at se på det forventede niveau af mycoplasma, men må tage højde for at sygdommen kan komme igen i løbet af kortere eller længere tid.

Omkostningerne ved sanering kan være alt lige fra et produktionsstop hvor staldene gøres rene, over ombygning af eksisterende stalde til byggeri af nye stalde.

Summary

Selection of control strategies in fighting of deceases in the pig production has usually been based by the decisive person's subjective judgment, intuition, and attitudes towards the economic consequences. There is a need for tools to evaluate the economic consequences of the different health control strategies based on scientific knowledge. This report gives a demonstration of how this can be done for one decease. We have chosen *Mycoplasma hyopneumoniae* (Mycoplasma) induced pneumonia because swine enzootic pneumonia causes economic losses in the pig industry worldwide and because this decease is well documented in the literature.

The focus in this report is on the effect of the economic uncertainty and risk caused by the biological variability if Mycoplasma and its risk factors.

We have modeled the Mycoplasma decease in a static Bayesian network, i.e. a stochastic model where all interdependence is described as conditional probabilities. It describes the steady state equilibrium between the various risk factors the herd is exposed to and the level of Mycoplasma within the herd. Thus, the model is not intended for acute outbreak of Mycoplasma.

The parameters and probabilities in the biological part of the model is based on results and parameters found in the literature. The model includes herd-specific information on risk factors, herd productivity and information to determinate the present disease level. The biological model is followed by an economic component to calculate the economic consequences of the possible biological outcome. This make it possible to show how biological variation causes economic uncertainty and risk and how one can actually calculate the size of the risk.

Input to the model is the state of the various risk factors, the values of the risk factors, and the results of veterinary examinations as far as they are available. Some of the factors are easily accessible, the size of the herd, others requires special effort, e.g. serum samples, post mortem examination.

The biological variation in model is summarized in probability distributions for the productivity outcomes. This forms the basis of calculating the economic consequences of Mycoplasma and changes in risk factors. As the biological variation is described in is a probability distribution the economic consequences is also a described in a probability distribution.

The model is used to demonstrate how various form of evidence influences the economic consequences, i.e. how it influences the distribution of the economic consequences. A series of box plots is made to summarize the results and to make comparisons easier. One clear conclusion is that the economic benefit from getting rid of Mycoplasma is not enough to by itself make it profitable to make any changes to the pigsty.

Our calculations also show that it does not pay off to give medicine to pigs for slaughter if all we know is that the pigs are exposed to risk factors that might lead to Mycoplasma. Only if we after investigations like serological tests and/or post mortem examinations can conclude that the pigs do have Mycoplasma with a high probability does it pay to give medicine. This pay off scheme is in accordance with Danish law after which it is forbidden to give medicine just to prevent the outbreak of Mycoplasma.

Perspective

Various diseases and their economic consequences cannot be managed separately, but will have to be managed as part of the comprehensive production economy. There are very few diseases, which isolated can make great control arrangements economically profitable. However, larger control arrangements will often have influence on many diseases, and will therefore be profitable when all effects are included.

Therefore, there is an important mission in making the partial counseling in connection with health and sickness comprehensive by giving the adviser and the veterinary a tool to quantify the importance of improved health for all major important deceases.

Litteraturliste

Andreasen, Margit (1999): *Seroepidemiologiske og eksperimentelle undersøgelser af luftsvejslidelser i svinebesætninger*. PhD thesis, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 1999. Udført ved Landsudvalget for svin, Danske Slagterier.

Christensen, G. and C. Enø (1999): Forekomst af forandringer i pluckset af danske slagtesvin. *Dansk Veterinært Tidsskrift*, 82 (23): 1006-1015, 1999.

Cleveland, William S. (1993): *Visualizing Data*. Hobart Press, Summit, New Jersey, 1993.

Cleveland, William S. (1994): *The Elements of Graphing Data*. Hobart Press, Summit, New Jersey, revised edition, 1994. First edition 1985.

Cooke, Roger M. (1991): *Experts in Uncertainty: Opinion and Subjective Probability in Science*. Oxford University Press, New York, 1991. ISBN 0195064658.

Dreyfus, Hubert L. and Stuart E. Dreyfus (1986): *Intuitiv ekspertise. Den bristede drøm om tænkende maskiner*. Munksgaard, København, 1986. Dansk oversættelse 1991.

Hardaker, J. Brian, Ruud B. M. Huirne, and Rock R. Anderson (1997): *Coping with Risk in Agriculture*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 1997.

Henrion, Max, Malcolm Pradhan, Brendan Del Favero, Kurt Huang, Gregory Provan, and Paul O'Rorke (1996): Why is diagnosis using belief networks insensitive to imprecision in probabilities? In *Proceedings of the Twelfth Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-96)*, pages 307-314, San Francisco, CA, 1996. Morgan Kaufmann Publishers.

Hugin. *Hugin API Reference Manual*. Hugin Expert A/S, `http://www.hugin.dk`, 5.4 edition, February 2002.

Jensen, Charlotte Sonne, Poul Bækbo, and Jens Peter Nielsen (2002): Description of control strategies against *Mycoplasma hyopneumoniae* in Danish swine herds. Manuscript, Dept. of clinical studies, The Royal Veterinary and Agricultural University, Frederiksberg, Denmark, 2002.

Jensen, Finn V. (1996): *An introduction til Bayesian Networks*. UCL Press, London, 1996.

Jensen, Finn V. (2001): *Bayesian Networks and Decision Graphs*. Springer Verlag, New York, 2001.

Martin, S. Wayne, Alan H. Meek, and Preben Willeberg (1987): *Veterinary Epidemiology. Principles and Methods*. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1987.

Nielsen, J. P., P. Bækbo, C. Sonne Jensen, S. E. Jorsal, and V. Sørensen (2000): Mycoplasma hyopneumoiae infection: A review of pathogenesis, diagnosis, risk factors and biological effects as input for economic modelling. Animal health economics CEP97-5, CEPROS, Research Centre for the Management of Animal Production and Health (CEPROS), Foulum, DK-8830 Tjele, Denmark., December 2000.

Otto, Lars (2001): Metoder for datakonstruktion til bayesiansk netværk - udvikling af beslutningsstøttesystem til sundhedsstyring i svinebesætninger. Working Paper 3, Fødevareøkonomisk Institut, 2001.

Ross, R.F. (1999): Mycoplasmal diseases. In B.E. Straw, S. D'Allaire, W.L. Menegeling, and D.J. Taylor, editors, *Diseases of swine*, pages 495-510. Iowa State University Press, Ames, 8. edition, 1999.

Schön, Donald A. (2001): *Den reflekterende praktiker. Hvordan professionelle tænker, når de arbejder*. Pædagogiske Linjer. Klim, Århus, 2001. Oversat fra The Reflective Practioner-How Professionals Think in Action, 1983.

Straw, B. E., V. K. Touvinen, and M. Bigras-Poulin (1989): Estimation of the cost of pneumonia in swine herds. *J. Am. Vet. Assoc.*, 195: 1702-1706, 1989.

Straw, B.E., J.S. Sang, and A.E. Yeager (1990): Effect of pneumonia on growth rate and feed efficiency of minimal disease pigs exposed to actinobacillus pleuropneumoniae and mycoplasma hyopneumoniae. *Prev. Vet. Med.*, 9: 287-294, 1990.

Vose, David (2000): *Risk analysis: A quantitative guide*. Wiley, Chichester, UK, second edition, 2000.

Appendiks

A. Sammenhænge mellem odda-ratio og sandsynligheder

Programmet Hugin bliver brugt til at beregne et Bayesiansk net, dvs. beregne sandsynlighedsfordelingen for tilstandene for forskellige variable på grundlag af vished (evidence) om andre variable. Hugin kræver at få input i form af overgangssandsynligheder, en overgangsmatrix. Vi giver derfor en kort gennemgang af sammenhængen mellem sandsynligheder og odds-ratioer. Dette og andre problemer i forbindelse med opstilling af sandsynligheder til vores model er nærmere gennemgået i Working Paper nr. 3/2001 fra Fødevareøkonomisk Institut [Otto, 2001].

Vi ser først på sammenhængen mellem sandsynligheder og odds-ratio i en lille tabel. Vi tager udgangspunkt i det at være rask eller syg alt efter om en faktor *f* er tilstede eller ej.

	Rask	Syg	I alt
f = nej	a	b	$a + b$
f = ja	c	d	$c + d$
	$a + c$	$b + d$	

Sandsynligheden for at være syg når faktoren ikke er tilstede (*f*=nej) og når den er tilstede (*f*=ja) er

$$P(\text{syg} \mid f = \text{nej}) = \frac{b}{a+b} \text{ og } P(\text{syg} \mid f = \text{ja}) = \frac{d}{c+d}$$

Odds for et være syg når faktoren *f* er ja er d/c og når den er nej b/a. Forholdet mellem de to odds er *odds-ratio* for at være syg som følge af faktoren *f* og den er

$$\text{OR} = \frac{d/c}{b/a} = \frac{d}{b}\frac{a}{c}.$$

Når vi sætter P(syg) til p bliver odds for at blive syg $p/(1-p)$. Hvis vi vil gøre det klart at p afhænger af faktoren *f* kan vi skrive p_f. Odds-Ratio for at blive syg som følge af faktoren *f* kan vi nu skrive som

$$\text{OR} = \frac{\text{odds}_{\text{ja}}}{\text{odds}_{\text{nej}}} = \frac{p_{\text{ja}}}{1-p_{\text{ja}}} \Bigg/ \frac{p_{\text{nej}}}{1-p_{\text{nej}}}.$$

Hvis vi omvendt kender standardsandsynligheden for en hændelse og OR for en faktor kan vi finde sandsynligheden for hændelsen betinget af faktoren ved at løse ovenstående ligning mht. p_{ja}.

$$\frac{p_{\text{ja}}}{1-p_{\text{ja}}} = \frac{p_{\text{nej}}}{1-p_{\text{nej}}}\text{OR}$$

og dermed

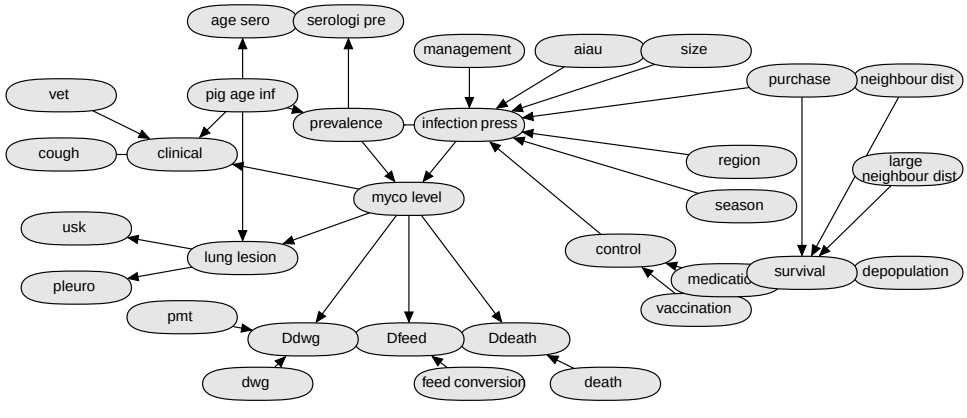
$$p_{\text{ja}} = \frac{\dfrac{p_{\text{nej}}}{1-p_{\text{nej}}}\text{OR}}{1+\dfrac{p_{\text{nej}}}{1-p_{\text{nej}}}\text{OR}}$$

For den generelle situation hvor vi har mange tilstande og hvor vi har mange faktorer henviser vi til Working Paper 3/2001 fra Fødevareøkonomisk Institut [Otto, 2001].

B. Modellen og alle dens knuder

I figur B.1 har vi vist hele modellen igen, nu har vi blot angivet knudernes navne og ikke deres mere beskrivende labels. Dette har mere interesse for de modeludviklere og modelbrugere der har fingrene nede i selve modellen i Hugin.

Figur B.1. Den hele model med knuders navne, ellers som figur 4.3



C. Datainput til modellen knuder

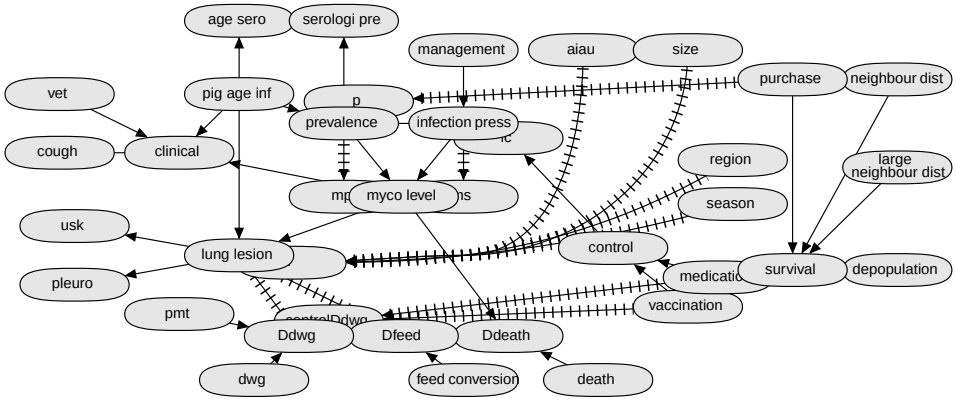
Inden vi laver en gennemgang af modellens data vil vi komme med en mindre advarsel. Det er fyldt med problemer at bruge ekspertvurderinger og ekspertudsagn til at fastlægge (overgangs) sandsynlighederne til modellen, En diskussion af hvordan man kan bruge og fastlægge subjektive sandsynligheder og de store problemer knyttet hertil findes i bøgerne *Cooping with Risk in Agriculture* [Hardaker et al., 1997, kapitel 4], *Experts in Uncertainty: Opinion and Subjective Probability in Science* [Cooke, 1991] og lidt mere enkelt i *Risk analysis: A quantitative guide* [Vose, 2000,kapitel 10].

Ikke flere forbehold; lad os så komme i gang med en detaljeret gennemgang af datagrundlaget for hver knude i modellen.

C.1. Data for modellens knuder

Inden vi ser på data vil vi vise endnu en graf af vores model hvor vi nu har taget alle hjælpeknuder med som vi bruger til beregning af input. Grafen er i figur C.1. Den nærmere forklaring for de enkelte hjælpeknuder kommer i forbindelse med den konkrete omtale af data til knuden.

Figur C.1. Modellen med alle hjælpevariable til datakonstruktion



Nu følger data for modellens knuder. I de følgende underafsnit kommer først en tabel med sandsynlighedsfordelingen for hver knude angivet for basistilstanden for risikofaktorer. Basistilstanden er tilstand nul, det første niveau for faktoren. Herefter følger tabeller med odds-ratio for hver af knudens forældre, dvs. for hver pil ind i knuden.

Ved *basistilstanden* for risikofaktorer forstås det laveste niveau for tilstandene af knuderne, angivet som det første niveau i tabel 4.2. Det vil sige den sandsynlighedsfordeling der findes for hver enkelt knude, når samtlige risikofaktorer har deres laveste niveau, niveau 0. Andre betegnelser for basistilstanden er standardniveau, referenceniveau, referenceværdi og basisniveau. For nogle knuder er valget af basistilstand indlysende, for andre er valget arbitrært; for næsten alle knuder følger vi det valg der er gjort i den benyttede litteratur.

Efter hver tabel er angivet den kilde hvor tallene stammer fra eller om der er tale om et skøn, et anslået tal. Størsteparten af oplysninger om odds-ratio stammer fra oversigten over mycoplasma risikofaktorer, Nielsen et al. [2000]. Datainput har særligt været diskuteret mellem forfatterne og med dyrlægerne Poul Bækbo (Danske Slagterier), Sven Erik Jorsdal (Danmarks Veterinærinstitut), Vibeke Sørensen (Danmarks Veterinærinstitut) og Jens Peter Nielsen (Klinisk Institut, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole).

For knuder med kun én forælder viser vi overgangsmatricen med overgangssandsynligheder som resultat af beregningerne på odds-ratio. For knuder med flere forældre bliver overgangsmatricerne store og bliver ikke vist.

Og nu endelig til den detaljerede gennemgang af datagrundlaget for alle vores overgangssandsynligheder.

C.2. Aiau (AltInd AltUd)

Sandsynlighedsfordeling for aiau ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Ja	Nej
Pct.	,10	,90

Anslået. Størrelsen er ikke vigtig fordi vi ved modellens konkrete anvendelse for en bedrift bruger viden om bedriftens faktiske produktionsforhold.

C.3. Potential for age sero (Alder ved serokonvertering)

Potentials angiver overgangssandsynlighederne, overgangsmatricen, direkte uden brug af odds-ratio.

Potentials for age sero				
Til age sero	Tidlig	Mellem	Sen	Aldrig
Fra pig age inf				
7-25 kg	,30	,68	,01	,01
25-50 kg	,01	,49	,49	,01
50-100 kg	,01	,01	,74	,24
Aldrig	,01	,01	,01	,97

Tabellen viser hvor lang tid der går fra grisene smittes til de serokonverterer. Der går 3 uger fra infektion til serokonvertering [Andreasen, 1999,side 86]. Men vi bør her huske at modellen er en statisk model for en steady state tilstand.

Fundet efter diskussion mellem forfatterne og Margit Andreasen, Vibeke Sørensen og Svend Erik Jorsdal; alle DVI.

C.4. Size (Besætnings størrelse)

Den relative fordeling af besætninger i Danmark. I grupper på 1-1.000, 1.001-3.000, 3.001-5.000, 5.001- leverede svin til slagtning for besætningen pr. år.

Sandsynlighedsfordeling for size ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	1-1.000	1.001-3.000	3.001-5.000	5.001-
Pct.	,70	,20	,06	,04

Beregnet efter Danske Slagterier med henvisning til Danmarks Statistik. Tilgængelig på internettet: http://www.danskeslagterier.dk/statisti/struktur/bestru/Index.htm. Citeret 5-jul-2000. Findes også på side 3 i Danske Slagterier: Statistik 1999, maj 2000.

For en given bedrift angives blot tilstanden, dvs. den omtrentlige størrelse, fordi det alene er den der er relevant ved vurdering af smittepresset. Den faktiske størrelse, size, er kun relevant hvis økonomi skal udregnes for hele bedriften og ikke bare pr. gris.

C.5. Potential for Ddeath (Ændret dødelighed)

De betingede sandsynligheder er lavet med udgangspunkt i en normalfordeling. Normalfordeling: varians = 0,1 og en halesandsynlighed 0,01.

	Betingede sandsynligheder				Sum
0	0,943	0,057	0,010	0,010	1,020
1	0,057	0,886	0,057	0,010	1,010
2	0,010	0,057	0,886	0,057	1,010
3	0,010	0,010	0,057	0,943	1,020

Potentials angiver overgangsmatricen direkte.

Potentials for Ddeath

Til Ddeath	0 pct.	½ pct.	1 pct.	1½ pct.
Ingen	,94	,06	,01	,01
Lav	,06	,89	,06	,01
Mellem	,01	,06	,89	,06
Høj	,01	,01	,06	,94

2 pct. dør ved ingen M, 2,5 pct. ved lav, 3 pct. ved mellem og 3,5 pct. ved høj M. Mycoplasma kan højst medføre 1 pct. ekstra dødelighed.

Odds-ratio for death

	2 pct.	3 pct.	4 pct.	5 pct.
OR	1,00	1,00	1,00	1,00

I første omgang bruger vi samme overgangssandsynlighed for alle udgangspunkter for faktisk dødelighed.

C.6. Death (Aktuelle dødelighed)

Sandsynlighedsfordeling for death ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	2 pct.	3 pct.	4 pct.	5 pct.
OR	,10	,35	,35	,20

Anslået ud fra effektivitetskontrollen 1999; *Produktionsøkonomi, svinehold*, Landbrugets Rådgivningscenter, 2000, side 16.

C.7. Potential for Ddwg (Ændret tilvækst)

Potentials angiver overgangsmatricen direkte.

Potentials for Ddwg

Til Ddwg	0 g	-30 g	-60 g	-90 g
0-1 pct.	,90	,06	,03	,01
2-5 pct.	,40	,50	,09	,01
6-10 pct.	,10	,40	,40	,10
11 pct. -	,01	,09	,40	,50

Ændret daglig tilvækst er 20-40 g pr. 10 pct. lungeforandring, Nielsen et al. [2000, side 39-40]. En lineær sammenhæng ifølge modellen i Straw et al. [1990], 37,4 g for hver 10 pct. lungeforandring. Vi mangler oplysning om usikkerheden i modellen for at kunne lave overgangsmatricen; her har vi anslået en spredning omkring det anførte gennemsnit i modellen.

Odds-ratio for pmt

	Nej	Ja
OR	1,00	,00

Odds-ratio for dwg

	800 g	840 g	880 g	920 g
OR	1,00	,00	,00	,00

Nødvendig med forældre her fordi de skal være der i den endelige model. Selve tallene er ligegyldigt her så det er bare sat til 0; de rigtige tal følger i næste afsnit (i en *efterOr*).

C.8. Ddwg

Odds ratio bliver ganget på den eksisterende tabel for Ddwg. Her er de egentlige tal for hvordan pmt påvirker Ddwg.

Odds-ratio for pmt

	Nej	Ja
OR	1,00	3,00

Har besætningen både pmt og Myco sænkes den daglige tilvækst. Knuden pmt bliver sat til forælder for Ddwg i programmet Myco.java.

C.9. Potential for Dfeed (Ændret foderforbrug)

Potentials angiver overgangsmatricen direkte.

Potentials for Dfeed

Til Dfeed	0	1-5 pct.	5-10 pct.	10-15 pct.
Fra lung lesion				
0-1 pct.	,80	,15	,04	,01
2-5 pct.	,10	,75	,10	,05
6-10 pct.	,05	,10	,75	,10
11 pct. -	,01	,04	,15	,80

Der er tale om små effekter i forhold til daglig tilvækst.

I artiklen Nielsen et al. [2000] findes modellen FE = 3,23 +0,01·lungescore; hvor FE er målt som kg foder pr. kg gris. oder/tilv.

Bemærk i DK bruger vi ofte foder pr. kg tilvækst, mens de i USA bruger tilvækst pr. kg foder.

Der indsættes en pil fra Daglig tilvækst til Foderforbrug. Grunden er at vi i de fleste tilfælde kender sammenhængen mellem risikofaktorer/lungescore og daglig tilvækst, men ikke noget om disses effekt på feed conversion. Men fra Straw Straw et al. [1989] findes pct. DEFE=-5,33+1,11(pct. DEMDG). NB dette er foderudnyttelse, dvs. kg tilvækst/kg foder indtaget.

C.10. Dfeed

I første omgang er ændring i feed conversion uafhængig af faktisk forderforbrug.

Odds-ratio for feed conversion

		Basis		
OR	1,00	1,00	1,00	1,00

C.11. Pig age inf (Alder ved infektion)

Sandsynlighedsfordeling for pig age inf ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	7-25 kg	25-50 kg	50-100 kg	Aldrig
Pct.	,01	,10	,80	,09

Kilde: Andreasen [1999].

C.12. Cough (andel hoster)

Host skyldes især Mycoplasma, men kan også skyldes andre forhold, fx støv, tør luft, høj ammoniak koncentration eller infektioner, fx andre luftvejssygdomme.

Sandsynlighedsfordeling for cough ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	0-10 pct.	10-20 pct.	20 pct. -
Pct.	,90	,09	,01

Anslået.

C.13. Purchase (Indkøbspolitik)

Sandsynlighedsfordeling for purchase ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	0	1	2 eller fl
Pct.	,20	,70	,10

Er nok ikke registreret. Anslået; få køber ikke ind, de har egne smågrise, og færre køber flere steder. Fordelingen på landsplan er ikke så relevant fordi det er en knude vi for en konkret besætning vil have eller let kan få vished om.

C.14. Clinical (Klinisk undersøgelse)

Prævalens observeret i begyndelsen.

Sandsynlighedsfordeling for clinical ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Lidt	Mellem	Meget
Pct.	,75	,20	,05

Odds-ratio for vet

	Intet	Lidt	Mellem	Meget
OR	1,00	2,00	4,00	8,00

Veterinærens fornemmelse om hvad der forgår i besætningen - veterinærens intuition i Dreyfus og Dreyfus's forstand [Dreyfus and Dreyfus, 1986]. Veterinærens subjektive mening og skøn. Da en del af veterinærens vurdering også er cough er veterinærens skøn mere præcise end cough alene.

Odds-ratio for cough

	0-10 pct.	10-20 pct.	20 pct. -
OR	1,00	1,20	2,00

Odds-ratio for myco level

	Ingen	Lidt	Mellem	Høj
OR	1,00	1,40	2,00	3,00

Anslået.

Odds-ratio for pig age inf

	7-25 kg	25-50 kg	50-100 kg	Aldrig
OR	1,00	,90	,80	,70

Jo yngre svin, jo flere symptomer [Andreasen, 1999,side 84].

C.15. l, hjælpevariabel

Hjælpeknude - l er ”l” for lung lesion. Knuden bliver slettet i den endelige model. Mange oplysninger findes i form af effekt på lung lesion, men det er ikke denne direkte måde vi skal bruge i modellen. Vi bruger alene knuden l til beregning af den indirekte effekt af risikofaktorerne på smittespredning så den samlede effekt på lung lesion bliver som effekten på l.

Sandsynlighedsfordeling for l ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	0	1-5 pct.	5-10 pct.	10 pct. -
Pct.	,60	,25	,10	,05

Christensen (1999): 25 pct. af konventionelle svin har lungeforandringer; 75 pct. har derfor ikke lungeforandringer. De 25 pct. med lungeforandringer er baseret på gennemsnit af diverse risikofaktorer, men da vi skal angive sandsynlighedsfordelingen baseret på tilstand 0 for risiko faktorer er andelen uden lungeforandringer højere. Den angivne fordeling er valgt så løsningen af modellen med gennemsnitlige niveauer for risikofaktorerne giver 75 pct. uden lungeforandringer og 25 pct. med.

Sammenhæng mellem sæson og lungeforandringer

Odds-ratio for season

	September	December	Marts (feb.	Juni (maj-
OR	1,00	2,20	1,76	1,35

Christensen 1995, tabel 4.18 Nielsen et al. [2000,side 36].

Sammenhæng mellem region og lungeforandringer. Region er besætningens beliggenhed.

Odds-ratio for region

	Øerne	Jylland
OR	1,00	1,15

Christensen 1998, afsnit 4.4 Nielsen et al. [2000, side 28].

Sammenhæng mellem aiau og lungeforandringer.

Odds-ratio for aiau

	Ja	Nej
OR	1,00	2,82

Stärk (1998) refereret i Nielsen et al. [2000,tabel 4.8 side 27] angiver 2.82.

Sammenhæng mellem size og lungeforandringer.

Odds-ratio for size

	1-1.000	1.001-3.000	3.001-5.000	5.001 -
OR	1,00	1,26	1,59	2,00

Tabel 4.5, afsnit 4.5 Nielsen et al. [2000,side 25].

Vi bruger teksten sidst på side 24 i rapporten: *Increasing herd size from 1.000 to 10.000 delivered pigs increased risk by a factor two*. Det svarer til en odds-ratio på 2,0 når vi sammenligner den største og mindste gruppe. De mellemliggende grupper findes via en kvotientrække, $1.59=1.26^2$ og $2.00 = 1.26^3 = 1.59 \cdot 1.26$.

C.16. Potential for lung lesion (Lungeforandring)

De betingede sandsynligheder er lavet med udgangspunkt i en normalfordeling: varians = 0.1 og en halesandsynlighed 0.01.

	Betingede sandsynligheder				Sum
0	0,943	0,057	0,010	0,010	1,020
1	0,057	0,886	0,057	0,010	1,010
2	0,010	0,057	0,886	0,057	1,010
3	0,010	0,010	0,057	0,943	1,020

Potentials angiver overgangsmatricen direkte.

Potentials for lung lesion

Til lung lesion	0-1 pct.	2-5 pct.	6-10 pct.	11 pct. -
Ingen	,94	,06	,01	,01
Lav	,06	,89	,06	,01
Mellem	,01	,06	,89	,06
Høj	,01	,01	,06	,94

Hvis der ikke er noget mycoplasma kommer der ingen lungeforandringer.

Odds-ratio for pig age inf

	7-25 kg	25-50 kg	50-100 kg	Aldrig
OR	1,00	1,50	4,00	1,00

Der findes flest lungeforandringer hvis grisen inficeres ved 50-100 kg. Hvis grisen inficeres tidligere når lungeforandringer at hele.

C.17. Management

Sandsynlighedsfordeling for management ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	God	Middel	Dårlig
Pct.	,50	,40	,10

C.18. Potential for mp, hjælpevariabel

Effekt af prævalens og infection press er givet direkte i nedenstående overgangstabeller (potential) for hjælpeknuderne mp og ms. Overgangstabellerne samles som beskrevet i Otto [2001] og ovenstående odds-ratio ganges på for at få overgangssandsynlighederne for disse risikofaktorer.

De betingede sandsynligheder er lavet med udgangspunkt i en . Normalfordeling: varians = 0.1 og en halesandsynlighed 0,01.

	Betingede sandsynligheder				Sum
0	0,943	0,057	0,010	0,010	1,020
1	0,057	0,886	0,057	0,010	1,010
2	0,010	0,057	0,886	0,057	1,010
3	0,010	0,010	0,057	0,943	1,020

Potentials angiver overgangssandsynlighederne, overgangsmatricen, direkte uden brug af odds-ratio.

Potentials for mp

Til mp	Ingen	Lav	Mellem	Høj
Fra prevelence				
Ingen	,94	,06	,01	,01
Lav	,06	,89	,06	,01
Middel	,01	,06	,89	,06
Høj	,01	,01	,06	,94

Hvis vi laver denne overgangsmatrix til en diagonalmatrix bliver prævalens og mycoplasma det samme. En given prævalens giver præcis det samme Mycoplasma niveau og der er ingen usikkerhed her. Ovenstående tabel belyser sammenhængen mellem den sande prævalens og myco niveauet i besætningen.

Beregnet overgangssandsynligheder for mp

Til mp	Ingen	Lav	Mellem	Høj
Fra prevelence				
Ingen	,943	,057	,010	,010
Lav	,057	,886	,057	,010
Middel	,010	,057	,886	,057
Høj	,010	,010	,057	,943

C.19 Potential for ms, hjælpevariabel

Se beskrivelsen af mp i afsnit C.18 for en nærmere forklaring.

De betingede sandsynligheder er lavet med udgangspunkt i en . Normalfordeling: varians = 0.1 og en halesandsynlighed 0,01.

	Betingede sandsynligheder				Sum
0	0,943	0,057	0,010	0,010	1,020
1	0,057	0,886	0,057	0,010	1,010
2	0,010	0,057	0,886	0,057	1,010
3	0,010	0,010	0,057	0,943	1,020

Potentials angiver overgangssandsynlighederne, overgangsmatricen, direkte uden brug af odds-ratio.

Potentials for ms

Til ms	Ingen	Lav	Mellem	Høj
Fra prevelence				
Ingen	,94	,06	,01	,01
Lav	,06	,89	,06	,01
Mellem	,01	,06	,89	,06
Høj	,01	,01	,06	,94

Ovenstående tabel skulle gerne belyse sammenhængen mellem smittepresset i besætningen og mycoplasma niveauet i besætningen.

Beregnet overgangssandsynligheder for ms

Til ms	Ingen	Lav	Mellem	Høj
Fra infectionpress				
Ingen	,943	,057	,010	,010
Lav	,057	,886	,057	,010
Middel	,010	,057	,886	,057
Høj	,010	,010	,057	,943

C.20. Neighbour dist (Afstand til nabo)

Sandsynlighedsfordeling for neighbour dist ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	3.000 m	1.000 m	200 m
Pct.	,45	,54	,01

Anslået. De fleste har mere end 1.000 m til nærmeste nabo, men alligevel ikke så meget som 3.000 m.

Er kendt for en konkret bedrift.

C.21. Large neighbour dist (Afstand til stor nabo)

Sandsynlighedsfordeling for large neighbour dist ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	3.000 m	1.000 m	200 m
Pct.	,90	,09	,01

Anslået. Er kendt for en konkret bedrift.

C.22. Survival (Overleve)

Sandsynlighedsfordeling for survival ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Høj	Mellem	Lav
Pct.	,90	,09	,01

Her bruger vi Sven Erik Jorsals model fra DVI.

Odds-ratio for purchase

	0	1	2 eller fl
OR	1,00	1,50	4,00

Anslået.

Odds-ratio for neighbour dist

	3.000 m	1.000 m	200 m
OR	1,00	1,00	1,00

Odds-ratio for large neighbour dist

	3.000 m	1.000 m	200 m
OR	1,00	1,00	1,00

Begge ovenstående variable indgår i DSs GIS beregningsmodel.

Odds-ratio for depopulation

	Ja	Nej
OR	1,00	5,00

Anslået.

C.23. Potential for prevalence (Prævalens)

Overgangsmatrix for prevalence

Til prevalence	Ingen	Lav	Middel	Høj
Fra infectionpress				
Ingen	,90	,05	,03	,02
Lav	,10	,80	,09	,01
Mellem	,01	,09	,80	,10
Høj	,01	,04	,15	,80

Overgangsmatrix er efterset af eksperterne PB og JPN og tiltrådt af alle veterinærerne i svinegruppen.

Vi har sat overgangsmatricen så intet infection press medfører at prævalensen med sikkerhed bliver nul.

Odds-ratio for pig age inf

	7-25 kg	25-50 kg	50-100 kg	Aldrig
OR	1,00	,90	,75	,50

Jo tidligere grisen bliver inficeret, jo højere prævalens. Sådan er det bare!

C.24. P, hjælpevariabel

Hjælpevariabel for prævalens, pilen fra indkøb skal gå til infection press, men information vedrører prævalens derfor har den fået en hjælpeknude p som vi sletter i den endelige model. Der går andre pile til prævalens der skal beholdes og hvor overgangsmatricer skal beregnes uafhængig af indkøb.

Som basissandsynlighed er brugt fordelingen i Hugin efter propagering hvor alle risikofaktorer for (forældre til) infection press sat til deres basistilstand. Hvis vi tager den første række fra overgangsmatricen fra infection press til prævalens svarer det til at vi bruger basistilstand for infection press. Men når vi ganger odds-ratio på bruger vi hele matricen for infection press sådan som den er efter overførsel af sandsynligheder mellem knuderne (propagering) når alle risikofaktorer er sat til en gennemsnitsværdi og altså ikke til deres basistilstand - det kan selvfølgelig synes lidt underligt, men sådan er det nu en gang lettest i det skrevne program.

Sandsynlighedsfordeling for p ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Ingen	Lav	Middel	Høj
Pct.	,50	,25	,15	,10

Ovenstående er taget fra en beregnet Hugin tabel hvor pig age inf er sat til basistilstanden (tilstand 0) fordi den først laves efterfølgende i en tabelOr (en særlig metode programmeret i Java). Alle andre faktorer er sat til deres gennemsnit, dvs. enten beregnet i Hugin eller hvis de ikke har forældre som indlæst sandsynlighed for basistilstand. Information om prævalens stammer fra prevalence.

Odds-ratio for purchase

	0	1	2 eller fl
OR	1,00	1,50	2,20

Maes [1997] gengivet i Nielsen et al. [2000,afsnit 4.7, side 26].

Knuden er kun relevant ved depopulation. Hvis besætningen i forvejen er smittet vil indkøb ikke ændre smitten væsentligt. Kun hvis der indkøbes smittedede dyr til en rask besætning vil der ske en ændring.

Beregnet overgangssandsynligheder for p

Til p	Ingen	Lav	Middel	Høj
Fra purchase				
0	,500	,250	,150	,100
1	,400	,300	,180	,120
2 eller fl	,312	,344	,206	,138

C.25. Pleuro (Ondartet lungesyge)

Sandsynlighedsfordeling for pleuro ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	0-10 pct.	10 pct. -
Pct.	,90	,10

Tal findes i Christensen and Enø [1999].

Odds-ratio for lung lesion

	0-1 pct.	2-5 pct.	6-10 pct.	11pct. -
OR	1,00	1,31	1,73	2,99

I Nielsen et al. [2000, Side 23, brugt Enøe 1997] er angivet en odds-ratio på 1,73. Vi bruger det til den midterste niveau og sætter niveauet lige under til kvadratroden og niveauet over til kvadratet. På den måde svarer midterniveauer stort set til det geometriske gennemsnit af de 3 tal, dvs. det aritmetiske af log-odds-ratio.

Beregnet overgangssandsynligheder for pleuro

Til pleuro	0-10 pct.	10 pct. -
Fra lung lesion		
0-1 pct.	,900	,100
2-5 pct.	,873	,127
6-10 pct.	,839	,161
11 pct. -	,751	,249

C.26. Pmt (Pasteurella multocida)

Om grisene har PMT eller ej.

Sandsynlighedsfordeling for pmt ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Ja	Nej
Pct.	,70	,30

Anslået.

C.27. Region

Sandsynlighedsfordeling for region ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Øerne	Jylland
Pct.	,14	,86

Juni tælling 1999, Danske Slagterier med henvisning til Danmarks Statistik. Tilgængelig på internettet: http://www.danskeslagterier.dk/statisti/bestand/amter/Index.htm. Citeret 5-jul-2000.

C.28. Depopulation (Sanering)

Sandsynlighedsfordeling for depopulation ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Ja	Nej
Pct.	,50	,50

SPF depopulation har en succesrate der er tæt på 100 pct.

Delvis depopulation har en succesrate på 80-90 pct.

C.29 Potential for serologi pre (Serologisk prævalens)

De betingede sandsynligheder er lavet med udgangspunkt i en normalfordeling: varians = 0,2 og en halesandsynlighed 0,05.

	Betingede sandsynligheder				Sum
0	0,761	0,136	0,052	0,052	1,000
1	0,125	0,702	0,125	0,048	1,000
2	0,048	0,125	0,702	0,125	1,000
3	0,052	0,052	0,136	0,761	1,000

Potentials angiver overgangssandsynlighederne, overgangsmatricen, direkte uden brug af odds-ratio.

Potentials for serologi pre

Til serologi pre	Nul	Lav	Middel	Høj
Fra prevalence				
Ingen	,76	,14	,05	,05
Lav	,13	,70	,13	,05
Middel	,05	,13	,70	,13
Høj	,05	,05	,14	,76

Sensitivitet og specitivitet er fra Nielsen et al. [2000] tabel 3.2, side 12. Det er ELISA-test der bruges til undersøgelsen. I tabel 3.3 samme sted fremgår at sensitivitet er meget lavere (0,78) for en kronisk inficeret besætning; det er der delvis taget hensyn til her.

Beregnet overgangssandsynligheder for serologi pre

Til serologi pre	Nul	Lav	Middel	Høj
Fra prevalence				
Ingen	,761	,136	,052	,052
Lav	,125	,702	,125	,048
Middel	,048	,125	,702	,125
Høj	,052	,052	,136	,761

C.30. Season (Sæson)

Sandsynlighedsfordeling for season ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	September	December	Marts (feb.	Juni (maj-
Pct.	,25	,25	,25	,25

C.31. Infection press

Odds ratio bliver ganget på den eksisterende tabel for infection press. Odds-ratio bliver ganget på den eksisterende tabel for infection press der er fremkommet ved beregning af flytning af pile fra virkning på lung lesion til virkning på infection press jf. figur 4. Tabel for infection press er i det væsentligste lavet ved flytning af pile fra lung lesion hvor nedenstående odds-ratio ganges på.

Odds-ratio for management

	God	Middel	Dårlig
OR	1,00	5,00	10,00

Anslået ud fra E-kontrol og økonomisk analyse af bidragsregnskaber.

C.32. Potential for usk

Potentials angiver overgangssandsynlighederne, overgangsmatricen, direkte uden brug af odds-ratio.

Potentials for usk

Til usk	0 pct.	1-5 pct.	6-10 pct.	11 pct. -
Fra lung lesion				
0-1 pct.	,95	,03	,01	,01
2-5 pct.	,44	,50	,05	,01
6-10 pct.	,15	,30	,50	,05
11 pct. -	,05	,15	,30	,50

Ovenstående tabel forklarer sammenhængen mellem det niveau for lung lesion fundet ved USK og det faktiske niveau af lungeforandringer; hensyntagen til sensitivitet og specificitet.

Kun lungeforandringer, lung lesion, som følge af mycoplasma.

Matricen er en smule skæv idet USK næppe eller i det mindste kun sjældent finder flere lungeforandringer end der faktisk er.

For brysthindear (som er væsentlig nemmere at observerer end mycoforandringer) har vi taget udgangspunkt i:
Sensitivitet 89.2-39.4
Specificitet 99.3-94.5

Undersøgelsen er gennemført på 4 slagterier og refereret i Christensen and Enø [1999].

Beregnet overgangssandsynligheder for usk

Til usk	0 pct.	1-5 pct.	6-10 pct.	11 pct. -
Fra lung lesion				
0-1 pct.	,950	,030	,010	,010
2-5 pct.	,440	,500	,050	,010
6-10 pct.	,150	,300	,500	,050
11 pct. -	,050	,150	,300	,500

C.33. Vet (Veterinær undersøgelse)

Sandsynlighedsfordeling for vet ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Intet	Lidt	Mellem	Meget
Pct.	,90	,05	,04	,01

Dyrlægens kliniske undersøgelse. Anslået.

C.34. Medication (Medicin)

Sandsynlighedsfordeling for medication ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Ingen	Ja
Pct.	,90	,10

I udgangspunkt er der ingen der bliver medicineret.

C.35. Vaccination (Vaccine)

Sandsynlighedsfordeling for vaccination ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	Nej	Ja
Pct.	,90	,10

I udgangspunkt er der ingen der bliver vaccineret.

C.36. Potential for controlDdwg

Potentials angiver overgangssandsynlighederne, overgangsmatricen, direkte uden brug af odds-ratio.

Potentials for controlDdwg

Til controlDdwg		0 g	30 g	60 g	90 g
Fra medication	Vaccination				
Ingen	nej	1,00	,00	,00	,00
Ingen	ja	,12	,55	,30	,03
Ja	nej	,80	,10	,10	,00
Ja	ja	,05	,55	,35	,05

CEPROS kontrolpapir Jensen et al. [2002,side 6 og 7].

Beregnet overgangssandsynligheder for controlDdwg

Til controlDdwg		0 g	30 g	60 g	90 g
Fra medication	Vaccination				
Ingen	nej	1,000	,000	,000	,000
Ingen	ja	,120	,550	,300	,030
Ja	nej	,800	,100	,100	,000
Ja	ja	,050	,550	,350	,050

C.37 Potential for ic

De betingede sandsynligheder er lavet med udgangspunkt i en normalfordeling: varians = 0,22 og en halesandsynlighed 0,02.

Ret præcis overgang fra samlet control til infection press. Kontrol er nærmest at opfatte som en proxy for kontrollernes virkning på infection press.

	Betingede sandsynligheder				Sum
0	0,796	0,159	0,022	0,022	1,000
1	0,140	0,701	0,140	0,020	1,000
2	0,020	0,140	0,701	0,140	1,000
3	0,022	0,022	0,159	0,796	1,000

Potentials for ic

Til ic		State 1	State 2	State 3
Fra control				
God	,80	,16	,02	,02
Middel	,14	,70	,14	,02
Dårlig	,02	,14	,70	,14
Ingen	,02	,02	,16	,80

C.38. Control (Kontrol foranstaltning)

Sandsynlighedsfordeling for control ved basistilstand for andre risikofaktorer, dvs. når alle andre risikofaktorer er på deres laveste niveau.

	God	Middel	Dårlig	Ingen
Pct.	,50	,30	,15	,05

Odds-ratio for vaccination

	Nej	Ja
OR	1,00	,50

Odds-ratio for medication

	Ingen	Ja
OR	1,00	,70

Beregnet overgangssandsynligheder for control

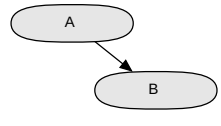
Til control		God	Middel	Dårlig	Ingen
Fra medication	Vaccination				
Ingen	nej	,500	,300	,150	,050
Ingen	ja	,667	,200	,100	,033
Ja	nej	,588	,247	,124	,041
Ja	ja	,741	,156	,078	,026

D. Normalfordelte overgangsmatricer

De betingede sandsynligheder for latente variable/knuder, pile fra latente knuder, dvs. knuder vi ikke har målinger om, er i de fleste tilfælde beregnet med udgangspunkt i en normalfordeling. I andre tilfælde er de anslået efter diskussion mellem og med eksperter. Der er mange problemer med at bruge eksperter [Cooke, 1991], [Hardaker et al., 1997, kapitel 4]. Dels at finde dem og dels at få dem til at sige noget vi kan bruge. Derfor dette alternative forslag som er brugt til et udspil over for eksperter.

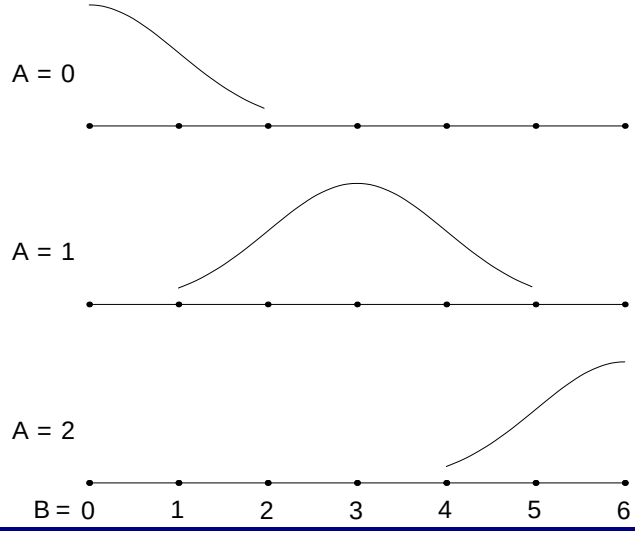
I udgangspunktet placeres 95 pct. af sandsynlighedsmassen symmetrisk over 5 tilstande så den midterste tilstand svarer til middelværdien. De resterende tilstande tildeles ligeligt 5 pct. til sammen for ikke helt at udelukke outliere. For en standardiseret normalfordeling ligger 95 pct. af massen i intervallet [– 1.96, 1.96]. Vi tager udgangspunkt i 5 tilstande centreret om værdien 0 hver med bredden 1; det svarer til intervallerne [–2.5, –1.5], [–1.5, –.5], [–.5,.5], [.5,1.5] og [1.5,2.5]. Den samlede sandsynlighedsmasse på hele stykket [–2.5,2.5] skal være 95 pct. En normalfordeling har denne egenskab når variansen er $(2.5 /1.96)^2 = 1.2755^2 = 1.6269$.

Skal en normalfordeling dække 3 tilstande med 95 pct. af sandsynlighedsmassen på samme måde skal dens varians være $(1.5/1.96)^2 = .7653^2 = .5857$. Skal overgangssandsynlighedsmassen ligge på diagonalen, dvs. overgangsmatricen næsten er en diagonalmatrix, skal variansen være $(.5 /1.96)^2 = .2551^2 = .0651$. For den første tilstand for en knude, knudens laveste tilstand, bliver den venstre del af normalfordelingen afkappet. Enten kan vi herefter lave en ny normalisering ved at dividere alle sandsynligheder med summen af den ikke afkappede del, eller den afkappede del kan overføres til den nærmeste tilstand, her den første tilstand. Det svarer til at intervallet for den første tilstand går fra $-\infty$ til 0.5 og intervallet for den sidste tilstand tilsvarende fra -0.5 til ∞ . Den første metode har den uheldige bivirkning at halen kan blive tykkere for forælderens ekstreme tilstande end for forælderens midterste tilstande – derfor bruger vi ikke den metode.



Hvis A har 3 tilstande og B har 7 tilstande kan vi illustrere ovenstående model grafiske i figur D.1 når vi lader 95 pct. af sandsynlighedsmassen ligge på 5 tilstande.

Figur D.1. Normalfordeling på tilstande



Når A har værdien 1 har vi en fuld normalfordeling, og når A har værdien 0 eller 2 har vi en afkappet normalfordeling.

Oventstående leder til overgangsmatricen fra A til B, den betingede fordeling af B givet A, som vist i tabel D1.

Tabel D.1. Betinget fordeling af B givet A

	Til B						
Fra A	0	1	2	3	4	5	6
0	65	23	9	2	0	0	0
1	2	9	23	30	23	9	2
2	0	0	0	2	9	23	65

E. Yderligere overgangsmatricer

Her skulle der være afsnit med mange tal, overgangsmatricer for alle knuderne i alle modellerne. De er udeladt i den trykte version, men ganske særligt interesserede kan få dem på elektronisk form ved henvendelse til forfatteren.

F. Brug og fortolkning af Bayesianske netværk: Et lille ikke-veterinært eksempel

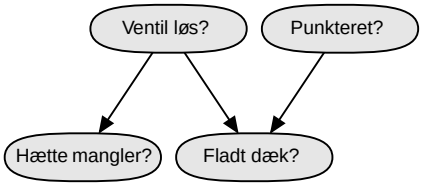
Vi viser et lille eksempel på et Bayesiansk netværk for at give læsere uden kendskab til området en vis fornemmelse af den type af modeller. Vi præsenterer derfor en lille lærebogsmodel. For læsere der vil vide meget mere om Bayesianske net kan vi anbefale bøgerne Jensen [1996, 2001] der er gode, ikke for matematiske, introduktioner til emnet - skrevet af en dansker, men på engelsk.

En morgen da jeg skulle til at køre på arbejde, var mit baghjul (på min cykel) fladt. Da jeg kørte hjem i går aftes virkede det helt i orden. Det kan være en punktering eller måske nogle børn der har løsnet ventilen. Hvis nogen har pillet ved ventilen vil ventilhætten meget ofte være væk.

Hvis ventilhætten mangler, er det derfor et tegn på at nogen har løsnet ventilen og at jeg derfor kan cykle på arbejde hvis jeg strammer ventilen, og pumper hjulet. Hvis ventilen er løs, vil ventilhætten ofte mangle fordi børnene på min vej ikke alle er smarte nok til at sætte ventilhætten på efter at have løsnet ventilen. Ventilhætten kan selvfølgelig også bare være faldet af, eller jeg kan have glemt at sætte den på sidste gang jeg pumpede hjulet. Hvis ventilhætten ikke mangler, er der formentlig heller ingen der har pillet ved ventilen, og sandsynligheden for at jeg er punkteret, er derfor stor.

Årsagssammenhængen i modellen går i pilenes retning i figur F.1. Det er en punktering eller en løs ventil der er årsagen til at dækket er fladt. Det er ikke det flade dæk der er årsag til en punktering. Men når jeg ser et fladt hjul går mine overvejelser imod pilenes retning og jeg tænker straks »punkteret«.

Figur F.1. Fladt hjul



I tabel F.1 og F.2 har vi vist de betingede sandsynligheder for om ventilhætten mangler betinget af om ventilen er løs eller ej. Hvis jeg har en løs ventil og et punkteret dæk så er mit dæk med sikkerhed fladt. Men hvis jeg har en stram ventil kan der være et lille hul på slangen så dækket ikke er fladt – endnu.

Tabel F.1. Betingede sandsynligheder for en manglende ventilhætte

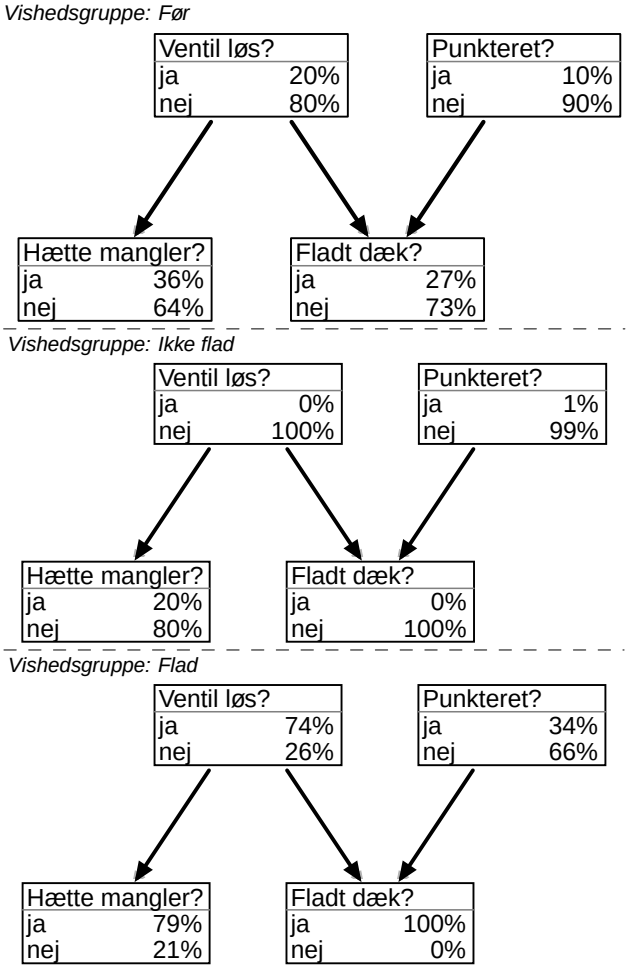
Pct.	Ventil løs?	Ja	Nej
Hætte mangler?	Ja	100	20
	Nej	0	80

Tabel F.2. Betinget sandsynlighed for en fladt dæk

Pct.	Punkteret?	Ja	Ja	Nej	Nej
	Ventil løs?	Ja	Nej	Ja	Nej
Flad?	Ja	100	90	100	0
	Nej	0	10	0	100

Inden jeg går ud til min cykel er min forudfattede sandsynlighed (prior probability) for en løs ventil 20 pct. og for en punktering 10 pct. – i virkeligheden er sandsynlighederne meget mindre, men her i eksemplet vil jeg bruge store afrundede tal. Med den viden og med de ovenfor nævnte betingede sandsynligheder er det muligt af beregne sandsynligheden for en manglende ventilhætte og for et fladt dæk. Resultaterne er vist i den øverste del af figur F.2 og i søjle 1 i tabel F.3.

Figur F.2. Vished om dækket



Det fremgår at uden observationer af nogen art, dvs. inden jeg er gået ud til min cykel, er sandsynligheden for et fladt dæk 27 pct. – lidt overdrevet, men som nævnt er det princippet vi vil illustrere her med store runde tal.

Tabel F.3. Vished om dækket

Pct.	1	2	3	4
Causes				
Punkteret?				
ja	10	1	34	16
nej	90	99	66	84
Ventil løs?				
ja	20	0	74	93
nej	80	100	26	7
Observations				
Fladt dæk?				
ja	27	0	*100*	*100*
nej	73	*100*	0	0
Hætte mangler?				
ja	36	20	79	*100*
nej	64	80	21	0
Konfliktmål	100	100	100	46

Vishedsgrupper:
1. Før.
2. Ikke flad.
3. Flad.
4. Flad og hætte mangler.

Hvis jeg kommer ud til min cykel og den ikke er flad har jeg vished om flad til nej sat til 100 pct. i søjle 2 i tabellen. De andre rækker i søjlen er så beregnet her ud fra. Nu er sandsynligheden for en punkteret cykel faldet til 1 pct.

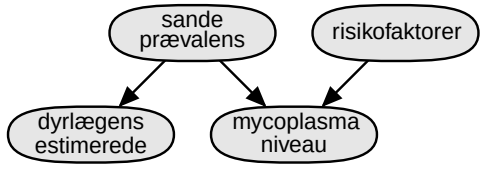
Hvis jeg kun ser at cyklen er flad, søjle 3, er sandsynligheden for at jeg er punkteret 34 pct. og for at nogen løsnet ventilen 74 pct. Hvis min cykel er flad og ventilhætten mangler, søjle 4, er sandsynligheden for en punktering kun 16 pct. Det vil være en god ide at stramme ventilen, pumpe dækket og vente et par minutter for at se om det holder tæt.

Eksemplet viser hvordan mere information, viden, observationer om tilstanden for en knude, variabel, ændrer vores syn på tilstandene for andre knuder. Uden nogen observation eller viden svarer vores kendskab til de forskellige knuder til vores forudfattede sandsynlighed (prior probability). Med flere observationer, mere viden, kan vi opdatere vores forudfattede sandsynlighed (prior probability) i søjle 1 i tabel F.3 til sandsynlighederne i søjle 2, 3 og 4 i tabellen (posterior probabilities). Vi er blevet klogere, og for nogle knuder er sandsynlighederne begyndt at klumpe sig om enkelte tilstande.

G. Brug og fortolkning af Bayesianske netværk: Et lille veterinært eksempel

Vi giver her endnu et lille eksempel. Denne gang inden for det veterinære område. Da eksemplet er så lille og simpelt er der mange veterinære urimeligheder hvorfor det anbefales veterinære læsere at springe det over. Den grafiske model vi bruger her er vist i figur G.1.

Figur G.1. Lille eksempel på Bayesiansk netværk



Niveauet for mycoplasma kalder vi i modellen myco-niveau. Det afhænger af niveauet for de forskellige risikofaktorer risikofaktorer og af niveauet for prævalensen sande prævalens. Dyrlægen foretager en undersøgelse og resultatet af den undersøgelse afhænger af prævalensen - hvis det er en serologisk undersøgelse dyrlægen foretager er det i form af en blodprøve. Vi kan betragte knuden prevalens som det sande niveau for serologi, mens dyrlægens undersøgelse er et forsøg på at måle denne, et estimat. Når dyrlægen har foretaget sin undersøgelse ved han eller hun derfor indirekte noget om det serologiske niveau og dermed prævalensen fordi det er prævalensen der bestemmer resultatet af dyrlægens undersøgelse. Fra dette kan dyrlægen udlede information om niveauet for mycoplasma.

Måden hvorpå serologi og risikofaktorerne påvirker mycoplasma niveauet er beskrevet ved et sæt af betingede sandsynligheder. Vi har et sådan sæt her.

		Myco niveau	
Risikofaktorer	Serologi	Lav	Høj
Lav	Lav	0,9	0,1
Lav	Høj	0,6	0,4
Høj	Lav	0,3	0,7
Høj	Høj	0,1	0,9

Da veterinære læsere blev bedt om at springe dette eksempel over er der ikke nogen grund til at gå nærmere ind på størrelsen af de forskellige sandsynligheder i ovenstå-

ende tabel - sandsynlighederne er fuldstændigt grebet ud af luften og har intet med vores store model for mycoplasma at gøre.

Sensitivitet og specificitet for dyrlægens undersøgelser er begge 90 pct. så de betingede sandsynligheder for dyrlægens undersøgelser er:

Resultat af dyrlægens undersøgelse	Lav	Høj
Serologi		
Lav	0,9	0,1
Høj	0,1	0,9

G.1. Overvågning af knuder

Vi viser et lille regnestykke for at illustrere hvordan resultatet af en veterinær undersøgelse, dyrlæge undersøgelse, påvirker vores viden om mycoplasma. I tabel G.1 er vist resultatet af forskellige former for vished om knudens tilstand. Lad os straks forsøge med en forklaring til tabellen. Kolonerne viser samhørende fordelinger for forskellig knuder. I forspalten står knudernes navn og deres mulige tilstande. I tabellens hoved står numre på kolonnernes vishedsgrupper der dels er verbalt beskrevet i tabellens anmærkninger og dels fremgår af fordelingen i kolonnen. For knuder hvor der foreligger vished er der en af tilstandene der fremstår som værende 100 pct. sikker. For knuder uden vished er der typisk en fordeling hvor alle tilstande har en positiv sandsynlighed. Den første kolonne, vishedsgruppe 1, viser hvordan fordelingen på de forskellige knuder ser ud når vi har et gennemsnit over hele linjen; ikke særlig interessant så det gør vi ikke mere ud af.

Den anden søjle i tabellen, vishedsgruppe 2, viser fordelingen på knuden myco niveau når risikofaktorerne er tilstede, risk factors er høj med sandsynlighed på 100 pct. Nederst i søjlen kan vi se at knuden myco niveau er i tilstanden lav med 20 pct., dvs. der er en sandsynlighed på 20 pct. for at mycoplasma niveauet er lavt. Vi kan også se knuden er i tilstanden høj med 80 pct., dvs. der er 80 pct. sandsynlighed for at mycoplasmaniveauet er højt.

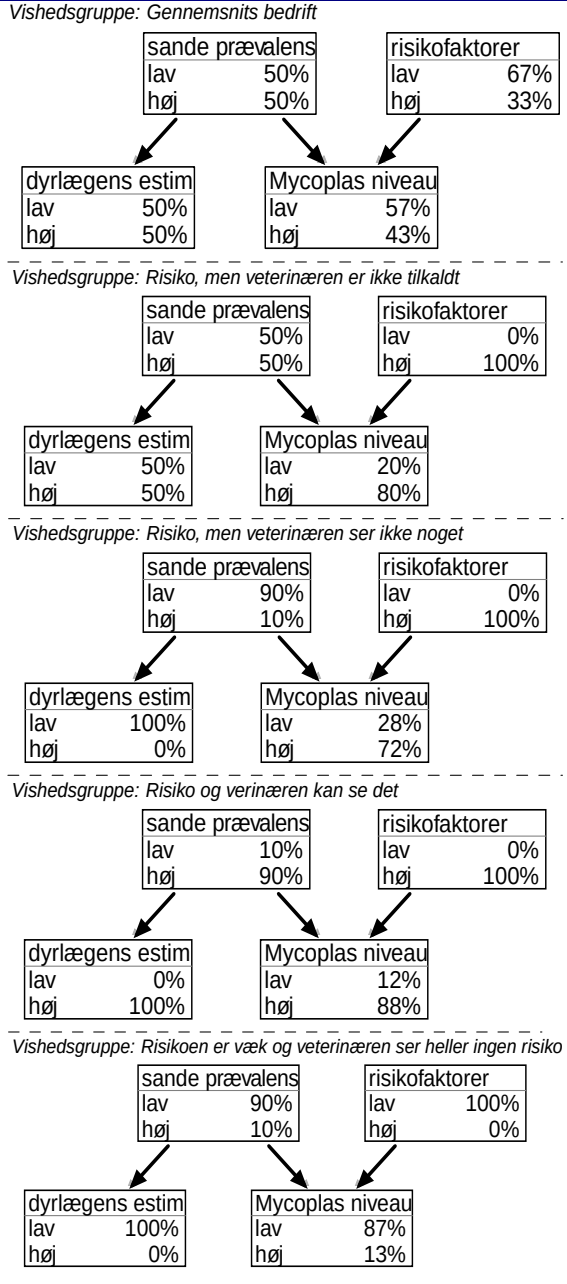
Tabel G.1. Vi ved mere: Forskellig viden efter dyrlægens undersøgelse

Pct.	1	2	3	4	5
serologi					
lav	50	50	90	10	90
høj	50	50	10	90	10
vet-examination					
lav	50	50	100	0	100
høj	50	50	0	100	0
risk-factors					
lav	67	0	0	0	100
høj	33	100	100	100	0
myco-niveau					
lav	57	20	28	12	87
høj	43	80	72	88	13
Konfliktmål	100	100	100	100	100

Vishedsgrupper:
1. Gennemsnits bedrift
2. Risiko, men veterinæren er ikke tilkaldt
3. Risiko, men veterinæren ser ikke noget
4. Risiko og verinæren kan se det
5. Risikoen er væk og veterinæren ser heller ingen risiko

Hvis vi tilkalder dyrlægen og vedkommende laver en undersøgelse der giver resultatet lav får vi fordelingen svarende til tredje søjle, vishedsgruppe 3, hvor der for knuden vet examination er sandsynlighed på 100 pct. for lav og 0 pct. for høj. Det medfører nu at vores vurdering af mycoplasma niveauet bliver et andet, nu tror vi at der er 28 pct. sandsynlighed for at det er lavt. Dyrlægen har sagt at niveauet er lavt og vores vurdering går derfor i den retning. Når vi ikke siger at det er lavt med en sandsynlighed der nærmer sig 100 pct. er det fordi der er risikofaktorer tilstede. Hvis omvendt dyrlægens undersøgelse havde resulteret i høj får vi fordelinger som i den fjerde søjle, vishedsgruppe 4. I den femte søjle, vishedsgruppe 5, er risikofaktorerne fjernet og resultatet af dyrlægens undersøgelse resulterer i lav kan vi se at så er sandsynligheden for et lavt mycoplasma niveau steget til 87 pct.

I figur G.3 har vi vist de samme resultater, men denne gang sat op så det svarer til den grafiske form af modellen. Begge steder kan vi se at vurderingen af risikofaktorerne afhænger af den veterinære vurdering. Lad os gå ud fra at risikofaktoren er høj. Hvis vi ikke tilkalder veterinæren, men blot anslår at der er lige stor sandsynlighed for høj og for lav prævalens er sandsynligheden for højt niveau af mycoplasma 80 pct. Hvis vi tilkalder en veterinær og vedkommendes vurdering er at niveauet er lavt (det kan det sagtens være selv om risikofaktorerne truer med højt) er sandsynligheden for et højt niveau for mycoplasma kun 72 pct. Hvis omvendt den veterinære vurdering siger

niveauet er højt er sandsynligheden for højt niveau af mycoplasma 88 pct. Uden veterinærens undersøgelse er vores bedste bud at sandsynligheden for højt niveau for mycoplasma 80 pct. og efter en veterinær undersøgelse er det enten 72 pct. eller 88 pct. Den veterinære undersøgelse har givet et mere sikkert estimat af sandsynligheden for højt niveau af mycoplasma. Uden den veterinære undersøgelse er det gennemsnittet af de to mulige udfald af undersøgelsen vi bruger.

Figur G..2. Syn af viden: Forskelligt resultat af dyrlægens undersøgelse