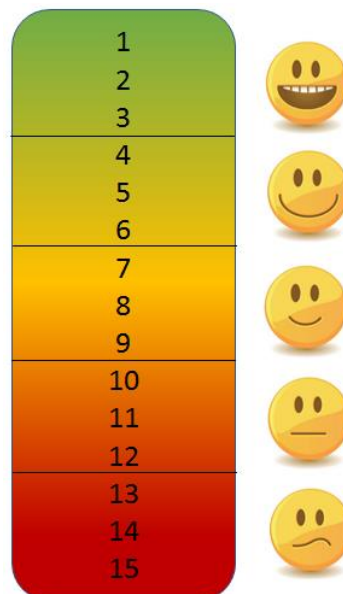


# Ratingmodel for landbrugs- virksomheder



<b>Indholdsfortegnelse</b>	<b>Side</b>
<b>Baggrund, formål og afgrænsning</b>	<b>2</b>
<b>Generelt om ratingmodeller</b>	<b>2</b>
<b>Bankruptcy prediction model</b>	<b>4</b>
<i>Metodevalg</i>	5
<i>Modeludvikling</i>	7
<b>Øvrige elementer i ratingmodellen</b>	<b>16</b>
<i>Branchemodul</i>	16
<i>Managementmodul</i>	17
<i>Risikomodul</i>	18
<b>Afsluttende bemærkninger</b>	<b>19</b>

**For notatet:**

Erhvervsøkonomisk chef Klaus Kaiser  
SEGES, Landbrug & Fødevarer  
T +45 8740 5175  
M +45 2013 5175  
E [kak@seges.dk](mailto:kak@seges.dk)

Seniorspecialist Philipp Trenel  
AgroTech  
Teknologisk Institut

### **Baggrund, formål og afgrænsning**

Enhver virksomhed, som opererer i en markedsøkonomi, er nødt til at have et klart billede af deres debitor-risiko, da de ellers kan blive ramt af misligholdelse af deres udeståender. Især i den finansielle sektor er der udviklet avancerede modeller til at beregne kreditrisikoen, og derudfra foretage individuel prissætning af kreditfaciliteter samt foretage beregninger for det nødvendige likviditets- og solvensberedskab.

Alle pengeinstitutter har ratingmodeller, da de skal kende deres risiko, dvs. sandsynligheden for at deres debitorer misligholder deres forpligtelser (Probability of Default, "PD"). PD er bankernes "holy grail". Men også andre virksomheder skal kende deres styrke og risiko – også i stress-scenarier - og opererer derfor med kredit- og risikovurderinger med forskellig kompleksitet, afhængig af formål og marked.

Det primære formål med en ratingmodel er at kvantificere de væsentligste forhold omkring en virksomhed, som har indflydelse på dens økonomiske styrke og robusthed. Derved muliggør en ratingmodel ikke blot en vurdering af kreditværdigheden og faresignaler, men kan med velvalgte parametre og outputs også anvendes som et værktøj i forhold til at identificere styrker og udviklingspotentialer for en given virksomhed.

Anvendt over en årrække, kan en sådan model ydermere give indikationer af, i hvilken retning virksomheden bevæger sig. Hvis virksomheden bevæger sig i en negativ retning i forhold til indtjeningsevne, robusthed eller direkte overlevelsessevne, kan en ratingmodel med en flerårig horisont tilbage og fremad i tid anvendes til at give tidlige signaler ("early warning") om, hvorvidt virksomheden bevæger sig i en ønsket eller uønsket retning.

Eftersom netop disse aspekter er hovedformålet med nærværende modeludvikling, kan modellen anvendes som et rådgivningsværktøj til at screene og vurdere virksomhedens aktuelle styrke og robusthed, til at kunne give early warnings i forhold til en uønsket retning for virksomhedens økonomiske udvikling samt til at afdække eventuelle områder, der kræver særlig opmærksomhed med henblik på at kunne gribe forebyggende ind med rådgivning og vejledning.

En oplagt anvendelsesmulighed af en ratingmodel er at anvende den til dels at blive informeret om, hvordan virksomheden klarer sig på en lang række parametre og dels at beregne, hvordan virksomheden vil klare sig under alternative tiltag. Hvordan bliver virksomhedens rating påvirket, hvis der foretages en given handling; en besparelse, en investering, en omlægning osv.? Forbedrer eller forværrer det virksomhedens rating? Hvilken af forskellige alternativer har den mest positive påvirkning af ratingen?

### **Generelt om ratingmodeller**

En ratingmodel indeholder forskellige elementer, som tilsammen kan afdække en virksomheds eller families/persons økonomiske styrke og robusthed. Vurderingen kan udtrykkes i en karakter ("score").

Scoren afhænger generelt af 1) virksomhedens indtjeningsevne og dermed evnen til at forrente og afdrage gæld (alternativt investere), 2) hvor velkonsolideret virksomheden er, og dermed evnen til at stille sikkerhed og modstå økonomiske stød, 3) hvor usikre forholdene i omverdenen er samt 4) virksomhedens management.

Typisk indeholder elementerne i en ratingmodel for en virksomhed både kvantitative og kvalitative elementer. De kvantitative informationer hentes primært fra regnskaber o.lign. Disse anvendes i forbindel-

se med 1) og 2) ovenfor. Forholdene i omverdenen, punkt 3), vurderes typisk ud fra en kombination af kvantitative og kvalitative markedsforhold i den branche, som virksomheden er aktiv inden for. Punkt 4), virksomhedens management, vurderes primært ud fra en kvalitativ vurdering af virksomheden og virksomhedsejeren.

Elementerne indgår med forskellig vægt i den endelige model og der kan være forskelle fra model til model og fra aktør til aktør, alt efter formål og kreditpolitik.

Første element, der adresserer indtjeningsevne og konsolidering, benævnes "Bankruptcy Prediction Model" (BPM). Denne model beregner sandsynligheden for misligholdelse af finansielle forpligtelser.

Branchevurderingen, der vedrører forhold i omverdenen og branchen i sig selv, er modellens andet element.

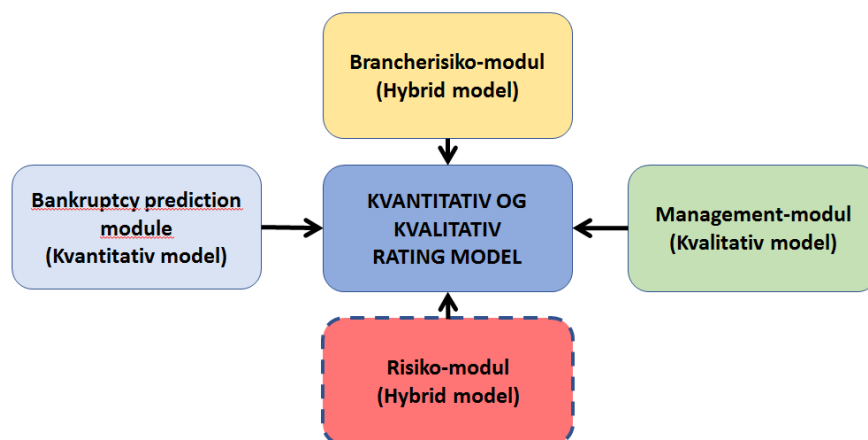
Det tredje element, det kvalitative, indeholder en subjektiv vurdering af virksomhedens ledelses- og produktionsmæssige forhold, som den ratende instans enten selv foretager eller indsamler.

Ratingmodellen vil i sin endelige udformning inddrage alle tre elementer samt give mulighed for efterfølgende at inddrage et fjerde modul, der beregner og integrerer virksomhedsspecifikke risici og følsomheden over for diverse stød.

De tre (fire) moduler vil i denne sammenhæng blive behandlet selvstændigt. Efterfølgende testes muligheden for at integrere branche- og managementvurderingen med BPM.

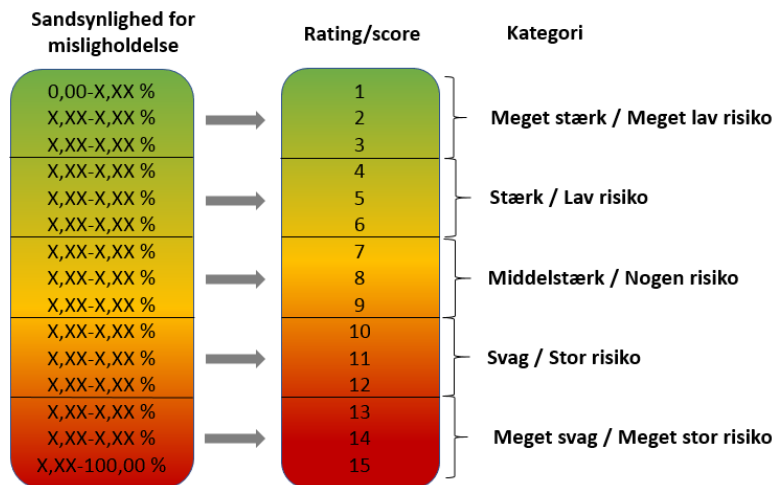
Outputtet bliver udviklet trinvist. Først udvikles en model, der alene beregner en score ud fra automatisk, uploadede kvantitative data ("Bankruptcy Prediction Model"). Dernæst en bredere model, der giver mulighed for at supplere beregningen med brancheelementerne ("Kvantitativ Rating Model"). Og endelig integreres også de kvalitative elementer, hvor data indhentes og/eller vurderes af den ratende instans ("Modelleret Rating Model").

**Figur 1: Overordnet rating model struktur**



For at skabe det bedst mulige overblik over en virksomheds økonomiske styrke samles alle de forskellige moduler i en samlet score/rating, som kan holdes op imod en skala (f.eks. fra 1 til 15), som udtrykker forskellige grader af økonomisk styrke og risiko. Skalaen kan yderligere deles op i grupper/kategorier:

**Figur 2: Fra PD til ratingscore og kategorisering**



Skalaen er fast, således at den enkelte virksomhed bevæger sig op og ned over tid, afhængig af deres aktuelle score.

PD og scoren i nærværende model har et to-årigt sigte. Det kan adskille sig fra andre ratingmodeller, der rangerer fra 1 år til et længere perspektiv, alt afhængig af formål.

En modelgenereret styrke-karakter kan undertiden være misvisende, da der kan forekomme væsentlige forhold, som ikke kan inkorporeres i en model. Det er derfor nødvendigt, at der foretages et "realitetstjek" og evt. revurdering af scoren. Men også i sådanne tilfælde kan modellens output ofte med fordel danne udgangspunkt for den endelige vurdering.

Eftersom der undertiden sker strukturelle ændringer i markedsvilkårene for landbrugsvirksomheder, ligesom der med tiden fremkommer yderligere information fra nye misligholdelser og disses årsager, er det hensigten, at der foretages en årlig reestimering og validering, således at modellen giver så nøjagtigt og opdateret information som muligt.

### Bankruptcy prediction model

Det centrale element i den samlede ratingmodel er Bankruptcy Prediction Model (BPM), der beregner sandsynligheden for, at en given virksomhed misligholder sine finansielle forpligtelser (PD).

Default er en hændelse, der kan dække over forskellige grader af misligholdelse. I nærværende model defineres misligholdelse som et eller flere af følgende hændelser: 1) Erklæret konkurs, 2) Misligholdelse, der medfører, at der pålægges mora-renter (straf-renter) samt 3) Uoverstigelig gæld, der medfører gældssanering (ofte er gældsrekonstruktion et alternativ til en konkurs).

Langt hovedparten af inputtet til modellen (de forklarende variable) stammer direkte fra virksomhedens regnskaber, og de anvendte forklarende variable er faktuelle, kvantitative og objektive i den forstand, at de opfylder de gældende regnskabsstandarder.

Ligeledes er det vigtigt at anvende faktuelle data for misligholdelse. Konkurserne er observeret i Statstidende.dk, mens hændelserne mora-renter og gældssanering er observeret i regnskaberne.

### **Metodevalg**

Gennem tiderne er der anvendt forskellige metoder og modeller til at prædiktere misligholdelse. I 1800-tallet var det udelukkende subjektive og kvalitative vurderinger, der lå til grund for "ratingen". I 1900-tallet blev modellerne mere kvantitativt orienterede og gik fra univariable over multivariable modeller, baseret på lineære sammenhænge til mere komplicerede non-lineære og "Black Box"-modeller.

En af de mest kendte og anvendte modeller er Altmans Z-score, som bygger på lineær, diskriminant analyse, og som forsøger at klassificere variable med forskellig styrke i grupper eller kategorier ud fra forklarende variable. Under antagelse af normalfordelte variable transformeres diskriminantfunktionen til en simpel lineær funktion med fem faste variable og faste koefficienter.

De senere år har optionsteori, machine learning, AI-teknologi o.a. givet mulighed for at arbejde med mere avancerede modeller. Samtidig er kvalitative variable genintroduceret, kalibreret og integreret i de kvantitative modeller.

Klassiske regressionsmodeller, som har til hensigt at estimere PD for en given virksomhed, indeholder typisk variable fra regnskaber, såsom soliditet, udvikling i indtjening, indtjening i forhold til renteudgifter, cash flow, afkastningsgrad, finansieringssammensætning o.lign. Derudover understøttes modellerne med vurderinger af virksomhedens effektivitet, vurdering af ledelse, diverse risici og adfærdsmæssige forhold såsom træk på kreditter, overtræk, rykkere, restancer mv.

Valget af model er afhængigt af formålet. Det overordnede formål med nærværende model er at styrke landbrugsvirksomheders økonomi og robusthed for derved at reducere antallet af misligholdelser og andre situationer, hvor virksomheden ikke er i stand til at svare sine forpligtelser. Modellen skal derfor være et rådgivningsværktøj, så en uønsket udvikling opdages på et tidligt tidspunkt med henblik på at indlede dialog og rådgivning af den truede virksomhed. Modsat skal modellen ligeledes være i stand til at kortlægge virksomhedens stærke sider. Modellen skal kunne opdeles og anvendes på hoveddriftsgrenene og skal kunne prædiktere på enkeltvirksomhedsniveau.

For at opnå et sådant formål, vælges en model, der:

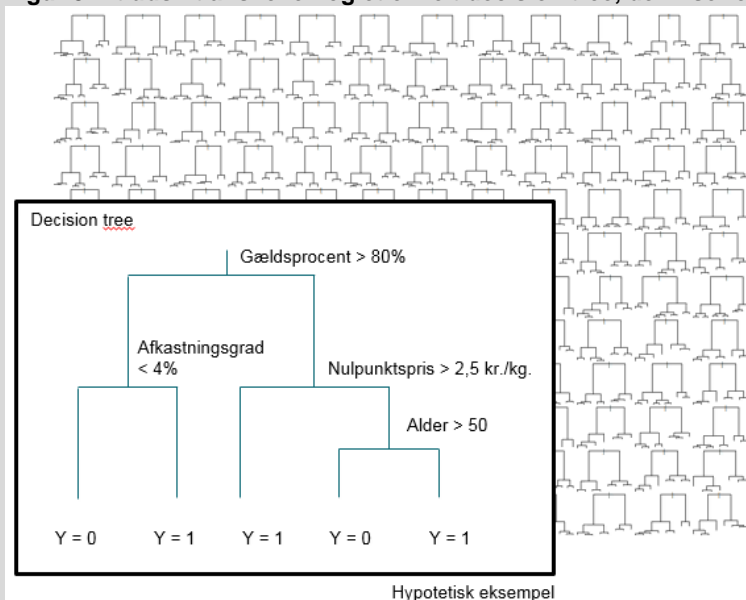
- Kan levere en høj prædiktionsnøjagtighed
- Kan vise udviklingen i virksomhedens økonomiske styrke over en årrække
- Er brugervenlig, således at modellen overordnet set:
  - Anvender et input, som intuitivt giver mening
  - Giver et output, som kan kvantificeres og rankes
  - Giver et output, som identificerer tærskelværdier for de mest betydende input-variable
  - Giver et output, som er direkte anvendeligt i rådgivningen, herunder giver et output, som er umiddelbart forståeligt og fagligt kan fortolkes ved at udpege de for en given bedrift mest betydende input-variable

En Random Forest (RF) model vurderes at kunne leve op til disse kriterier, hvorfor denne er valgt som grundmodel. Som der redegøres for nedenfor, er der dog foretaget en række justeringer og tuning af grundmodellen.

**Random Forest** ("RF") er en supervised machine learning metode (forud defineret klassifikation), der optimerer prædiktionsvevnen ved at benytte en samling ("bag") af nær-uafhængige beslutningstræer (decision trees, "DT"), bygget på typisk et stort sæt af input-variable. RF er en non-parametrisk metode, der kan anvendes til binær klassifikation, multi-class-klassifikation eller regression.

Hvert DT i skoven anvender en hierarkisk sekvens af "if-else"-split i inputvariablene til at opdele observationerne i subgrupper (del-træer, grene), således at prædiktionsfejlen i PD (ja/nej) for bedrifterne (placeret ved træets blade) minimeres. Ved hvert træes dannelse anvendes der et tilfældigt (sub-)sample af observationer og input-variable. Ved at samle prædiktionen hen over alle skovens træer ("bagging") øges prædiktionsens præcision. Den endelige prædiktion for en given bedrift er majority-voten hen over alle træer i skoven og PD beregnes som andelen af træer i skoven, hvor bedriften klassificeres som PD = ja ( $Y = 1$ ). Modellens prædiktions-evne vurderes som den gennemsnitlige andel korrekt prædikterede bedrifter på tværs af skoven for alle i et givet træ ikke-subsamplede observationer ("out-of-bag" sættet).

**Figur 3: Et udsnit af skoven og et enkelt decision tree, der viser et eksempel på splitreglerne**



Selvom RF-metoden er optimeret til at mindske prædiktionsfejlen, kan metoden bruges til at udpege de mest betydende input-variable og dermed bidrage til en overordnet tolkning af sammenhænge mellem inputvariablene og PD. Inputvariablenes betydning kan estimeres for både hele populationen (alle observationer, global betydning) eller en enkelt bedrift (specifik betydning). En inputvariabels **globale betydning** estimeres ud fra inputvariablenes hyppighed i skoven og placering i de enkelte træer. En inputvariabel, der optræder i mange træer i skoven og/eller optræder tæt ved træernes rod, har stor betydning for mange bedrifter, idet variabelen bidrager til at mindske prædiktionsfejlen for mange observationer i datasættet. Variable, der optræder længere nede i træerne (tættere på bladene) har en mere idiosynkratisk betydning, dvs. kun for enkelte bedrifter, betinget af variable højere op i træerne. En inputvariabels **specifikke betydning** for en enkelt bedrift vurderes ud fra de variable, der optræder langs de forgreninger i skoven, der fører til bedriften og beregnes som den gennemsnitlige ændring i PD-sandsynlighed, som en relativ ændring i variabelen (f.eks. 2,5 %) medfører (høj ændring i PD betyder stor betydning).

Både den globale og specifikke betydning tager ikke hensyn til kompleksiteten i inter-afhængigheden af variablene (vekselvirkning eller synergieffekter) i RF-metoden, men udpeger de variable, der isoleret set (marginalt) har den største indflydelse.

Efterhånden som adgangen til data er blevet lettere og rigeligere, anvendes i stigende grad machine learning teknikker til at forbedre modellens prædiktionssevne. RF er en af machine learning teknikkerne, der er i stand til at approksimere komplekse og muligvis ikke-lineære sammenhænge mellem et stort sæt input-variable og output-variable. En RF-model kan indeholde samme variable som klassiske lineære økonomiske modeller, men kan derudover udnytte andre økonomiske eller produktionsrelaterede input-variable, hvis betydning gør sig gældende i de mere komplekse og ofte ikke-lineære synergieffekter med andre inputvariable.

Derudover kan modellen indeholde en lang række variable, der er beregnede features af inputvariablene, f.eks. en økonomisk input-variabels løbende varians i en given periode. Derved øges modellens kompleksitet, hvilket ofte fører til muligheden for at øge modellens prædiktionssevne ("accuracy") og pålidelighed.

En anden fordel af RF-metoden sammenlignet med klassiske lineære økonomiske modeller er metodens evne til at udføre en automatisk variabeludvælgelse (variable selection) også i situationer, hvor der er relativt mange eller endda flere input-variable (kolonner) eller observationer (rækker) i datasættet.

Med en øget modelkompleksitet mindskes muligheden for at tolke på simple kausale sammenhænge mellem de forklarende og den prædikterede variabel, som er en af de økonomiske modellens fordele og formål. I RF-metoden kan man tilnærme sig økonomiske modeller med henblik på at tolke på de overordnede sammenhænge mellem input og output ved at estimere inputvariablenes betydning (variable importance) og at estimere den marginale (isolerede) effekt på PD.

I tilfælde af, at der er beregnet et sæt features for hver input-variabel og/eller tilfælde, hvor der foreligger højt korrelerede input-variable i datasættet, kan der beregnes en pooled variable importance for grupper af sammenhørende variable.

### ***Modeludvikling***

Modellen består af følgende 8 trin:

- 1) Variabelgruppering
- 2) Beregning af populationstrends og kontekstuelle variable for hver ØDB-variabel
- 3) Variabel-interpolering
- 4) Feature extraction i form af beregning af lags, hastighed, acceleration og løbende varians
- 5) Random-forest-baseret variable hunting (variable selection)
- 6) To-steps RF modeltræning og -test
- 7) Beregning af global og specifik pooled variable importance for tolkning af modellens prædiktionssevne
- 8) Opgørelse af modellens prædiktionssevne

#### ***1) Variabelgruppering***

Der foreligger i alt 96 grundvariable i ØDB-datasættet, hvoraf 23 variable er grundoplysninger eller ID-variable, ikke medtaget i modellen. 71 variable er informative forklarende variable og 2 er 0/1-responsvariablene konkurs og misligholdt. Valget af variable har afgørende betydning for modellens prædiktionssevne og tolkbarhed. For at lette tolkningen af RF-modellen og øge anvendelsesmulighederne blev alle ØDB-variable, der indgår i modellen, udvalgt og klassificeret i fagligt meningsfulde grupper på baggrund af en faglig vurdering og en korrelationsbaseret clusteranalyse af variablene. Der er følgende variabelgrupper med antal variable i gruppen angivet i parentes: Demografi (4), Effektivitet (11), Finansielt (4), Realkreditinstitut og bank (2), Produktivitet (2), Rådgivning og ejendom (7), Rentabilitet, likviditet og indtjening (19), Soliditet (15), Markedsforhold (4) og Andet (3), herunder økologi.

## 2) Beregning af populationstrends og kontekstuelle variable for hver ØDB-variable (konjunktur)

For alle numeriske variable i datasættet blev der indenfor hver driftsgren (Kvæg, Planteavl, Sohold, Slagtesvin og Øvrige) beregnet en årlig gennemsnitsværdi og standardafvigelse, og disse blev tilføjet til datasættet som populationsvariable, dvs. alle bedrifter indenfor samme driftsgren har samme værdi i populationsvariablene. Derefter blev for hver bedrift og variabel beregnet den bedriftsspecifikke afvigelse fra populationsgennemsnittet og denne kontekstuelle variabel blev tilføjet datasættet og erstatter den oprindelige variabel. Afvigelsen blev både udtrykt som forskellen til populationsgennemsnittet og som kvantilen, som en given bedrift ligger på i populationsfordelingen.

## 3) Variabel-interpolering

Der tages udgangspunkt i virksomheder med 5 års historik. En del af datasættet over alle årene består dog af missing data, idet de fleste bedrifter ikke bidrager med data til ØDB i alle årene. Der blev anvendt Stineman-interpolering (en monoton polynomisk interpolering) for alle variable for at interpolere variable for alle bedrifter i de år, der ligger mellem ØDB-observationer.

## 4) Feature extraction

For alle numeriske variable og bedrift/år-kombinationer blev der beregnet følgende features: lag1, lag2, lag3 og lag4, første-ordens difference (hastighed) mellem lag1 og lag2 (d1), lag 2 og lag3 (d3) og lag3 og lag4 (d3), difference-af-differencen (acceleration) på tilsvarende måde (dd1, dd2) og en løbende 3-års standardafvigelse.

## 5) Random-forest-baseret variable hunting (variable selection)

Der er foretaget en RF-baseret variable hunting (Ishwaran & Kogalur, 2016) for at bortselektare variable, der udviser en meget lav sandsynlighed for at have en forklarende værdi for prædiktionen af misligholdelses-sandsynligheden (PD). I en RF-baseret variable hunting splittes datasættet i flere test og træningsfold (krydsvalidering). Derefter fittes der en initial RF-model og variabelenes variable importance (VIMP) beregnes. Dernæst fittes der til hvert fold en RF-model på et tilfældigt udsnit af forklarende variable, hvor variablene plukkes med en sandsynlighed proportional til deres VIMP i den initiale model. Variablene sorteres efter deres variable importance, og der fittes en sekvens af RF-modeller, hvor der tilføjes én variabel ad gangen til modellen fra den mest betydende til den mindst betydende, indtil den samlede summerede VIMP ikke længere øges. Denne procedure gentages for alle fold, og hele proceduren gentages n gange. Der optælles for hver variabel, hvor ofte den er blevet udvalgt på tværs af alle fittede RF-modeller, og variable, der ikke er blevet udvalgt i nogle af de fittede modeller, bortselekteres.

## 6) To-steps RF-modeltræning og -test

RF-modellen består af en to-steps procedure: I step 1 fittes en RF-model, og denne inkluderer alle observationer. Step 1 sigter på at opnå en høj specificitet (finde besætninger, der ikke er misligholdt). I step 2 fittes der igen en RF, men denne gang kun inkluderende de observationer, hvis prædikterede  $PD_{step1}$  opfylder  $0,1 < PD_{step1} < 0,8$ . Grundet den lave prævalens af misligholdelse, er datasættet i step 2 betydeligt mindre (ca. halveret). Step 2 sigter på at opnå en høj sensitivitet (finde besætninger, der er misligholdt). Den endelige prædiktion over begge steps er:

$$PD_{step\ 1+2} = \begin{cases} PD_{step\ 1} & \text{hvis } 0,1 < PD_{step\ 1} < 0,8 \\ PD_{step\ 2} & \text{ellers} \end{cases}$$

Alle RF-modeller anvender en class-imbalance adjustment for at håndtere den forholdsvis lave prævalens af misligholdelse i data.



7) *Beregning af global og specifik pooled variable importance for tolkning af modellens prædiktions*

For at øge tolkbarheden af modellen beregnes der en pooled VIMP for 1) alle variable på tværs af deres features og 2) alle variabelgrupper på tværs af deres variable og features. Der beregnes både en global og en specifik VIMP, jf. boks ovenfor.

8) *Opgørelse af modellens prædiktionssevne*

Modellens prædiktionssevne opgøres ved hjælp af følgende mål:

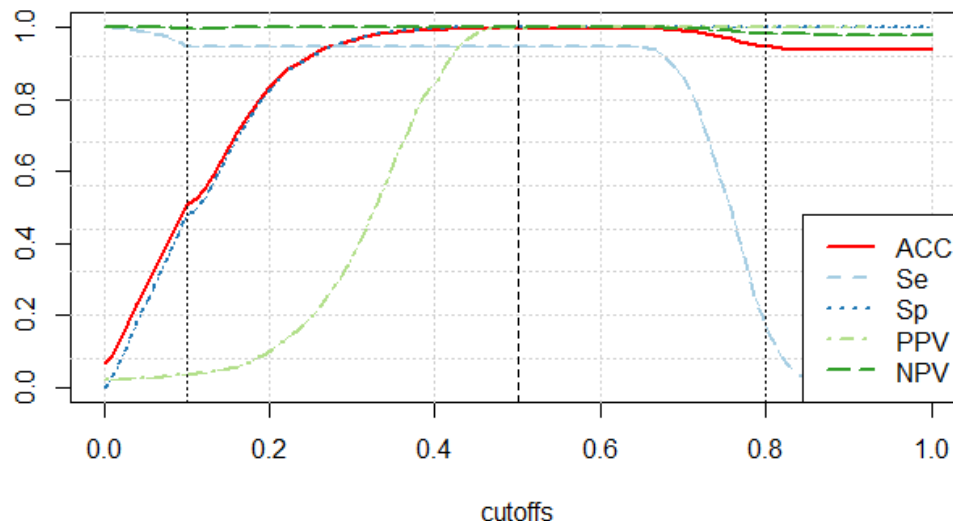
- Accuracy (ACC, korrekt-klassificerede bedrifter ud af alle bedrifter)
- Sensitivitet (SE, korrekt-klassificerede misligholdte bedrifter ud af alle misligholdte bedrifter)
- Specificitet (SP, korrekt-klassificerede ikke-misligholdte bedrifter ud af alle ikke-misligholdte bedrifter)
- Positive Predicted Value (PPV, korrekt-klassificerede misligholdte bedrifter ud af alle misligholdt-klassificerede bedrifter)
- Negative Predicted Value (NPV, korrekt-klassificerede ikke-misligholdte bedrifter ud af alle ikke-misligholdt-klassificerede bedrifter)

Alle de nævnte mål er afhængige af en cutoff-tærskelværdi i PD, der skelner mellem misligholdt-klassificerede og ikke-misligholdt-klassificerede bedrifter. Fastsættelsen af cut-off afhænger af formålet, f.eks. hvor mange høj-risiko virksomheder (virksomheder med høj prædikeret PD), der ønskes advaret med en early warning. Vi anvender den intuitivt nærliggende tærskelværdi på 0,50.

Et ikke-cutoff-afhængigt mål er Area Under the Curve (AUC) fra Receiver Operating Characteristic-grafen (ROC), der afbilder sensitiviteten (detektionssandsynligheden) mod  $1 - \text{specificitet}$  ("falsk-alarmsandsynligheden") for alle cutoffs. AUC ligger mellem 0 og 1, hvor 1 svarer til en perfekt, fejlfri klassificering og 0,5 svarer til en ikke-informativ, tilfældig klassificering.

Figur 4 visersammenhængen mellem accuracy, sensitivity, specificity, PPV og NPV i forhold til den valgte cutoff for PD, som fundet i to-step modellen. Grafen viser blandt andet, at sikkerheden i prædiktionsen af misligholdelse (PPV) stiger med sandsynligheden for misligholdelse. Tilsvarende stiger sikkerheden i prædiktionsen af ikke-misligholdelse (NPV) med faldende sandsynlighed for misligholdelse men meget mindre udpræget grundet misligholdelsens lave prævalens.

**Figur 4: Accuracy (ACC), sensitivitet (Se), specificitet (SP), Positive Predicted Value (PPV) og Negative Predicted Value (NPV) som funktion af PD-cutoff.\***



\* De i to-steps modellen anvendte cutoffs på 0,1 og 0,8 og cutoff-værdien på 0,50 er vist.

Modellens prædiktionssevne blev også evalueret for et stigende antal år prædikeret frem (dvs. forecast-tidsvinduet) ved successivt at ekskludere lag 1-4 fra træningsdatasættet, se fig. 6.

#### Datahåndtering

Datahåndtering og analyser er udført i R.

Prædiktionen af PD for en given virksomhed foretages ved at anvende den pågældende virksomheds data for alle forklarende variable inde i formelen, som er udledt ved hjælp af træningssættene. RF-modellens formel er i princippet en meget lang formel af if-else statements. På grund af længden grænser den til en "black box"-model, men da det er muligt at optælle hver enkelt forklarende variables optræden i de "grene i skoven", som fører til prædiktionen for en given model eller for en given virksomhed, kan de forklarende variable gøres synlige og rankes.

#### Tuning af parametre:

For at forbedre prædiktionsnøjagtigheden og mindske den usikkerhed, der er forbundet med prædiktionen, er der foretaget en række justeringer/tuning af RF-modellens parametre. Det gælder for eksempel:

- Antal sub-sæt/træer. Generelt gælder, at jo flere sub-sæt, desto mindre varians og desto mere præcise prædiktioner. Komplexiteten stiger dog med antallet af træer, og der kan være risiko for "overfitting". Det kan dog imødekommes ved at beskære antallet af variable og antal splits.
- Antal splits/dybde i de enkelte træer. Generelt gælder, at jo mindre dybde, desto mindre korrelation og desto lavere varians. Det skyldes, at ved jo flere splits, desto mere kommer træerne til at ligne hinanden, hvorved variansen øges. Det kræver derfor estimering af flere træer for at reducere variansen. Modsat reducerer det ofte præcisionen at benytte få splits, hvis kun få variable er relevante.

- Antal variable. Generelt gælder, at jo flere variable, desto lavere varians og desto mere præcise prædiktioner. Komplexiteten stiger dog med antallet af variable, og der kan være risiko for "overfitting". Det kan dog imødekommes ved at beskære antallet af træer og antal splits.

Som det fremgår, kan der tunes på prædiktionsnøjagtigheden og den usikkerhed, der er forbundet med prædiktionen, hvor der optimeres på varians, korrelation og "overfitting".

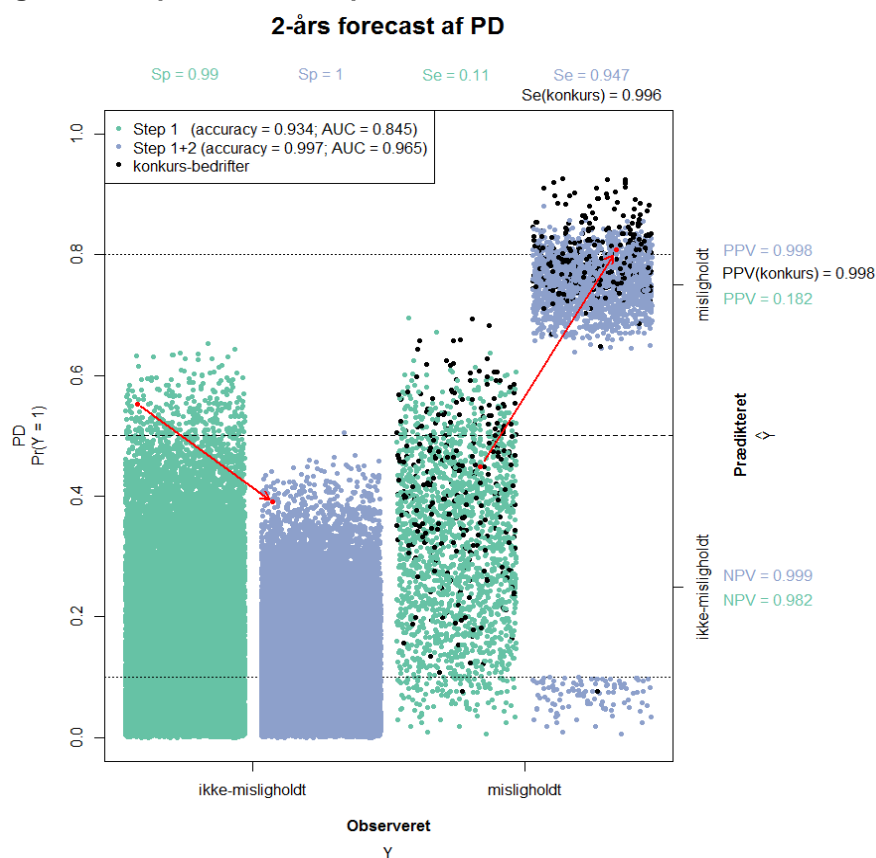
Afhængig af computerkraft, kan der også være et trade-off mellem præcision og computertid. Computertiden kan nedbringes ved at begrænse antallet af sub-sæt og dybde i træerne, men det koster på præcisionen. Computerberegningstiden er kun en begrænsning under træningsfasen.

I RF-modeller kan der ligeledes være en risiko for, at resultaterne ikke er tilstrækkelig robuste, da små variationer i input-data kan resultere i ganske anderledes splits. Løbende reestimering kan derfor være en fordel, ligesom det stiller krav til test-datasættet.

### Resultater

Resultater for prædiktionsperformance af modellen for et 2-års PD-forecast fremgår af Tabel 1 og Figur 5. Modellen udviser en generel høj prædiktionssevne. Givet de anvendte data og variable, har det været muligt at udvikle og fintune en model, der opnår en accuracy på over 95 %. Dermed kan modellen i over 95 % af tilfældene klassificere en virksomhed – hvad enten den har misligholdt eller ej – korrekt.

**Figur 5: 2-step-modellen for prædiktion af PD**



Tabel 1 viser 2-års forecast på baggrund af en to-step RF-model baseret på data fra 2011-2016.

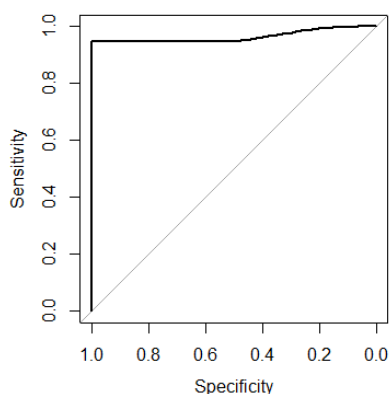
**Table 1: Out-of-bag model performance af 2-års-forecast-modellen (2-step-modellen) for prædiktionen af PD på tværs af driftsgrene (alle) og for hver af driftsgrene.**

Driftsgren	Statistic	Estimate	s.e.	Driftsgren	Statistic	Estimate	s.e.	Driftsgren	Statistic	Estimate	s.e.			
Alle	Antal bedrifter	6.923		Slagtesvin	Antal bedrifter	1.239		So-hold	Antal bedrifter	1.305				
	N	32.229			N	4.486			N	5.221				
	heraf misligholdte (prævalens)	2.055 (6,4%)			heraf misligholdte (prævalens)	292 (6,5%)			heraf misligholdte (prævalens)	407 (7,8%)				
	heraf konkurser (prævalens)	266 (0,8%)			heraf konkurser (prævalens)	26 (0,6%)			heraf konkurser (prævalens)	52 (1,0%)				
	Accuracy	0,967	<0,001		Accuracy	0,996	<0,001		Accuracy	0,996	<0,001			
	AUC	0,965	0,001		AUC	0,952	0,004		AUC	0,960	0,003			
	Se	0,948	0,001		Se	0,937	0,006		Se	0,954	0,004			
	Sp	0,999	<0,001		Sp	>0,999	<0,001		Sp	>0,999	<0,001			
	2%-prævalens PPV	0,999	0,001		2%-prævalens PPV	>0,999	<0,001		2%-prævalens PPV	>0,999	<0,001			
	2%-prævalens NPV	0,999	<0,001		2%-prævalens NPV	0,999	<0,001		2%-prævalens NPV	0,999	<0,001			
	Sensitivitet <sub>konkurser</sub>	0,994	0,005		Sensitivitet <sub>konkurser</sub>	>0,999	<0,001		Sensitivitet <sub>konkurser</sub>	0,996	0,008			
	PPV <sub>konkurser</sub>	0,999	0,001		PPV <sub>konkurser</sub>	>0,999	<0,001		PPV <sub>konkurser</sub>	>0,999	<0,001			
	Kvæg	Antal bedrifter	3.090			Planteavl	Antal bedrifter		1.493		Øvrige	Antal bedrifter	641	
		N	14.273				N		5.697			N	2.552	
heraf misligholdte (prævalens)		1.140 (8,0%)		heraf misligholdte (prævalens)	176 (3,0%)			heraf misligholdte (prævalens)	40 (1,6%)					
heraf konkurser (prævalens)		167 (1,2%)		heraf konkurser (prævalens)	15 (0,3%)			heraf konkurser (prævalens)	6 (0,2%)					
Accuracy		0,997	<0,001	Accuracy	0,997		<0,001	Accuracy	0,995	<0,001				
AUC		0,979	0,001	AUC	0,944		0,004	AUC	0,860	0,013				
Se		0,968	0,002	Se	0,890		0,009	Se	0,675	0,024				
Sp		0,999	<0,001	Sp	>0,999		<0,001	Sp	>0,999	<0,001				
2%-pævalens PPV		0,998	0,002	2%-pævalens PPV	>0,999		<0,001	2%-pævalens PPV	>0,999	<0,001				
2%-pævalens NPV		0,999	<0,001	2%-pævalens NPV	0,998		<0,001	2%-pævalens NPV	0,993	<0,001				
Sensitivitet <sub>konkurser</sub>		0,998	0,003	Sensitivitet <sub>konkurser</sub>	0,967		0,035	Sensitivitet <sub>konkurser</sub>	0,900	0,086				
PPV <sub>konkurser</sub>		0,998	0,002	PPV <sub>konkurser</sub>	>0,999		<0,001	PPV <sub>konkurser</sub>	>0,999	<0,001				

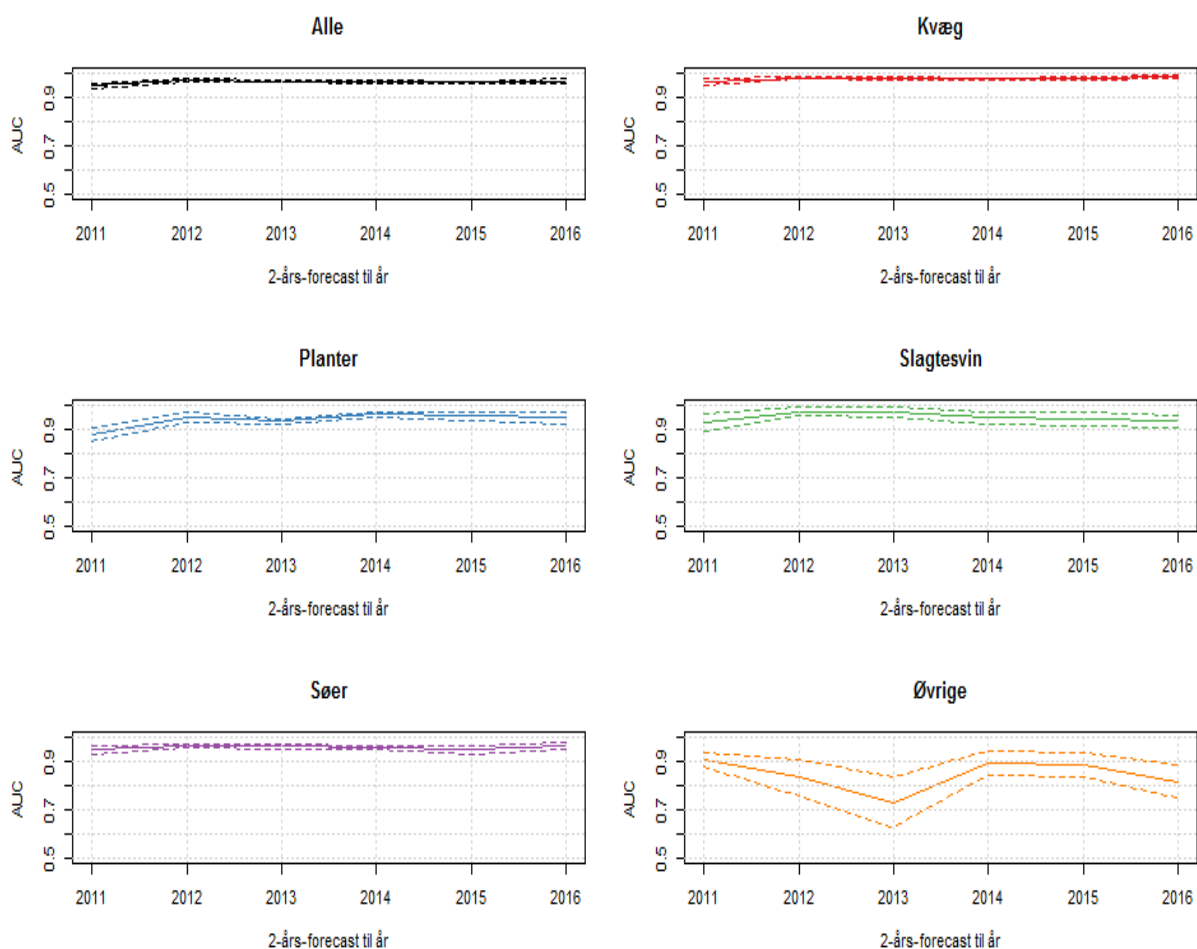
N: observationer; AUC: Area Under the Curve; Se: Sensitivitet; Sp: Specificitet; PPV: Positive Predictive Value; NPV: Negative Predictive Value; Cutoff PD = 0,50; S.e. er beregnet ud fra 10 genberegninger af RF-model.

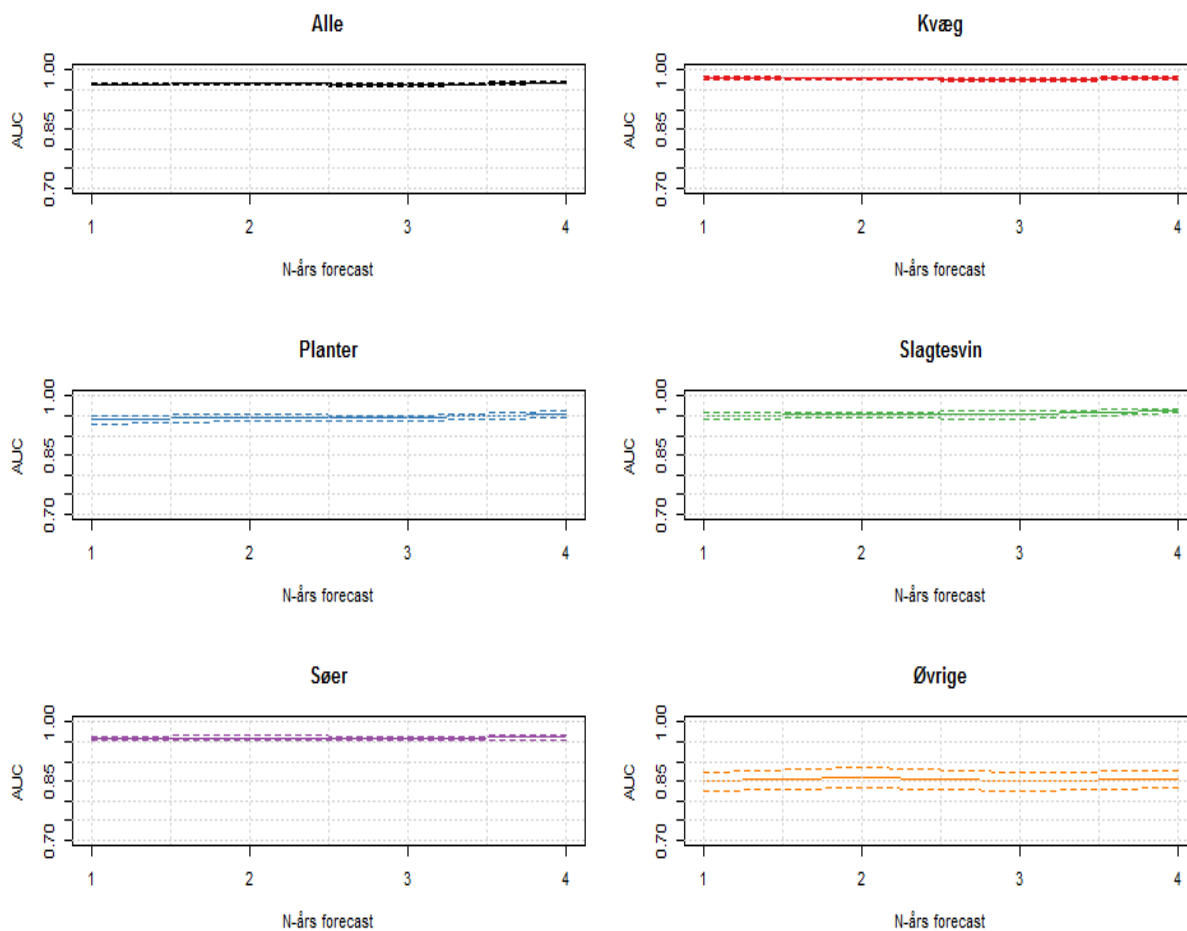
Prævalensen for misligholdelse i de foreliggende data er generelt lav og ligger mellem 1,6 og 8 pct., jf. Tabel 1. Den opnåede sensitivitet er dog også over 95 %, dvs. over 95 % af de misligholdte bedrifter er korrekt-prædikterede. Tilsvarende er PPV over 95 %, dvs. over 95 % af de misligholdt-prædikterede bedrifter er korrekt-prædikteret. Arealet under ROC-kurven (AUC) er vist i Figur 6.

**Figur 6: ROC curve for 2-års PD-forecastmodellen**



**Figur 7: Prædiktionsevnen (udtrykt som AUC) hen over årene 2011 til 2016 (øvre panel-sæt) og for et stigende antal år prædikteret frem (dvs. forecastvinduet) (nedre panelsæt)**





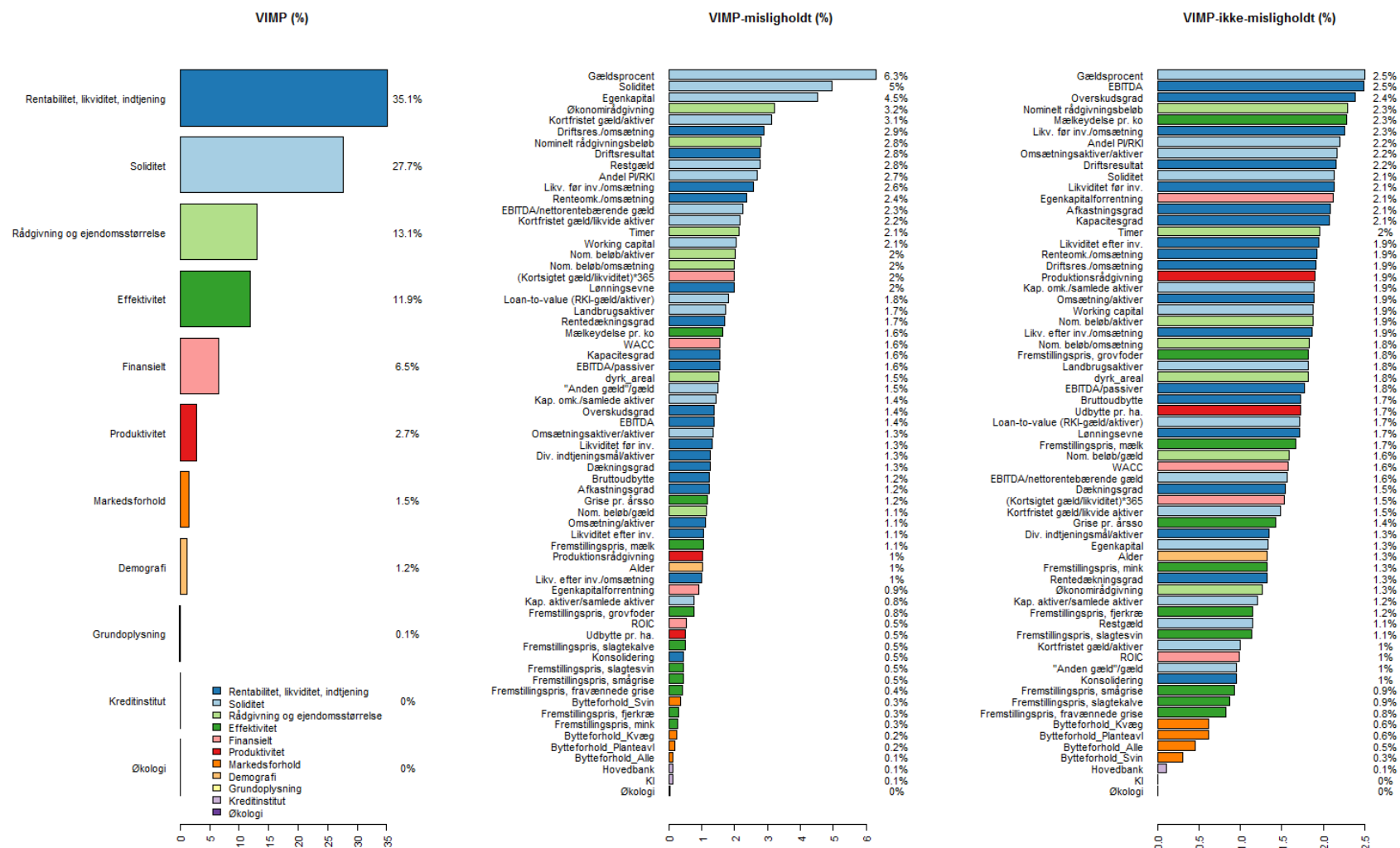
Det er muligt at beregne og definere tærskelværdier for hver enkelt forklarende variabel og for den samlede score. For eksempel vil der kunne konstrueres et panel med advarsler på alle relevante variable, der kan fungere som "early warnings", når tærskelværdier tilnærmes eller overskrides.

Nedenfor ses en oversigt over global Variabel Importance (VIMP).

Analysen af den globale Variable Importance i eksemplet indikerer, at sandsynlighed for misligholdelse først og fremmest er relateret til variable indenfor kategorien Rentabilitet/Likviditet/Indtjening, efterfulgt af kategorien Soliditet, og kun i mindre grad afhængig af produktionsnøgletal og markedsforhold. Interessant er også, at sandsynligheden for ikke-misligholdelse i højere grad afhænger af variable i relation til rådgivning og effektivitet.

Der er endvidere udviklet funktioner til beregning af virksomheds-specifik variabel importance, den såkaldte specifikke VIMP.

Figur 8: Inputvariablenes pooled relative globale Variable Importance (VIMP). Venstre panel: Pooled indenfor de overordnede variabelkategorier. VIMP er her for både misligholdelses- og ikke-misligholdelsesgenk0065ndelse. Midter- og højre panel: Pooled inden for variablene.



## Øvrige elementer i ratingmodellen

### **Branchemodul**

Den færdige ratingmodel består af 3-4 moduler, som hver for sig indgår med en vægt. Hovedelementer er "Bankruptcy prediction model", der indgår med den største vægt.

Et andet element er branchevurderingen, der vedrører forhold i omverdenen og branchen i sig selv. Branchemodulet kan for eksempel bestå af elementer som:

- Markedsrisici
- Forventede markedsvækst
- Strukturelle forhold og risici
- "Legal risk".

Markedsrisici består af følsomheden over for udsving i de økonomiske konjunkturer, råvarepriser, renter, valuta, aktie mv.

Følsomheden over for markedsmæssige udsving kan dels relatere sig til, i hvilken udstrækning branchen/virksomheden er eksponeret over for givne markedsforskel og produkter, og dels hvor volatile disse elementer er.

Jo mere volatile markedsforskel/produktpriser, branchen/virksomheden er eksponeret over for, og jo større følsomheden er over for udsving i de pågældende markedsforskel/produktpriser, desto mere belaster det ratingen.

Måling af markedsrisikoen bygger på beregninger via kvantitative markedsdata, hvor markedsforskelnes/produktprisernes volatilitet beregnes samt følsomheden i virksomhedens indtjening og soliditet i forhold til ændringer i de pågældende markedsforskel/produktpriser. Der måles således på korrelationen mellem branchens/virksomhedens indtjening og de valgte markedsdata.

Den forventede markedsvækst har betydning for branchens/virksomhedens fremtidige potentiale.

Der kan være stor forskel på den forventede markedsvækst inden for de forskellige driftsgrene.

Hvis branchen oplever vækst og virksomheden dermed opererer på et marked med muligheder for at øge forretningsomfanget, vil det alt andet lige være positivt for ratingen.

Strukturelle forhold og risici dækker over en lang række forhold, såsom fordele og ulemper forbundet med infrastruktur i forhold til input til og output fra virksomheden, teknologiske og kommunikationsmæssige forhold, geografi, jordbonitet, virksomhedernes størrelse, forskning og udvikling, rekruttering, konkurrencemæssige forhold, specialisering, brancheglidning, demografi etc.

"Legal risk", er en fællesbetegnelse for lovgivningsmæssige og politiske forhold og risici. Denne kategori indeholder forhold som rammevilkår og potentielle ændringer heri, dvs. både national og international lovgivning, som danner rammerne om produktionsvilkår, skattemæssige forhold, miljømæssige restriktioner, lovgivning vedr. dyrevelfærd, Landbrugsloven, konkurrencelovgivning, Planlov, centralt forhandlede overenskomster etc.

Formålet med branchemodulet er, at hver af de overordnede brancherelaterede forhold tildeles en vægtning og en score, som kalibreres og integreres i den samlede ratingmodel. De enkelte elementer i branchemodulet samt samspillet med de øvrige elementer i den samlede ratingmodel skal løbende evalueres og justeres i henhold til den generelle udvikling i branchen og samspillet over til udviklingen i misligholdelse.



### **Management modul**

Det tredje element, indeholder management i bred for stand. Input stammer fra en subjektiv vurdering af virksomhedens ledelses- og produktionsmæssige forhold, som den ratende instans enten selv foretager eller indsamler. Elementerne heri kan opdeles på følgende hovedområder:

#### Virksomhedsledelse og -strategi:

- Governance struktur (ejerleder, direktør, advisory board, bestyrelse)
- Strategi (klar retning, klare mål, nedskrevet, realistisk?)
- Forretningsplan
- Forretningsmodel (realistisk?, forretningsmodellens styrke)
- Virksomhedens langsigtede bæredygtighed (økonomi, klima, miljø, ressourceeffektivitet, socialt/CSR)
- Forretningsområder og organisering (porteføljestyling og synergi)
- Virksomhedens position på markedet (konkurrencekraft i segmentet)
- Ledelse og management (ledelseslag og ansvar)
- Virksomhedskultur og medarbejderfokus
- Virksomhedens innovationskraft (produkt- og procesinnovation)
- Virksomhedens livscyklus (entreprenør, vækst, modningsfase og udfasning/exit/død)
- Risikostyring og risikomanagement (handelsstrategi, særlig eksponering, valuta, renter, swaps, optioner mv. – tab, udløb, status - virksomhedsspecifikke risici (sygdom i besætning, afgrøder mv.)
- Exit-/ejerskiftestrategi
- Eksterne afhængigheder (f.eks. én leverandør/én aftager)
- Interne afhængigheder (f.eks. at ejerleder er der hele tiden)

#### Ejer (-familien):

- Erfaringsgrundlag (fagligt, ledelsesmæssigt, medarbejdermæssigt mv.)
- Uddannelsesmæssig baggrund
- Ejerleders værdier og driver (rationel tilgang til det at være ejerleder – modsat styret af følelser)
- Personlig udvikling (ny uddannelse, ny viden, nye netværk)
- Forretnings-og markedsorienteret ejerleder
- Ejerleders forandrings-og eksekveringskraft
- Ejerleders selvledelse (gøre det man siger og siger det man gør – privat og som ejerleder)
- Ejerleders identifikation med virksomheden ("virksomheden er mig", "Virksomheden rækker ud over mig som ejer", "Virksomheden skal ikke styre mig", "Virksomheden kører uafhængig af mig som ejerleder")
- Indkomst uden for virksomheden
- Ægtefælle (medhjælp, supplerende indkomst uden for virksomheden mv.)
- LifeTime strategi (ejerleder og ægtefælles forventningsafstemning / ro på den familiære front)

#### Medarbejdere, rådgivere, samarbejdspartnere:

- Organisation (struktur og uddelegering/ansvarsplacering)
- Erfaringsgrundlag
- Uddannelsesmæssig baggrund
- Evt. afhængigheder ift. medarbejdere/ansatte
- HR politik og CSR (medarbejder kontrakter)

- Anvendelse og afhængighed af rådgivere og finansielle samarbejdspartnere (økonomi, stald/mark, gårdråd/-bestyrelser ea.)
- Forsikringsmæssige forhold
- Forpagtningsaftaler (areal, åremål, staldleje, kviehotel, bortforpagtning mv.)

Virksomhedsspecifikke forhold (produktion, produktionsapparat, finansiering, miljø mv.):

- Kvalitet af finansielle og produktionsmæssige rapporter mv. (detaljeringsgrad, usikkerhed, budgetafvigelse mv.)
  - o Økonomi- og rapporteringssystem
  - o Regnskabsystem og regnskabskvalitet
  - o Økonomistyringsværktøjer (Budget, strategisk nøgletalsrapport, historik, benchmark, følsomhedsanalyse, nulpunktsberegning mv.)
- Investerings- og kapitalbehov (bygninger, maskiner, inventar, dyrevelfærd, miljø mv.)
- Finansiering og finansieringsstrategi
- Finansielt beredskab
- Juridiske forhold (kontrakter, immaterielle rettigheder og hæftelser)
- Skattemæssige forhold
- Produktionskapacitet og kapacitetsudnyttelse
- Produktionsbegrænsninger (godkendelser, miljø, natur, udvidelse mv.)
- Effektiviserings-/produktivitetspotentiale
- IT-mæssige forhold (digitalisering)
- Virksomhedens omsættelighed
- Særlige miljømæssige restriktioner
- Arrondering

I lighed med branchemodulet tildeles hvert af de overordnede elementer i management-modulet en vægtning og en score, som kalibreres og integreres i den samlede ratingmodel. De enkelte elementer i management-modulet samt samspillet med de øvrige elementer i den samlede ratingmodel skal løbende evalueres og justeres i henhold til udvikling hos den pågældende virksomhed og samspillet over til den generelle udvikling i misligholdelse.

Inputtet til management-modulet fremskaffes via den enkelte virksomhed og/eller dennes rådgivere. Det adskiller sig derved fra de øvrige to (tre) moduler, hvor alle input enten er fremskaffet via diverse databaser eller bygger på centrale ekspertskøn. Det kan forekomme, at der ikke er adgang til de virksomhedsspecifikke data, hvorfor en endelig model bør have mulighed for at ekskludere dette modul i den endelige rating. Vægtningen mellem modulerne skal tage højde for dette ved at være variable. Ved at ekskludere management-modulet mistes information, hvorved prædiktionsfejlen typisk forringes. Undertiden er ratingen dog underlagt "det muliges kunst", og der bør tages hensyn hertil i vurderingen af resultaterne.

### **Risikomodulet**

En landbrugsvirksomhed befinder sig i en branche med store risici. For at få fuldt overblik over en given landbrugsvirksomheds økonomiske styrkeprofil, er det derfor nødvendigt også at inddrage virksomhedens samlede risikoprofil. Virksomhedens risici opgøres delvist i branchemodulet (omverdens-risici) og delvist i management-modulet (virksomhedsspecifikke risici). For at få et samlet overblik samt udrede samspillet mellem de forskellige risici, er det dog en fordel at udskille virksomhedens risici i et separat modul.

Formålet med et specifikt risikomodul er at virksomhedslederen kan opnå større klarhed over den risiko, som er forbundet med landbrugsdriften, så der kan tages beslutninger på et oplyst og faktisk grundlag, når bedriftens aktuelle og potentielle økonomiske formåen og robusthed skal vurderes.

En særlig udfordring er at kvantificere de forskellige risici samt at udrede samspillet mellem disse. Ved at udskille risici i et særskilt modul og kvantificere disse, bliver det muligt at beregne virksomhedens økonomiske risikoprofil og give virksomheden en særlig "risiko-score", som dels kan anvendes separat som risikostyringsværktøj og dels som en integreret del af en ratingmodel. Samtidig kan risiko-profilen/-scoren anvendes til at benchmarke virksomheden op imod en gruppe af sammenlignelige virksomheder.

I en samlet risiko-model indgår en bred vifte af relevante risici, både økonomiske, produktionsmæssige, markedsmæssige, finansielle, strukturelle, politisk-juridiske og vejrmæssige risici. Hver af disse risici identificeres, kategoriseres og kvantificeres ud fra et beregnet økonomisk tab samt sandsynligheden for, at tabet indtræffer.

#### **Afsluttende bemærkninger**

Landbrugsvirksomheder og deres rådgivere mangler p.t. et værktøj, der samler og kvantificerer de mange elementer, som indgår i en vurdering af en landbrugsvirksomhed med hensyn til økonomi, branche, ledelse og risiko mv., således at virksomhedens samlede økonomiske styrke og robusthed kan vurderes.

Nærværende notat har beskrevet hovedlinjerne i en ratingmodel, der giver mulighed for at skabe overblik over styrker og svagheder samt give et kvalificeret indblik i, hvilke områder, der skal arbejdes med for at forbedre virksomhedens økonomiske og ledelsesmæssige robusthed.

Modellen er nyskabende i den forstand, at den anvender nye machine learning teknikker til brug for landbrugsvirksomheder. Samtidig digitaliserer og automatiserer modellen vurderingselementet med inddragelse af over 1.000 variable, som kvantificeres og danner baggrund for anbefalede fokusområder. Endelig giver modellen mulighed for at integrere kvantitative og kvalitative data og vurderinger, så der opnås mulighed for at foretage en samlet vurdering af virksomhedens økonomiske styrke.

Rådgivningsværktøjet vil som output kunne give en samlet økonomisk og ledelsesmæssig styrkeprofil af en landbrugsvirksomhed, som kan brydes ned, så de væsentligste og kritiske parametre samt hurdleverdier fremgår, såvel inden for sammenhørende grupper af parametre som individuelle parametre. Anvendt på historiske data for virksomheden kan modellen endvidere give en klar indikation om, hvorvidt retningen for virksomheden er fordelagtig eller ej – og i værste fald om virksomheden har retning mod misligholdelse.

Styrkeprofilen kan anvendes særskilt eller til sammenligning med en gruppe af sammenlignelige virksomheder. Endvidere kan modellen og dens resultater anvendes som dialogværktøj med virksomhedens rådgivere og finansielle samarbejdspartnere. Endelig er det muligt at foretage scenarie- og følsomhedsanalyser for både risiko og potentiale. Modellen giver både mulighed for en vurdering af risici og kreditværdighed, og som et værktøj i forhold til at identificere styrker og udviklingspotentialer.