



AALBORG UNIVERSITET  
STUDENTERRAPPORT

# Prædiktiv model til kapacitetsudnyttelse

P5 Semestersprojekt - Efteråret 2016

Gruppe 5405

---





AALBORG UNIVERSITET  
STUDENTERRAPPORT

5. Semester

School of Medicine and Health

Sundhedsteknologi

Fredrik Bajers Vej 7A

9220 Aalborg

Tema:

Klinisk teknologi

Projektperiode:

P5, Efteråret 2016

Projektgruppe:

5405

Medvirkende:

Linette Helena Poulsen

Maria Kaalund Kroustrup

Nirusha Jeevanadan

Rolf Oberlin Hansen

Sageevan Sayananthan

Sebastian Munk

Synopsis:



Vejleder:

Hovedvejleder: Pia B. Elberg

Kliniske vejleder: Sten Rasmussen

Klinisk bivejleder: Christian Kruse.

Sider: XX

Appendikser: XX

Afsluttet:

*Offentliggørelse af rapportens indhold, med kildeangivelse, må kun ske efter aftale med forfatterne.*

# Indholdsfortegnelse

---

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>4</b>
1.1	Initierende problemstilling . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Problemanalyse</b>	<b>6</b>
2.1	Kapacitetsudnyttelse . . . . .	6
2.1.1	Ortopædkirurgisk afdeling . . . . .	7
2.2	Ubalance i kapacitetsudnyttelse . . . . .	11
2.2.1	Arbejdsvilkår . . . . .	11
2.2.2	Patientsikkerhed . . . . .	12
2.3	Belægningsgrad på ortopædkirurgisk afdeling . . . . .	13
2.4	Problemformulering . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Problemløsning</b>	<b>16</b>
3.1	Forudsigelse af indlæggelsesvarigheden . . . . .	16
3.1.1	Præoperativt . . . . .	16
3.1.2	Postoperativt . . . . .	24
3.2	Prædiktiv model . . . . .	27
3.2.1	Indsamling af data . . . . .	28
3.3	Supervised machine learning . . . . .	29
3.3.1	Estimering af indlæggelsesvarigheden . . . . .	30
3.3.2	Konstruering af model . . . . .	31
<b>A</b>	<b>Bilag A</b>	<b>35</b>
A.1	Interview skabelon . . . . .	35
A.1.1	Interviewet med sygeplejersker . . . . .	35
A.1.2	Interview med lægesekretær . . . . .	36

# Forord og læsevejledning

---

## Forord

Dette projekt er udarbejdet af gruppe ST5405, 5. semesters studerende på ingeniøruddannelsen sundhedsteknologi på Aalborg Universitet. Projektet er udarbejdet i perioden 1. september til 19. december år 2016. Projektforslaget er stillet af Sten Rasmussen, overlæge på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital, og omhandler risikovurdering ved ortopædkirurgi. Projektgruppen har samarbejdet med ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital. I projektet tages der udgangspunkt i en klinisk teknologi, herunder en prædiktiv model til forudsigelse af indlæggelsesvarigheden for pateinter på ortopædkirurgisk afdelingen.

Vi vil gerne takke vores hovedvejleder Pia B. Elberg, kliniske vejleder Sten Rasmussen samt bi-vejleder Christian Kruse for vejledning og feedback gennem hele projektperioden. Derudover vil vi give en særlig tak til ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital for samarbejdet.

## Læsevejledning

Rapporten er udarbejdet efter den problembaserede AAU-model. Rapporten er indelt i fire kapitler samt bilag. I første kapitel indeholder projektets indledning samt den initierende problemstilling der ligger til grund for problemanalysen, som fremgår af andet kapitel. Tredje kapitel beskriver problemløsningen, hvor brugen af prædiktiv modellering analyseres og vurderes ift. Forudsigelse af indlæggelsesvarighed for patienter. Det fjerde kapitel er syntese, der indeholder en diskussion, konklusion samt perspektivering af projektet. Kapitlet efterfølges af litteraturliste samt bilag.

Til håndtering af kilder anvendes Vancouver-metoden. De anvendte kilder nummeres i kantede parenteser. Er referencen placeret efter et punktum i en sætning, tilhører den hele afsnittet. Er referencen placeret før et punktum, tilhører den sætningen. Er der placeret flere referencer efter hinanden, betyder dette, at der er anvendt flere referencer til den pågældende sætning eller afsnit. Kilderne er angivet i litteraturlisten med eksempelvis forfatter, titel samt årstal.

Anvendte forkortelser er skrevet ud første gang, hvorefter forkortelsen ses i en parentes efterfølgende og anvendes herefter fremadrettet i rapporten.

Rapporten er udarbejdet i L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, herudover anvendes MATLAB til databehandling samt visualisering af grafer og SPSS til beregning af statistisk.

# Metode

---

## Metode for rapporten

Denne rapport fokuserer på at analysere og vurdere, hvorvidt indlæggelsesvarigheden af patienter kan forudsiges ud fra en prædiktiv model ved analyse af parametre, der har indflydelse på indlæggelsesvarigheden. For at kunne belyse den initierende problemstilling, er det i problemanalysen undersøgt, hvilke problemer det kan medføre, hvis kapacitetsudnyttelsen ikke udnyttes optimalt på afdelingen.

Analysen af problemet leder frem til en problemformulering og dertil et problemløsningsafsnit. I problemløsningen analyseres det hvilke parametre der har indflydelse på indlæggelsesvarigheden samt, hvorvidt der findes en sammenhæng mellem parametrene. Efterfølgende vurderes og analyseres modeller inden for prædiktation af indlæggelsesvarigheden samt, hvilke overvejelser der skal vurderes inden påbegyndelse af en model.

Problemløsningen er belyst ud fra problemformulering og diskuteres, konkluderes og perspektiveres i en syntese. Problemanalysen og problemløsning er understøttet med statistik, litteratur og udarbejdede interviews med ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital.

## Interview

Relevant information og forståelse af ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitet er indsamlet ved kvalitative interviews med sygeplejersker og lægesekretær. Interviewene er udarbejdet fra spørgsmål som fremgår af bilag ???. For at sikre kvaliteten af interviewene er der forinden opstillet eksklusions kriterier for disse. Personalet skal som minimum have arbejdet på afdelingen 1 år, da der ikke ønskes en sammenligning med andre afdelinger. Derudover ønskes der en åben dialog, hvorfor personalet ikke må have kendskab til spørgsmålene inden interviewet. Interviewet er optaget og vil efterfølgende transskriberes, hvor fyldeord som eksempelvis 'Øh' er udeladt. Derudover kan der være byttet om på ordstillingen med henblik på at tydeliggøre meningen. Interviewet er kortet ned til de spørgsmål, som fremgår af bilag ??? for at gøre sammenligningen mellem informanternes svar tydeligere.

## Behandling af data

Aalborg Universitetshospital har i et tidligere projekt indsamlet data fra 970 hospitalsindlæggelser på ortopædkirurgisk afdeling. Dette er indsamlet fra Clinical Suite

i perioden 1. august til 31 oktober år 2014. Data fordeler sig på 78 forskellige parametre herunder demografiske og kliniske faktorer. I datasættet er flere datapunkter ikke udfyldt, hvorfor datasættet er behandlet. Datasættet er behandlet i MATLAB 2015b således udvalgte kolonner er samlet i et nyt sæt. Derudover er alle rækker med tomme eller korrupte celler blevet fjernet. Dette har medført, at datasættet er reduceret fra 970 til 472 datapunkter. I rapporten anvendes datasættet med 472 datapunkter til udarbejdelse af grafer og statistik.

# Indledning 1

---

Flere danske hospitalsafdelinger oplever i perioder at have flere patienter end der er kapacitet til. Dette medfører, at der sker en ubalance i kapacitetsudnyttelsen, da der forekommer mangel på sengepladser, personale og rum.[**Company2013**] I budgetfordelingen for Aalborg Universitetshospital i år 2017 indgår det, at ventetiden på en operation, for elektive patienter, skal reduceres fra 57 dage til 50 dage[**Budget2016**]. Dette forventes at medføre, at det daglige antal elektive patienter, der indlægges, vil skabe en reducere i antallet af ledige sengepladser til akutte patienter. Derudover forventes det, at procentdelen af danskere over 65 år vil stige fra 29 % til 34 % og dermed også antallet af fremtidige patienter[**RegionNord2016**]. En stigning i antallet af patienter vil i takt med kortere ventetid på behandling skabe en udfordring ift. planlægning af de elektive indlæggelser. Planlægning af indlæggelser har indflydelse på personalets arbejdsdag ift. hvor mange patienter de skal varetage. Dertil kan sygeplejersker i nogle perioder opleve at skulle varetage ekstra patienter. Hertil mener hver anden regionalt ansat sygeplejerske på tværs af regionerne, at den travle arbejdsdag påvirker patientsikkerheden[**Kjeldsen2015**]. Et studie påviser, at ved blot én ekstra indlagt patient i 30 dage pr. sygeplejerske øges mortalitetsraten for patienten med 7 %[**Aiken2002**]. Foruden personalets øgede risiko for at begå fejl ift. behandlingen af patienter forekommer der ligeledes kapacitetsmangel, som medfører, at patienter overføres til uhensigtsmæssige områder som f.eks. gangarealer og fyldte stuer[**Madsen2014**]. Dette kan forårsage, at patienter såvel som pårørende oplever et skærpet privatliv[**Heidmann2014**].

På ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital opleves ligeledes en ubalance i kapacitetsudnyttelse. Over en 18 måneders periode forekommer der hhv. en belægning over og under 100 %[**SDS2015**]. Dette betyder, at ressourcerne ikke udnyttes optimalt, hvortil afdelingen eks. oplever perioder med mangel på personale og perioder med for meget personale ift. indlagte patienter.

## 1.1 Initierende problemstilling

På baggrund af ovenstående opstilles følgende initierende problemstilling:

*Hvordan påvirkes ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital af ubalance i kapacitetsudnyttelse og hvor udbredte er belægningsrelaterede problemer på*



*afdelingen?*

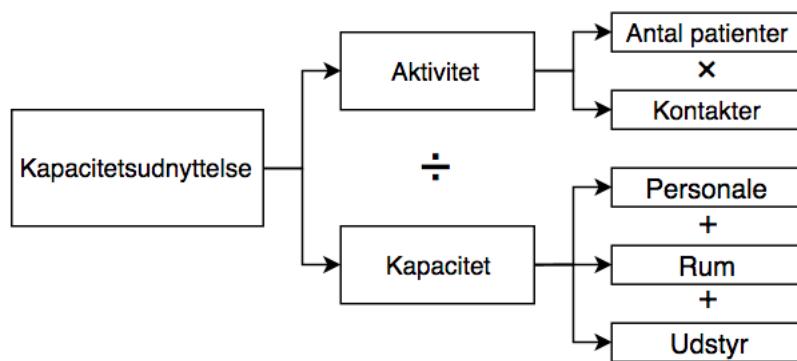
# Problemanalyse 2

---

## 2.1 Kapacitetsudnyttelse

Kapacitetsudnyttelse betegner forholdet mellem aktivitet og kapacitet. Aktivitet omhandler patient og kontakt, herunder består kontakt af forundersøgelse, behandling og kontrol. Kapacitet omfatter antallet af personale, udstyr og rum, hvor personalet består af læger, sygeplejersker og sekretærer. Udstyret beskriver antallet af maskiner på en afdeling og antallet af rum beskriver opbevarelsen af udstyret. Den samlede kapacitetsudnyttelse er defineret ud fra, at der produceres mest muligt for de investerede ressourcer.[Company2013]

Den samlede kapacitetsudnyttelse



**Figur 2.1:** Den samlede kapacitetsudnyttelse, som er defineret ved forholdet mellem aktivitet og kapacitet. Aktivitet omfatter antallet af patienter samt kontakter og kapacitet omfatter personale, rum og udstyr.[Company2013]

Ud fra figur 2.1 fremgår det, at kapacitetsudnyttelse er forholdet mellem aktivitet og kapacitet. Dertil ses aktivitet som antal patienter multipliceret med kontakter. Kapaciteten udgør personale, rum og udstyr lagt sammen. Antallet af patienter, der repræsenterer en del af aktivitet beskriver ligeledes belægning på hospitalets afdelinger.[Company2013]

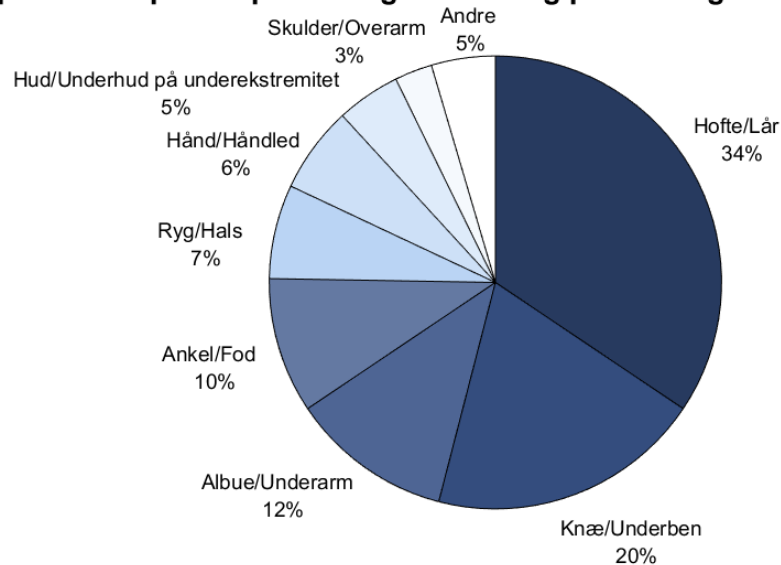
Belægning er defineret ud fra antallet af patienter, der er normeret til på en afdeling[**Heidmann2014**]. Når en 100 % belægning opnås, svarer dette til, at de disponible sengepladser på en afdeling er taget i brug. Ved en belægning på over 100 % betyder det, at der er flere patienter end afdelingen er normeret til, hvilket vil sige, at afdelingen yder mere end der er kapacitet til. Ud fra figur 2.1 vil dette betyde, at der ikke er ligevægt mellem aktivitet og kapacitet, hvilket i dette tilfælde vil forårsage kapacitetsmangel på afdelingen. Det kan derfor være nødvendigt, at personalet skal varetage flere patienter samt arbejdsopgaver. Herudover kan det være nødvendigt at tilkalde ekstra personale for at opnå en balance i kapacitetsudnyttelsen. Hvis der derimod er en belægning på under 100 % er der omvendt færre patienter end afdelingen er normeret til. Dette betyder, at der er flere sengepladser end patienter, hvilket ligeledes fører til en ubalance i kapacitetsudnyttelsen. I denne situation er der mere personale end nødvendigt, hvilket betyder, at der ikke er fuld udnyttelse af personalets arbejdskraft.[**Pauly1986**]

Det anses herved vigtigt, at der er balance mellem aktivitet og kapacitet, således de investerede ressourcer udnyttes optimalt. Det ønskes derfor at opnå en kapacitetsudnyttelse på 100 %. Ud fra dette vil der fremover undersøges betydningen af kapacitetsudnyttelse på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital.

### 2.1.1 Ortopædkirurgisk afdeling

Ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital behandler skade på knogler, muskler, sener eller led. Dette gøres indenfor 10 fagområder: Børneortopædkirurgi, knogle- og rekonstruktion, fod- og ankelkirurgi, knæ- og hoftekirurgi, håndkirurgi, ryg- og bækkenkirurgi, knæ- og idrætsskader, tumor- og sarkomkirurgi, amputationer samt sår og traumatologi.[**Aalborg2016**] Fordelingen af operationer foretaget på ortopædkirurgi afdeling i perioden 1. august til 31. oktober fremgår af figur 2.2.

### Operationer på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital



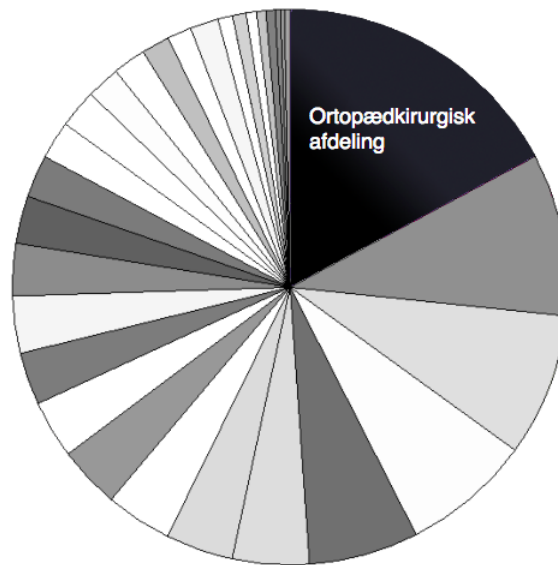
**Figur 2.2:** Fordelingen af operationer foretaget på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital i perioden 1. august til 31. oktober år 2014. Andre består af: Ydre øre, mindre kirurgi på bevægeapparatet, rygmarv og nervebrud, perifer nerver, hud og underhud på truncus, hud og underhud på overekstremiteter.

Fordelingen af operationer foretaget på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital fremgår af figur 2.2. Størstedelen af operationer er hofte/lår og knæ/underben, hvilket samlet udgør 54 % af alle operationer.

### Budget på ortopædkirurgisk afdeling

Kapacitetsudnyttelse afhænger af det budget som hver afdeling har til rådighed. Dette budget udregner Sundhedsstyrelsen ud fra diagnoserelaterede grupper (DRG). DRG anvendes til at analysere omkostninger og aktivitet på et hospital.[**DRG2016**] Ortopædkirurgisk afdeling har et budget på 700.872.744 kr, som svarer til 17,2 % af det samlede budget for alle afdelinger på Aalborg Universitetshospital. Det samlede DRG for afdelingerne på Aalborg Universitetshospital er illustreret af figur 2.3.[**Rasmussen2016**] Størstedelen af budgettet anvendes til personale- og patientudgifter, som svarer til hhv. 60 % og 32 %. Det resterende budget anvendes til bygninger, it, apparatur, inventar samt drift og service[**Noegletal2016**].

Fordeling af DRG budget for afdelingerne på Aalborg Universitetshospital



**Figur 2.3:** Fordeling af DRG for samtlige afdelinger på Aalborg Universitetshospital. Det fremgår, at ortopædkirurgisk afdeling har en større andel end de resterende afdelinger. [Rasmussen2016]

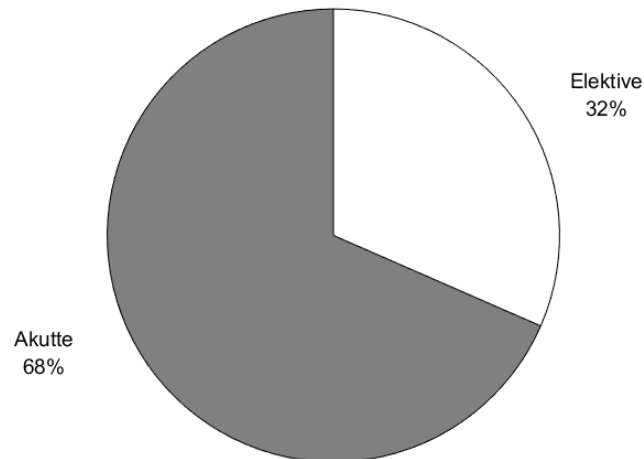
### Personalearbejde

På ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital arbejder personalet i gennemsnit 37 timer om ugen [Danske2015], hvorunder der både kan være nat- og dagvagter. Over en arbejdsdag er der indlagt tre vagtskifte, hvor det nye vagthold har et kvarter til at sætte sig ind i, hvilke opgaver samt patienter de skal varetage. Der er indlagt betalte pauser, hvilket betyder, at personalet skal være til rådighed under pausen. Personalet arbejder ofte i par, hvor de sammen varetager 2-8 patienter om dagen, mens de ofte varetager flere patienter på aftenvagter. A.1

### Patientindlæggelse

Som beskrevet i afsnit 2.1 ønskes en 100 % kapacitetsudnyttelse, dertil ønskes ligeledes en belægning på 100 %. For at opfylde dette skal der være ligevægt mellem antallet af sengepladser og patientindlæggelser. På ortopædkirurgisk afdeling er der 84 til 120 disponible og 125 til 129 normerede sengepladser over en 18 måneders periode fra januar 2014 til juni år 2015.

Ortopædkirurgisk afdeling modtager både elektive samt akutte patienter. Elektive patienter omfatter både indlagte og ambulante patienter. Ved pludselig forværret tilstand kan elektive patienter skifte status fra elektiv til akut. Akutte patienter defineres som personer, der er henvist til hospitalet efter en akut opstået tilstand. Sammenlignes der med de resterende afdelinger på Aalborg Universitetshospital, har ortopædkirurgisk afdeling flest elektive indlæggelser. [RegionNord2016] En fordeling af de elektive og akutte patienter fremgår af figur 2.4.

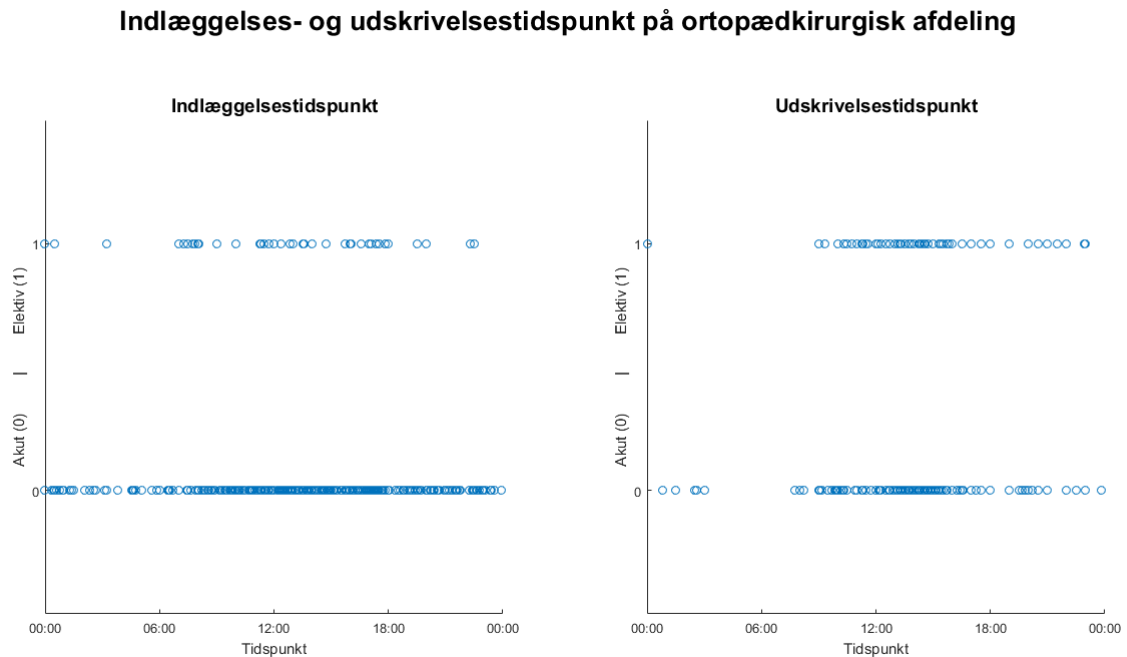
**Patienter på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital**

**Figur 2.4:** *Fordeling af elektive og akutte patienter på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital målt over en tre måneders periode fra august til november år 2014.*

Af figur 2.4 illustreres det, at fordelingen mellem elektive og akutte patienter ikke er ligeligt fordelt på ortopædkirurgisk afdeling. Der ses over en tre måneders periode i år 2014, at de elektive patienter udgør 32 % og de akutte udgør 68 % af de samtlige patienter.

**Indlæggelse- og udskrivelsestidspunkt**

På ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital foregår bookingen af elektive patienter med forbehold for akutte patienter. Dette betyder, at samtlige sengepladser ikke udnyttes fuldt ud. Operationstiden planlægges ofte ud fra patienternes eget ønske, der kan her være et ønske om en bestemt kirurg, tidsperiode eller blot den første ledige tid. A.1 Indlæggelses- og udskrivelsestidspunktet for akutte og elektive i perioden august til oktober år 2014 fremgår af figur 2.5.



**Figur 2.5:** Indlæggelse- og udskrivelsestidspunkt for akutte og elektive patienter over en 3 måneders periode fra august til oktober 2014.

På figur 2.5 fremgår indlæggelses- og udskrivelsestidspunkter for akutte og elektive patienter. Indlæggelsestidspunktet for elektive ses typisk mellem kl. 7 og 18, hvorimod de akutte indlæggelses i løbet af hele døgnet. Udskrivelsestidspunktet for elektive ses typisk mellem kl. 9 og 18, mens akutte typisk udskrives mellem kl. 8 og 18.

## 2.2 Ubalance i kapacitetsudnyttelse

Ved kapacitetsmangel på ortopædkirurgisk afdeling forekommer en omstrukturering af personalets arbejdsopgaver, som sikre patientens behov, opretholdelse af kvalitet og udnyttelse af kompetencer. Dette er med henblik på at opnå en balance mellem de ressourcer og de krav, der stilles i den pågældende situation.[Bjerg2016]

### 2.2.1 Arbejdsvilkår

I tilfælde af kapacitetsmangel er der udarbejdet en arbejdstilrettelæggelse af Region Nordjylland for personalet på ortopædkirurgisk afdeling. Ved kapacitetsmangel påtager lederen, eller dennes stedfortræder, ansvaret for at finde en løsning på dette problem. Dette kan betyde, at det afgående vagthold skal blive indtil en midlertidig løsning er fundet eller en tidligere indkaldelse af det næste vagthold. I nogle tilfælde kan det være nødvendigt at låne ressourcer fra andre afsnit eller indkalde personale fra vikarbureauet. Derudover undersøges det, hvorvidt behandlingen af elektive patienter kan aflyses.[Bjerg2016]

Ved overarbejde må en arbejdsuge for en sygeplejerske, ifølge arbejdstidsaftalen indgået med Dansk Sygeplejeråd, ikke overstige 48 timer[Danske2015]. Pauserne holdes, således de passer ind i arbejdsrytmen og nogle dage holdes der ikke pause. Herudover kan sygeplejerskene tilkaldes fra en pause, hvis det er nødvendigt.A.1 Hvis sundhedspersonalet er nødsaget til at arbejde længere end den normale arbejdstid, viser dette sig at have en negativ indvirkning på personalets arbejdesopgaver[Dinges2004]. Overarbejde kan resultere i en presset arbejdsdag og dermed en forringet kvalitet af behandlingen[Kjeldsen2015]. Dertil mener hver anden regionalt ansat sygeplejerske på tværs af regionerne, at den travle arbejdsdag påvirker patienternes sikkerhed[Kjeldsen2015].

### 2.2.2 Patientsikkerhed

Under perioder med kapacitetsmangel er det ofte nødvendigt at overflytte patienter til andre afdelinger, gangarealer eller fyldte stuer, herved er det ofte patienter, der snart udskrives, der overflyttes. Ved flytning af patienter, flyttes de indbyrdes mellem afdelingens afsnit eller til andre matrikler i eksempelvis Farsø, Hjørring eller Frederikshavn. Overordnet ønskes det at beholde børn, traume- og rygpatienter på afdelingen. Eksempelvis kan der ved rygpatienter opstå ændringer samt komplikationer ift. udstyr og varetagelse, hvilket kan resulterer i, at patienten er nødsaget til at starte forfra med forløbet. Ved overflytning til andre matrikler er det oftest færdigtbehandlede patienter, der kan starte på genoptræning eller videre mobilisering.A.1 Overflytningen kan belaste både fysiske og psykiske forhold for patienter såvel som pårørende[Heidmann2014]. Herunder kan skærpet privatliv forekomme hos patienter, der er flyttet til gangarealer eller fyldte stuer[Madsen2014].

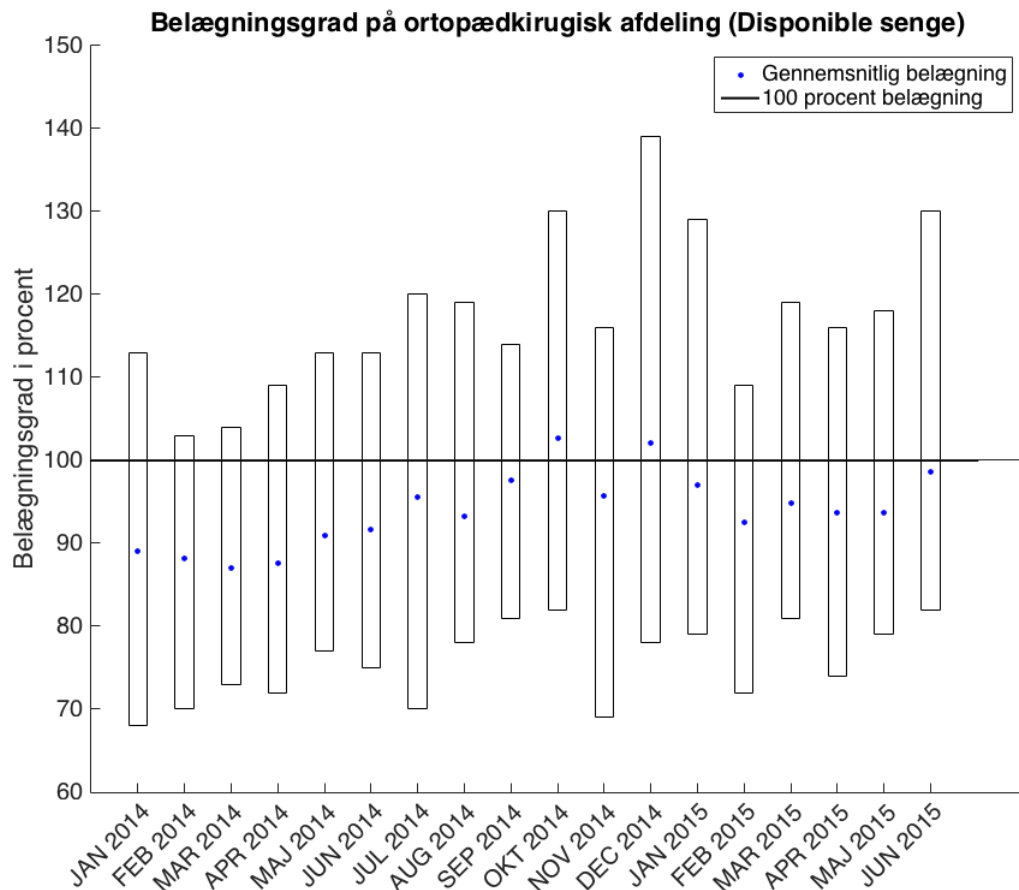
Som nævnt i afsnit 2.2.1 forringes kvaliteten af behandlingen ved overarbejde, dertil ses det ligeledes, at mortalitetsraten øges med 1,2 % ved en overskridelse af belægningen med 10 %, ifølge et dansk studie fra år 2014[Madsen2014]. Hertil understreges det, at der kan være ukendte parametre, der påvirker mortalitetsraten, og det nødvendigvis ikke er belægning, der er den primære årsag til en øget mortalitet. For at undgå forringet kvalitet af behandling forsøges det at få patienterne udskrevet tidligere, således et ønske om balance mellem aktivitet og kapacitet opnås.

Der tilkaldes en brandvagt til afdelingen, hvis en belægning over 100 % har fundet sted i over 4 timer for således at sikre patienterne ved evakuering under brand. En brandvagt kan højest overvåge to afdelinger på samme etage, hvorfor det kan være nødvendigt, at der indkaldes flere. Det er afdelingens ansvar at afvikle belægningsproblemet og kapacitetsmanglen hurtigst muligt ved at udskrive patienter eller overflytte patienter til andre afdelinger. Hver gang der tilkaldes en brandvagt faktureres dette af Aalborg Universitetshospital.[Beredskab2016]



## 2.3 Belægningsgrad på ortopædkirurgisk afdeling

På ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital opleves en varierende belægningsgrad for hver måned. Som tidligere nævnt i afsnit 2.1 ønskes en fuld kapacitetsudnyttelse, hvoraf alle sengepladser ønskes at være i brug. Belægningsgraden er antallet af de anvendte disponible senge. På figur 2.6 ses belægningsgraden fra år 2014 til 2015 på ortopædkirurgisk afdeling.[SDS2015]

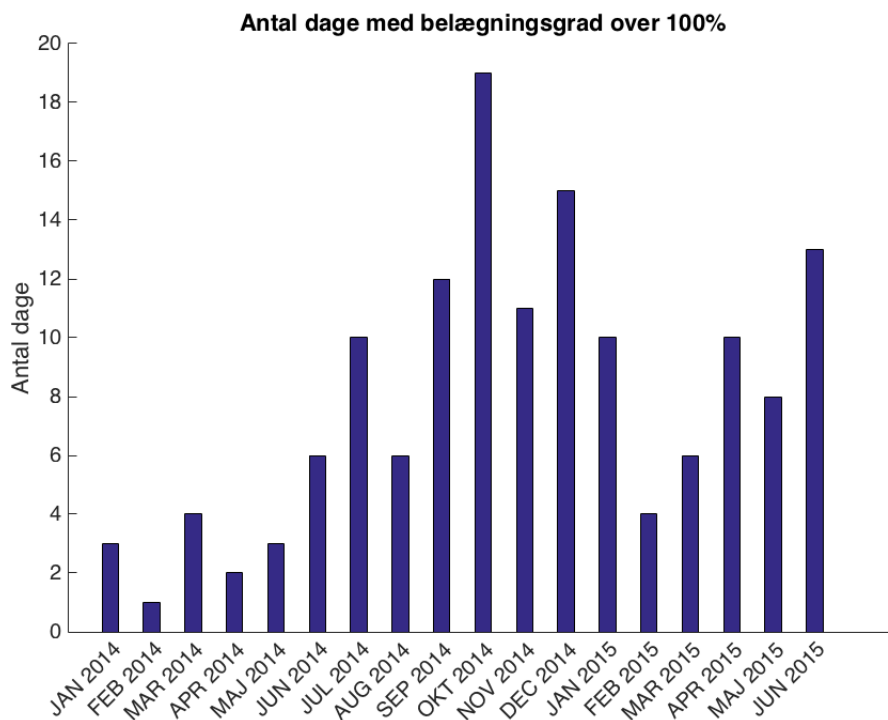


**Figur 2.6:** Belægningsgraden på ortopædkirurgisk afdelingen på Aalborg Universitetshospital målt over 18 måneder fra år 2014 til 2015. Søjlerne viser belægning ift. 100 %, hvortil maksimal og minimum belægning ligeledes illustreres. De blå punkter viser den gennemsnitlige belægning for hver måned.[SDS2015]

Det fremgår af figur 2.6, at ortopædkirurgisk afdeling oplever en belægning hhv. over og under den ønskede belægning på 100 %. I december måned år 2014 ses en maksimal belægning på 139 % og en minimums belægning på 78 %. Maksimums belægning kan indikere, at der er flere indlagte patienter end afdelingen er disponeret til, herved har afdelingen oplevet kapacitetsmangel. Minimums belægning kan indikere, at der ikke har været tilstrækkelige elektive patienter i perioder, hvilket ligeledes medfører ubalance i kapacitetsudnyttelsen. Af figur 2.6 er den gennemsnitlige belægning pr. måned hyppigst under 100 %. I oktober og december måned år 2014 opleves dog en

gennemsnitlig belægning over 100 %. Den gennemsnitlige belægning ses varierende mellem 90 og 100 % for de resterende måneder, hvilket kan indikere, at afdelingen oplever kapacitetsmangel i kortvarige perioder.[SDS2015] Det fremgår ikke af den anvendte data, hvorvidt belægningen opleves i timer eller flere døgn. Dertil skal der tages forbehold for, at det ikke er angivet om det er elektive eller akutte patienter, der udgør en belægning over 100 %.[SDS2015]

For at underbygge belægningsgraden yderligere, illustrerer figur 2.7 antal dage pr. måned med en belægningsgrad på over 100 %. Denne graf er udarbejdet ud fra ortopædkirurgisk afdeling over de samme 18 måneder som figur 2.6. [SDS2015]



**Figur 2.7:** Belægningsgrad over 100 % målt i antal dage over 18 måneder fra år 2014 til juni 2015 for ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital.[SDS2015]

Det fremgår af figur 2.7, at der i oktober måned år 2014 opleves en belægning på over 100 % i 19 dage, sammenlignes dette med oktober måned på figur 2.6 ses en belægning på 130 %. Der ses ligeledes en sammenhæng mellem de resterende måneder for de to grafer. Ud fra den anvendte data fremgår det ikke, hvor mange patienter, der udgør en belægningsgrad over 100 %, samt hvor længe de enkelte patienter er indlagt på afdelingen. Da belægningsgraden og antal dage kan variere for hver måned, anses 18 måneder ikke som værende repræsentativ for at kunne vurdere problemets omfang. Ud fra belægningsgraden kan det dog tyde på, at en effektivisering af planlægningen af patienter på ortopædkirurgisk afdelingen vil kunne medføre en balance i kapacitetsudnyttelsen.

## 2.4 Problemformulering

*Hvordan kan indlæggelsesvarigheden for patienter på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital forudsiges med henblik på at opretholde en kapacitetsudnyttelse på 100 %?*

# Problemløsning 3

---

På ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital ønskes der, på baggrund af afsnit 2.1, en 100 % kapacitetsudnyttelse med henblik på at udnytte de tilgængelige ressourcer optimalt. Kapacitetsudnyttelse er forholdet mellem aktivitet og kapacitet, hvoraf antal patienter er en betydende faktor ift. aktivitet. Det fremgår af afsnit 2.3, at belægningsgraden på ortopædkirurgisk afdelingen er varierende for hver måned. Ved en belægning over 100 % vil afdelingen opleve kapacitetsmangel, hvilket vil medføre, at personalet skal yde mere end afdelingen har kapacitet til. Derimod vil en belægning under 100 % forårsage, at der ikke er fuld udnyttelse af personalets arbejdskraft. Derved oplever ortopædkirurgisk afdeling en ubalance i kapacitetsudnyttelsen. For at opnå en kapacitetsudnyttelse på 100 %, skal en ligevægt mellem aktivitet og kapacitet forekomme. Denne ligevægt kan tilnærmes ved at justere på blot én af faktorerene under aktivitet eller kapacitet[Bames2015]. Det kan herunder forsøges at effektivere planlægningen af patienter og dertil forsøge at estimere indlæggelsesvarigheden for de indlagte patienter. En planlægning kan resultere i strukturering af personalets arbejdsopgaver og bedre udnyttelse af disponible sengepladser. Planlægningen kan dog kun forekomme ved elektive patienter, da akutte patienters indlæggelse ikke kan forudsiges.

## 3.1 Forudsigelse af indlæggelsesvarigheden

Ved ortopædkirurgiske operationer er der flere parametre, der kan have indflydelse på indlæggelsesvarigheden. Dette kan eksempelvis være demografiske parametre såsom alder samt køn og kliniske parametre som blodprøver, blodtab og operationstype. Da der kan opstå komplikationer under en operationen, som kan have indflydelse på indlæggelsesvarigheden opdeles parametrene i præ- og postoperativt.

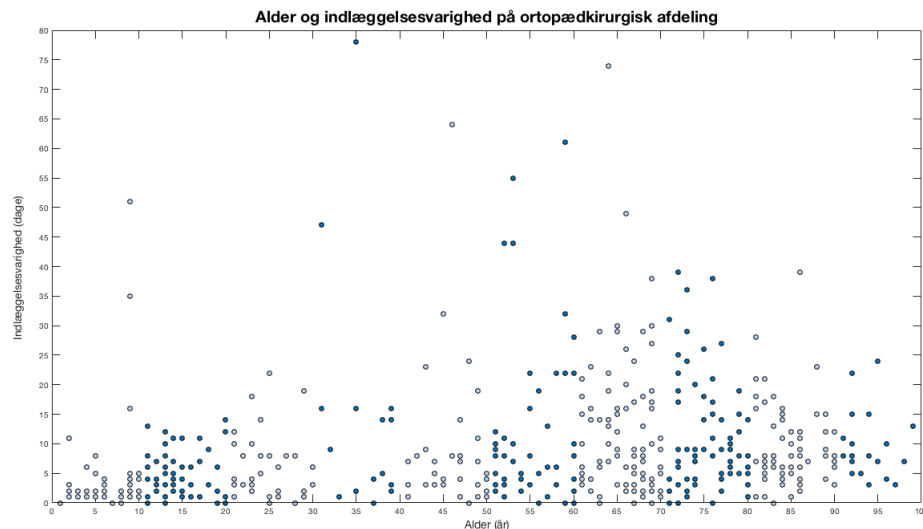
### 3.1.1 Præoperativt

På ortopædkirurgisk afdeling estimeres indlæggelsesvarigheden ikke på nuværende tidspunkt, dog vurderes indlæggelsesforløbet ud fra personalets erfaringer. Ud fra informationspjecer fra ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital samt studier der har påvist at demografiske, livsstilfaktorer samt kliniske faktorer,

kan medfører komplikationer under en operation. Disse kan angiveligt medfører forlænget indlæggelsesvarighed.

### Demografiske

Livsstilsfaktorer tyder på, at have betydning for komplikationer under en operation. En faktor som lavt funktionsniveau og muskeltab, som ofte er aldersbetinget, kan medfører komplikationer og derved længere indlæggelsesvarighed. Hvorimod patienter med højt funktionsniveau ofte har kortere indlæggelsesvarighed. [Kehlet2001, Janssen2002] Af figur 3.1 fremgår sammenhængen mellem patienters alder og indlæggelsesvarighed.



**Figur 3.1:** *Alder og indlæggelsesvarighed for patienter på ortopædkirurgisk afdeling. Dette er over en periode på 3 måneder fra den 1. august til den 31. oktober år 2014.*

På figur 3.1 ses det, at der er en bred aldersfordeling på ortopædkirurgisk afdeling. Derudover fremgår det, at indlæggelsesvarigheden for ældre patienter er mere variierende end yngre patienter, hvoraf denne variation stiger med alderen. Det fremgår ligeledes, at de ældre patienter indlægges i længere tid end yngre patienter. Patienter under 30 år er i gennemsnit indlagt 5 dage, hvor patienter over 30 år i gennemsnit er indlagt 10,9 dage. Det er uvist om, dette skyldes lavt funktionsniveau eller om der er andre faktorer der spiller ind. Eksempelvis kan der være forskel på, hvilken operation der foretages på ældre fremfor yngre patienter, hvilket kan medvirke til den øgede indlæggelsesvarighed.

For at teste for om der er signifikant sammenhæng mellem alder og indlæggelsesvarighed, foretages en to sample t-test. Resultaterne af denne test fremgår af tabel 3.1.

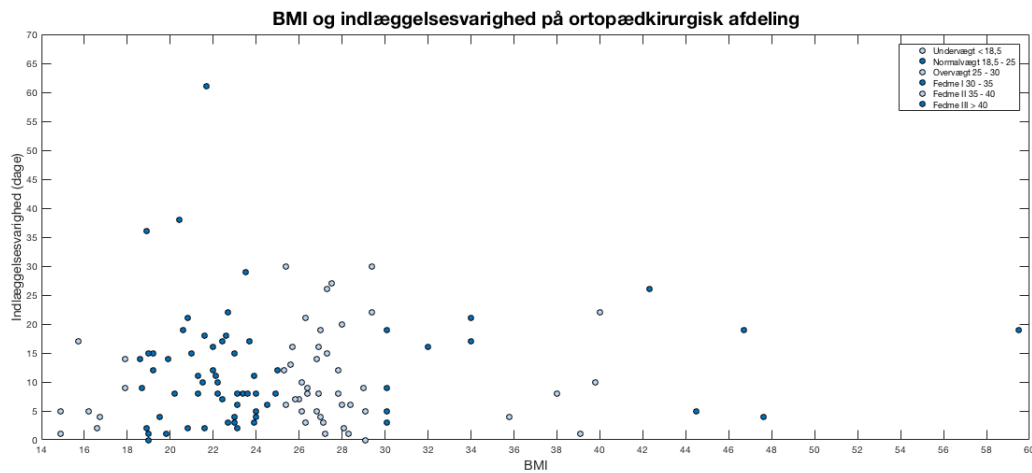
Alder (år)	Sub-sample	Indlæggelses gennemsnit	P-værdi
0-10	46	4,67	0,0021*
11-20	55	4,56	4,9727
21-30	36	5,89	0,0280*
31-40	17	13,71	0,0483*
41-50	34	9,00	0,4470
51-60	52	11,65	0,0637
61-70	91	12,04	0,0105*
71-80	73	10,95	0,0948
81-90	62	9,47	0,4362
91-100	20	9,50	0,4574

**Tabel 3.1:** Statistik over sammenhæng mellem indlæggelsesvarigheden og alder. P-værdier under et signifikantsniveau på 5% er angivet med \*.

Af tabel 3.1 ses p-værdier for sammenhængen mellem indlæggelsesvarigheden og alder. Det fremgår, at aldergrupperne 0 til 10 år, 21 til 30 år, 31 til 40 år samt 61 til 70 år har en statistisk indflydelse på indlæggelsesvarigheden. Patienter der er mellem 0 år og 10 år samt 21 år og 30 år ligger i gennemsnit kortere tid end den gennemsnitlige patient. Derudover er patienter mellem 31 år og 40 år samt 61 og 70 år er indlagt længere tid end gennemsnittet. Det tyder derfor på, at der er en sammenhæng mellem alder og indlæggelsesvarigheden inden for disse aldersgrupper.

### Livsstilefaktorer

Udover demografiske faktorer kan livsstilefaktorer, som vægt, have en indflydelse på operationer foretaget på ortopædkirurgisk afdeling, da overvægt giver større risiko for blodpropper[Ermonds2004]. Ved overvægt anbefales det derved at tage sig før en eventuel operation. Foruden mindsket risiko ved opstående komplikationer, kan smerter ligeledes reduceres ved vægttab.[Nordjylland2014] På figur 3.2 fremgår sammenhængen mellem body mass index (BMI) og indlæggelsesvarigheden.



**Figur 3.2:** BMI og indlæggelsesvarighed for patienter på ortopædkirurgisk afdeling. BMI er opdelt i 6 kategorier: Undervægtig, normalvægtig, overvægt, fedme I, fedme II og fedme III. Dette er over en periode på 3 måneder fra den 1. august til den 31. oktober år 2014.

Af figur 3.2 fremgår det, at størstedelen af patienterne på ortopædkirurgisk afdeling befinder sig inden for vægtklassen normal og overvægtig. I disse klasser er indlæggelsesvarigheden mere varierende end de resterende klasser, hvor patienterne her er indlagt fra 0 til 61 dage. Dette kan skyldes at samplestørrelsen i de resterende klasser er mindre, hvorfor der ved en større sample kan være samme variation. Den gennemsnitlige indlæggelses tid for normalvægt og overvægt er 11,3 dage, mens den for fedmeklasse I, II og III i gennemsnit er 11,7 dage. Det tyder derfor på, at et højere BMI ikke har en betydning for en længere indlæggelsesvarighed.

For at teste om BMI har indflydelse på indlæggelsesvarigheden udføres der en to sample t-test. Resultaterne heraf fremgår af tabel 3.2.

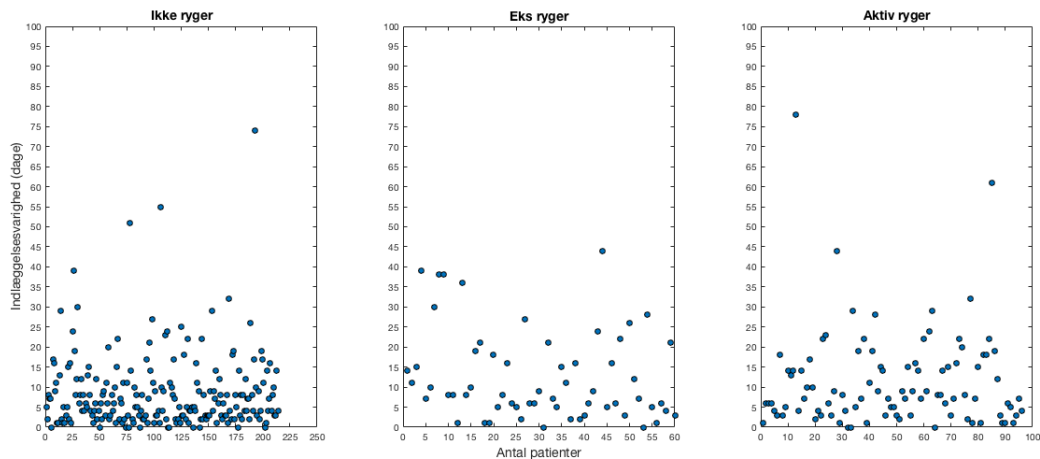
BMI	Sub-sample	Indlæggelsesgennemsnit	P-værdi
Undervægt <18.5	19	11,37	0,4953
Normalvægt 18.5 - 25	77	11,48	0,4581
Overvægt 25-30	47	11,13	0,4432
Fedme I 30-35	15	12,40	0,3357
Fedme II 35-40	6	8,00	0,1899
Fedme III >40	5	14,60	0,2180

**Tabel 3.2:** Statistik over sammenhæng mellem indlæggelsesvarigheden og BMI. P-værdier under et signifikantsniveau på 5% er angivet med \*.

Det fremgår af tabel 3.2, at der ikke er nogen statistisk sammenhæng mellem indlæggelsesvarigheden og BMI. Det vil sige, at dette kan være en parameter der ikke har nogen indflydelse på, hvor længe patienterne er indlagt.

Andre livsstilsfaktorer såsom rygning og alkohol kan have betydning for komplikationer under operationer. Rygning kan være medvirkende til at knogler og sår heler langsommere. Ved operationer, hvor der skal transplanteres knoglevæv, f.eks.

rygoperationer, afhænger resultat af operation af, at knoglevævet heler rigtigt. Det anbefales at stoppe med at ryge 6 måneder før en operation, hvorfor en ikke ryger defineres som en person der har været røgfri i 6 måneder før den planlagte operationen.[Nordjylland2014] Fordelingen af aktive rygere, tidligere rygere og ikke rygere samt sammenhængen mellem, hvilken betydning dette har for indlæggelsesvarigheden fremgår af figur 3.3.



**Figur 3.3:** *Rygning og indlæggelsesvarighed for patienter på ortopædkirurgisk afdeling. Rygning er opdelt efter ikke ryger, eks ryger og aktiv ryger. Eks ryger defineres som røgfri i et halvt år. Dette er over en 3 måneders periode fra den 1. august til den 31. oktober år 2014.*

Det ses af figur 3.3, at størstedelen af patienterne som indlægges på ortopædkirurgisk afdeling ikke ryger. Derudover fremgår det, at variationen i indlæggelsesvarigheden er større for eks rygere og rygere end for aktive rygere. Den gennemsnitlige indlæggelsesvarighed er for ikke rygere 8,4 dage, hvor den for eks rygere og aktive rygere er, henholdsvis 12,8 og 11 dage. Det tyder derfor på, at rygning har en betydning for indlæggelsesvarigheden.

Dertil undersøges der om der er en statistisk sammenhæng mellem indlæggelsesvarigheden og rygning, hvortil der udføres en to sample t-test, som fremgår af tabel 3.3.

Ryger	Sub-sample	Indlæggelsesgennemsnit	P-værdi
Ikke ryger	296	8,3649	0,0324*
Eks ryger	84	12,8095	0,0072*
Ryger	123	11,0325	0,1186

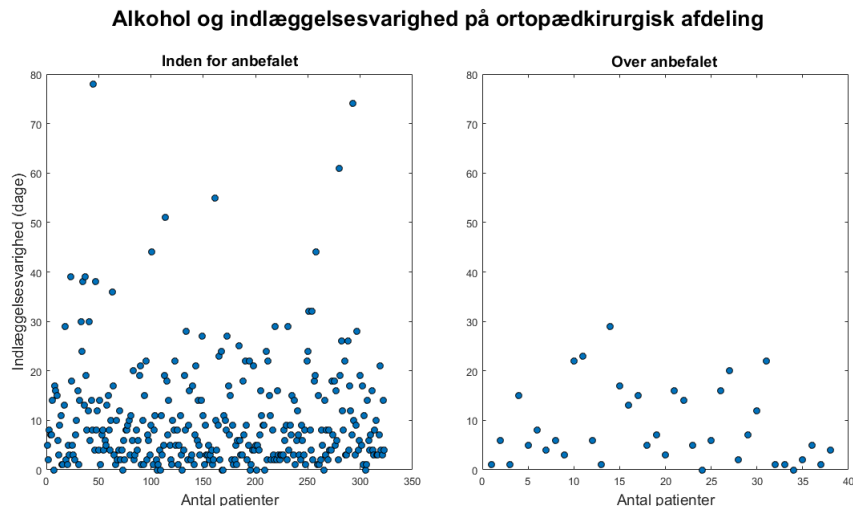
**Tabel 3.3:** Statistik over sammenhæng mellem indlæggelsesvarigheden og rygning. P-værdier under et signifikantsniveau på 5% er angivet med \*.

På tabel 3.3 ses det, at aktive rygninger ikke har en indflydelse på indlæggelsesvarigheden, mens eks rygere og ikke rygere har en statistisk indflydelse på indlæggelsesvarigheden. Eks rygere er i gennemsnit indlagt længere tid end gennemsnittet, mens



det ikke-rygere modsat er indlagt kortere tid end gennemsnittet. Det kan derfor tyde på, at indlæggelsesvarigheden for patienter forkortes, hvis patienten ikke ryger.

Som tidligere nævnt kan alkohol ligeledes medføre øget risiko for komplikationer under operationer. Herunder kan der opstå øget blødning under operationer samt infektioner i såret.[Nordjylland2014] Sammenhængen mellem alkohol og indlæggelsesvarigheden er illustreret på figur 3.4.



**Figur 3.4:** Alkohol og indlæggelsesvarighed for patienter på ortopædkirurgisk afdeling. Alkohol er opdelt i inden for anbefalet og over anbefalet. Dette er over en periode på 3 måneder fra den 1. august til den 31. oktober år 2014.

Det fremgår af figur 3.4, at størstedelen af patienter på ortopædkirurgisk afdeling befinder sig inden for anbefalingen af alkoholindtag. Den gennemsnitlige indlæggelsesvarighed for patienter, der holder sig inden for det anbefalede er 10 dage, mens den for patienter der drikker over anbefalet er indlagt 8,4 dage. Det tyder derfor på, at patienter der drikker inden for anbefalet er indlagt i længere tid end patienter der over anbefalet. For at kunne bekræfte denne sammenhæng udføres en to sample t-test. Resultatet af denne test fremgår af tabel 3.4

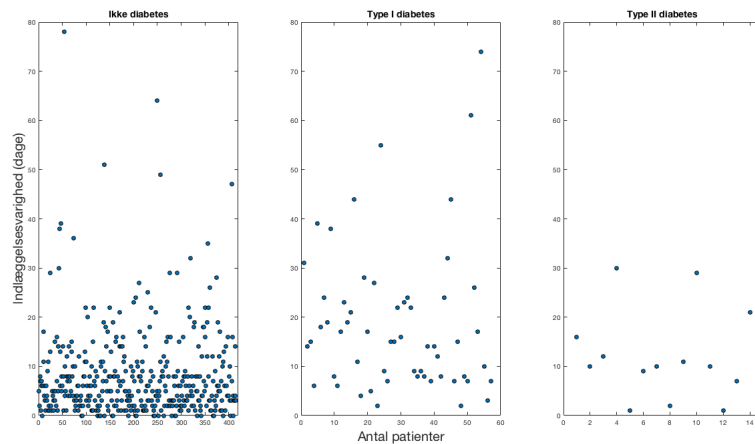
Alkohol	Sub-sample	Indlæggelsesgennemsnit	P-værdi
Under anbefalet	443	10,01	0,4154
Over anbefalet	47	8,45	0,1882

**Tabel 3.4:** Statistik over sammenhæng mellem indlæggelsesvarigheden og alkohol. P-værdier under et signifikantsniveau på 5% er angivet med \*.

Det fremgår af tabel 3.4, at der ingen statistisk sammenhæng er mellem alkohol og indlæggelsesvarigheden. Dette kan skyldes, at det er en subjektiv vurdering, hvorfor egen holdning kan have indflydelse på patientens svar.

Det tyder på, at livsstilsfaktorer som komorbiditeter har betydning for indlæggelsesvarigheden. Patienter med komorbiditeter f.eks. dårligt blodomløb og diabetes

ofte kræver særlig behandling, hvilket medfører længere indlæggelse. Diabetes har bl.a. betydning ift. sårheling A.1. Af figur 3.5 fremgår sammenhængen mellem diabetes og indlæggelsesvarigheden.



**Figur 3.5:** Diabetes og indlæggelsesvarighed for patienter på ortopædkirurgisk afdeling. Diabetes er opdelt i ikke diabetes, type I og type II. Dette er over en periode på 3 måneder fra den 1. august til den 31. oktober år 2014.

På figur 3.5 ses det, at type II diabetikere har en længere indlæggelsesvarighed end type I diabetikere. Den gennemsnitlige indlæggelsesvarighed for ikke diabetikere er 7,8 dage, mens den for type I og type II diabetikere er henholdsvis 18,8 og 12,1 dage. Det tyder derfor på, at der er en sammenhæng mellem diabetes og indlæggelsesvarigheden.

Denne sammenhæng undersøges ved en to sample t-test. Resultatet heraf fremgår af tabel 3.5

Diabetes	Sub-sample	Indlæggelsesgennemsnit	P-værdi
Ikke diabetiker	415	7,85	0,0159*
Type I diabetiker	57	18,77	5,2136
Type II diabetiker	14	12,07	0,1582

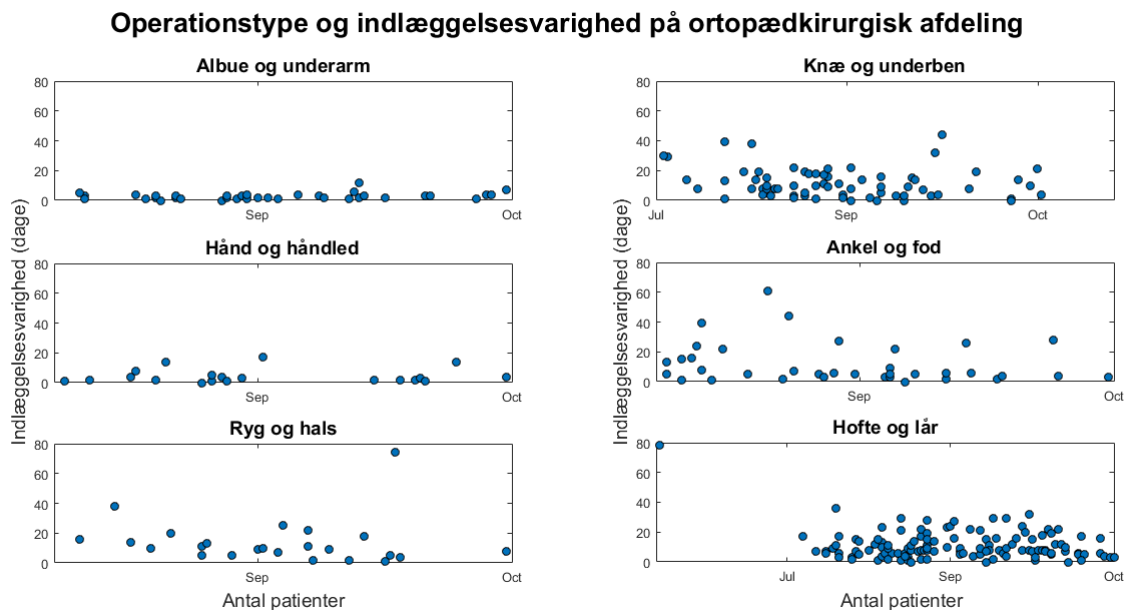
**Tabel 3.5:** Statistik over sammenhæng mellem indlæggelsesvarigheden og diabetes. P-værdier under et signifikantsniveau på 5% er angivet med \*.

Det fremgår af tabel 3.5, at ikke diabetikere har en statistisk indflydelse på indlæggelsesvarigheden. Modsat er der ingen statistik sammenhæng mellem diabetiker og indlæggelsesvarigheden for patienterne. Patienter der er ikke diabetikere er i gennemsnit indlagt kortere tid. Der er derfor en statistisk sammenhæng mellem at være ikke diabetiker og indlæggelsesvarigheden.

### Kliniske faktorer

Udover livsstilsfaktorer tyder det på at kliniske faktorer har en indflydelse. Som beskrevet i 2.1.1 udføres flere operationstyper med forskellig varighed på ortopæd-

kirurgisk afdeling, hvorfor det forventes at indlæggelsesvarigheden ligeledes er varierende.



**Figur 3.6:** Operationstyper og indlæggelsesvarighed for patienter på ortopædkirurgisk afdeling. Operationstyper er opdelt i albue og underarm, hånd og håndled, ryg og hals, knæ og underben, ankel og fod samt hofte og lår. Dette er over en periode på 3 måneder fra den 1. august til den 31. oktober år 2014.

På figur 3.6 fremgår det, at indlæggelsesvarigheden er varierende for typen af operationer, hvoraf den gennemsnitlige indlæggelsesvarighed er fra 2,7 op til 12,5 dage. Den gennemsnitlige indlæggelsesvarighed er for ryg og hals, hofte og lår, knæ og underben samt ankel og fod, henholdsvis 12,5, 10,8, 10,2 og 10,1 dage. Modsat er den gennemsnitlige indlæggelsesvarighed for hånd og håndled samt albue og underarm 3,8 og 2,7 dage. Hertil tyder det på, at indlæggelsesvarigheden er længere for operationer foretaget på underekstremiteter sammenlignet med overekstremiteter. Derudover ses det, at de fleste operationer der foretages på ortopædkirurgisk afdeling er hofte og lår samt knæ og underben operationer.

For at teste for om der er signifikant sammenhæng mellem operationstypen og indlæggelsesvarighed, foretages en to sample t-test. Resultaterne af denne test fremgår af tabel 3.6.

Operationstype	Sub-sample	Indlæggelses gennemsnit	P-værdi
Hånd og håndled	34	3,74	5,9083
Albue og underarm	50	2,72	0,0011*
Ankel og fod	49	10,10	0,2964
Knæ og underben	100	10,20	0,2015
Hofte og lår	157	10,78	0,0532*
Ryg og Hals	37	12,46	0,0378*

**Tabel 3.6:** Statistik over sammenhæng mellem indlæggelsesvarigheden og operationstype. P-værdier under et signifikantsniveau på 5% er angivet med \*.

Af tabel 3.6 fremgår det, at operation som albue og underarm, hofte og lår samt ryg og hals har statistisk indflydelse på indlæggelsesvarigheden. Patienter får foretaget en albue og underarm operation er indlagt kortere tid end gennemsnittet. Hvorimod patienter er indlagt længere tid end gennemsnittet ved hofte og lår samt ryg og hals operationer. Der er derfor en statistik sammenhæng mellem disse operationer og indlæggelsesvarigheden.

### Tilgængelige kirurger

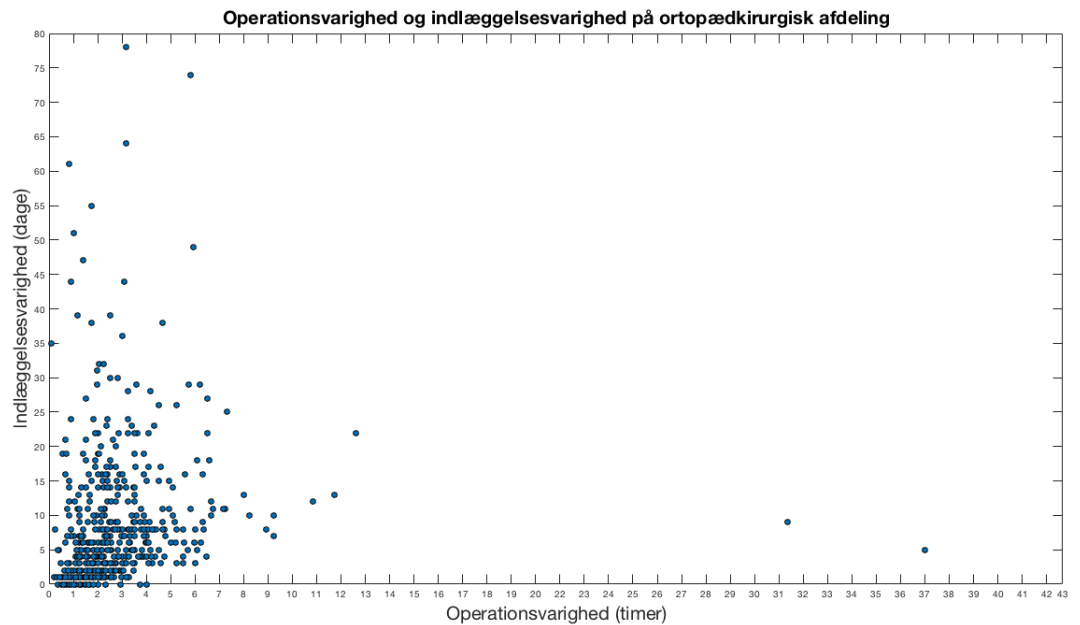
Foruden livsstilsfaktorer og operationstype kan tilgængeligheden af kirurger have indflydelse på indlæggelsesvarigheden for patienterne. Det kan i nogle tilfælde være nødvendigt at udsætte elektive patienters operationer, hvis et akut tilfælde opstår, hvorved kirurgen skal være til stede. Derved kan patienter indlæggelsesvarighed forlænges. Ved udsættelse af elektive patienter vil denne ofte få en ny tid hurtigst muligt. Den nye tid vil typisk være først på dagen, således risikoen for endnu en udsættelse mindskes. A.1

### 3.1.2 Postoperativt

Udover præoperative faktorer kan der postoperative komplikationer, herunder komplikation påstået under og efter operation, som kan have indflydelse på en længere indlæggelsesvarighed for patienten. Postoperativ estimeres indlæggelsesvarigheden ligeledes ikke på nuværende tidspunkt, hvorfor der er taget udgangspunkt i informationspjecer fra ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital samt studier der påviser dette.

### Komplikation under operation

Varigheden af operationen \*\*\* SKRIV NOGET HER\*\*

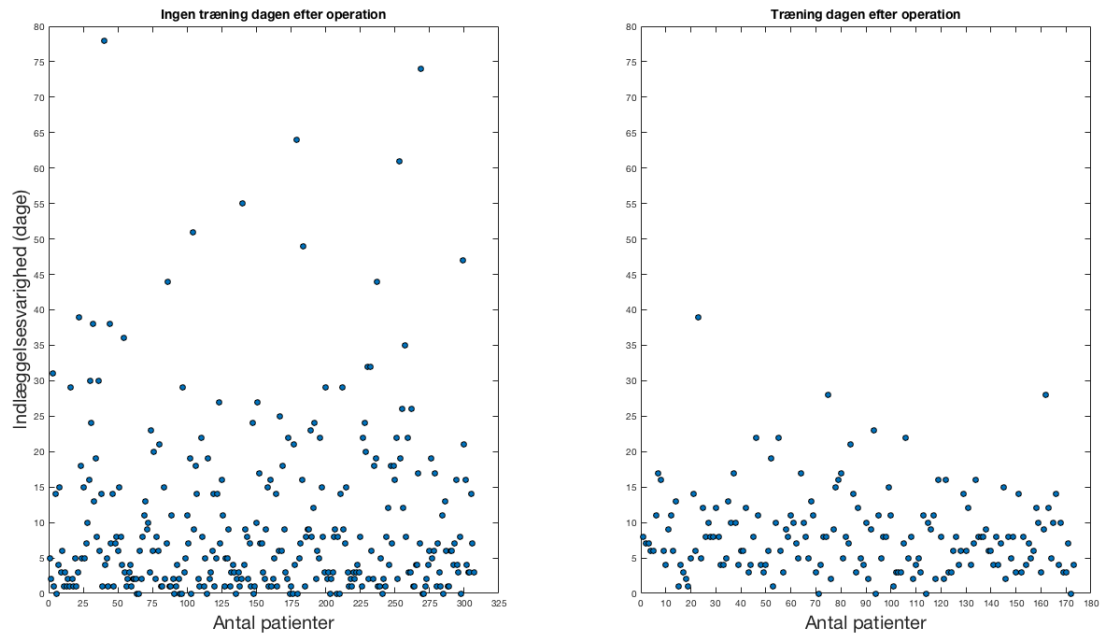


**Figur 3.7:** *Træning og indlæggelsesvarighed for patienter på ortopædkirurgisk afdeling. Træning er opdelt i ingen træning dagen efter operation og træning dagen efter operation. Dette er over en periode på 3 måneder fra den 1. august til den 31. oktober år 2014.*

\*\*\* SKRIV NOGET HER \*\*\*

### Komplikationer efter operationen

Det tyder på, at bevægelighed efter operation er vigtigt for, at komme sig hurtigt efter operationen, da dette er med til, at mindske risikoen for komplikationer og smerter efter operationen. Sammenhængen mellem træning og indlæggelsesvarigheden er illustreret på figur 3.8.



**Figur 3.8:** *Træning og indlæggelsesvarighed for patienter på ortopædkirurgisk afdeling. Træning er opdelt i ingen træning dagen efter operation og træning dagen efter operation. Dette er over en periode på 3 måneder fra den 1. august til den 31. oktober år 2014.*

På figur 3.8 fremgår det, at der er flere patienter der ikke træner dagen efter operationen. Ligeledes er variationen i indlæggelsesvarighed større for patienter der ikke træner dagen efter end patienter der træner. Den gennemsnitlige indlæggelsesvarighed for patienter, der ikke træner dagen efter operation er 10 dage. Modsat er patienter, som træner dagen efter operationen 8,2 dage. Det tyder derfor på, at træning har en betydning for indlæggelsesvarigheden.

### Udskrivelse af patienter

Foruden komplikationer opstået under operationen samt efterfølgende kan afhentning af patienterne have indflydelse på en forlænget indlæggelsesvarighed grundet udskrivningen af patienter. I nogle tilfælde kan patienter, der er klar til at blive udskrevet være nødsaget til at ligge en dag ekstra på afdelingen, da de har brug for pleje i hjemmet efter operationen. Hvis det er nødvendigt med hjemmepleje kræver det, at afdelingen kontakter kommunen før kl. 12 samme dag. Hvis personalet ikke når dette skal patienten blive på afdelingen endnu et døgn.

Derudover kan nogle patienter, der skal have efterbehandling eller genoptræning, nødsaget til at blive på afdelingen, da deres hjem ikke er tilpasset til dette.

Dette kan også gælde patienter, som i forvejen har komorbiditeter, hvor forandringer grundet operationen og indlæggelsen forværrer deres tilstand. Dette kan eksempelvis være demens, hvor patienten mister evnen til at varetage sit eget helbred. Disse patienter skal ofte vente på at der er en aflastningsplads ledig før disse

kan udskrives fra afdelingen.

## 3.2 Prædiktiv model

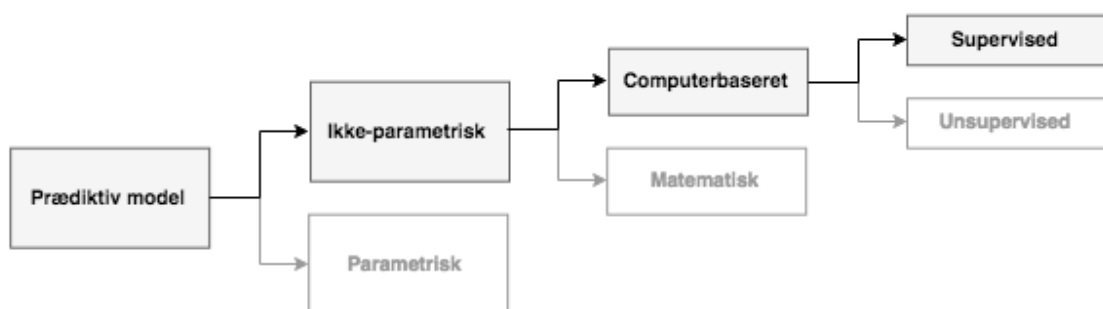
Til at estimere indlæggelsesvarigheden for patienter kan en prædiktiv model anvendes. Prædiktiv modellering er en model, der udarbejdes med henblik på at forudsige hændelser. Denne model skal gøre det muligt at forstå og kvantificere nøjagtigheden af forudsigelsen ift. fremtidig data.[Kuhn2013] Kvantificeringen sker på baggrund af algoritmer.

Inden for sundhedssektoren er det muligt at prædiktere forskellige former for hændelser og forløb. Dette kan eksempelvis være en forudsigelse om, hvorvidt en patient, indlagt med hjertestop, har risiko for endnu et hjertestop, hvoraf vurderingen f.eks. baseres på demografi, livsstil samt kliniske målinger[Hastie2008].

Prædiktiv modellering kan opdeles i de to kategorier: parametrisk og ikke-parametrisk. Parametrisk anvendes, når samtlige parametre er kendte, hvorimod ikke-parametriske benyttes, hvis én eller flere er ukendte.[Sheskin2000]

Den prædiktive model kan både anvende matematiske- og computerbaserede modeller. Matematiske modeller er en ligningsbaseret model, der forudsiger på baggrund af ændring i input. Herunder anvendes ofte regression, hvor der tages udgangspunkt i lineær sammenhæng. Computerbaserede modeller kræver ofte en simuleringsteknik til forudsigelse.[MathWorks2016]

Som tidligere nævnt sker kvantificering ud fra algoritmer. For at kunne udarbejde en algoritme kræves et træningssæt[DIKU2010]. Et træningssæt kan både være supervised eller unsupervised. Supervised learning er når indholdet af datasamples har til formål at forudsige en hændelse på baggrund af den kendte input-output relation[Brownlee2013]. Modsat er unsupervised learning, når indholdet af datasamples ikke har til formål at prædiktere en hændelse, men derimod finde en sammenhæng mellem data[Brownlee2013, Kuhn2013]. På baggrund af ovenstående er figur 3.9 udarbejdet. Denne illustrerer de valg, der burde tages ift. prædiktive modeller.



**Figur 3.9:** Valg ift. prædiktiv modellering. De markerede felter illustrerer beslutningstagen.

Det fremgår af figur 3.9, hvilke modeller, der bør anvendes ud fra datasættet fra ortopædkirurgisk afdeling. Da flere af parametrene i datasættet ikke fremgår bør der anvendes ikke-parametrisk modellering. Datasættet består af flere parametre, hvilket medfører, at det ikke ses hensigtsmæssigt at anvende ligningsbaseret modellering. Hertil kræves en simuleringsteknik, der anvendes under computerbaseret modellering. Der afgrænses til supervised learning, da datasættet indeholder input-output relation.

### 3.2.1 Indsamling af data

Den prædiktiv model skal designes specifikt til ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital, da der er bestemte parametre som f.eks. operationer, procedurer, udstyr, personale og medicinering. For at sikre, at indsamling af data er tilstrækkelig og relevant skal der opstilles stramme retningslinjer for, hvordan disse indsamles og noteres. På baggrund af afgrænsningen til supervised learning i afsnit 3.2, anses det nødvendigt, at hver indsamlede parameter kan have indflydelse for den enkelte patients indlæggelsesforløb. Disse overvejelser øger sandsynligheden for at opnå en brugbar prædiktiv model.

#### Eksklusionskriterier for data

For at udarbejde en prædiktiv model opstilles kriterier ift. dataindsamling ud fra formålet med modellen. Da nogle modeller er sensitive for strømlinet data er det vigtigt at bestemme, hvorvidt der skal opstilles eksklusionskriterier til dataindsamlingen eller om en forudbestemt prædiktiv model skal anvendes.[Kuhn2013] For at systemet kan sammenholde parametre er det nødvendigt, at data er indskrevet efter faste retningslinjer. Hvis der ikke opstilles faste retningslinjer for indskrevet data, kan dette have indflydelse på estimeringen af indlæggelsesvarigheden.[Kuhn2013]

#### Kategorisering af data

Ved at kategorisere data, anses det muligt at lave en prædiktiv model med en mindre mængde data. Denne model er dog ikke så specifik som en model uden kategoriseret data, da en mulig variation i parametrene kan reduceres.[Rowan2007] Derfor bør det overvejes, hvor stor datamængden skal være for at konstruere modellens træningssæt. Ved ikke at kategorisere data, bliver modellen mere specifik ift. hver enkelt patient, men kræver dertil også en større database for at lave en funktionel model. Dette kan f.eks. inkludere meget specifikke kirurgiske indgreb eller sjældne komorbiditeter. Et eksempel på kategorisering af data kan være alder, hvor denne kan inddeles i aldersgrupper. En gruppe kan eksempelvis være 20-29 år hvilket kræver en mindre database, end aldersinddelingen 20-25 år, der udspænder et mindre interval.[Rowan2007]



### Opdatering af model

En vigtig del af en prædiktiv model er, at denne kan tilpasse ændringer i parametres vægtning løbende ved ny data.[Kuhn2013] Ved ændring i medicineri eller procedure af kirurgiske indgreb kan prædiktering af det gældende indgreb give misvisende estimeringer af indlæggelsesvarigheden. Derfor kan modellen ved transitioner mellem procedureændringer blive invalideret og dermed skal den prædiktive model have inkorporeret mere data før denne kan forudsige indlæggelsesvarigheden. Hvis et datapunkt ikke kan kategoriseres i systemet, kan det være nødsaget at ekskludere denne data fra indskrivelse i databasen.

### Præprocessering

Hvis en datamængde allerede er tilgængelig, eksempelvis indsamlet til et andet formål, kan det være nødvendigt at anvende præprocessering på dataen. Dette gøres for at tilpasse den allerede indsamlede data til det nye formål. Da flere parametre i datasættet fra ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital mangler, anses det nødvendigt at foretage præprocessering. Præprocessering foregår manuelt før en prædiktiv modellering kan foretages. Der findes flere metoder, der kan anvendes for at kompensere for de manglende parametre. Kompenseringen kan forekomme ved kassering af værdier, tilegne manglende værdier, reducere af værdier og imputering. Imputering opdeles i tre underkategorier: Prædiktiv værdi imputation, Distribution-baserede imputation og Unik-værdi imputation. Prædiktiv værdi imputation erstatter den manglende værdi med estimerede værdier. Distribution-baserede imputation vægter værdien af manglende data mindre end det resterende, således disse får en mindre betydning under generering. Unik-værdi imputation erstatter den manglende værdi med en vilkårlig værdi fra samme parameter.[Saar2007]

Manglende data kan have flere årsager. Én årsag kan være manglende indsamling af data grundet fejl. Manglende data kan også opstå som følge af andre faktorer. F.eks. kan udskrivelses tidspunkt være en manglende parameter hvis den pågældende person er død under indlæggelsen. Ligeledes kan manglende data være grundet censur, hvilket giver udtryk for en skjult ekstra parameter, eller som følge af en allerede kendt parameter.[Kuhn2013] Dette fænomen er kendt som informative missingness. Da informative missingness betyder at manglende data er opstået som følge af en bestemt årsag, kan det være relevant ikke at imputere dataen, men derimod beholde den pågældende data. Derfor bør årsagen til hver manglende parameter overvejes, inden det besluttet hvorvidt der anvendes imputering, informative missingness eller en kombination af disse.

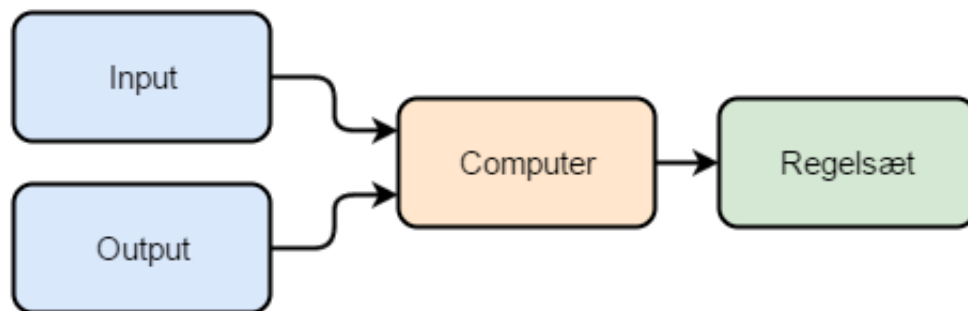
## 3.3 Supervised machine learning

Machine learning er en underkategori af kunstig intelligens og en metode, der kan anvendes til at genkende mønstre i data. Da machine learning anvendes på en computer, er det muligt at bearbejde datasæt af en størrelse, der er uhåndterbare for

menesker at behandle. Det bruges mange steder og har mange formål, som f.eks. søgemaskiner, forudsigelse af aktiekurser og ansigtsgenkendelse.[DIKU2010]

Et computerprogram er essentielt et sæt regler, udarbejdet manuelt af en programmør. Dette regelsæt afgør hvordan programmet opfører sig. Et almindeligt program som dette kan ikke afvige fra sit regelsæt og er derfor begrænset til programmørens evner. Supervised machine learning tager derimod udgangspunkt i input-output relationer, hvorved modellen uafhængigt er i stand til selv at danne et regelsæt. En illustration af dette fremgår af figur 3.10.

### Supervised machine learning



**Figur 3.10:** *Machine learning danner et regelsæt ud fra input-output relationen.*[DIKU2010]

En udvidelse af databasen, hvoraf regelsættet dannes fra, kan modellen blive mere nøjagtig. Dette gøres i en logisk proces, kaldet induktiv inferens, hvilket er en metode, hvor computeren tilnærmer sandsynligheden for et givent output, ud fra en sammenligning med lignende eksempler. Der findes forskellige måder at gøre dette på, men fælles for alle undersøges det, hvorvidt den nye data ligner den eksisterende data.[DIKU2010]

#### 3.3.1 Estimering af indlæggelsesvarigheden

Ubalancen i kapacitetsudnyttelsen på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital ønskes afhjulpet. Indlæggelsesvarigheden afhænger af mange forskellige faktorer, hvorfor det er uoverskueligt for en koordinator at planlægge samtlige patienters indlæggelsesvarighed. På nuværende tidspunkt anvendes ingen redskaber til estimering af dette, hvilket resulterer i ubalance i forholdet mellem aktivitet og kapacitet, der udgør kapacitetsudnyttelsen på afdelingen.

Det anses muligt at planlægge patienter efter deres indlæggelsesvarighed for således at opnå en balance i kapacitetsudnyttelsen. Da koordinatorene ikke kan overkomme alle parametre for patienter kan det være fordelagtigt at anvende en prædiktiv model som et redskab til at estimere indlæggelsesvarigheden. Ved at anvende supervised machine learning til denne model, kan skjulte sammenhænge mellem parametre samt en stor datamængde håndteres[DIKU2010].

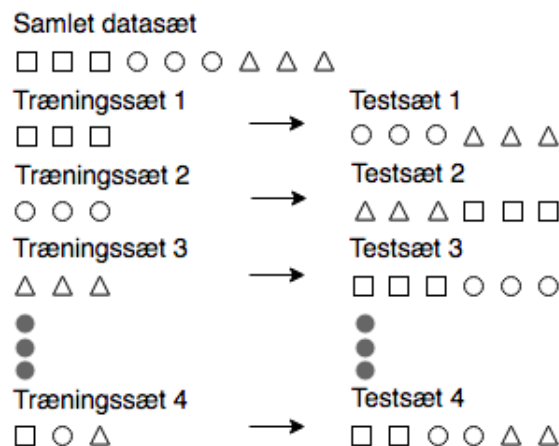
### 3.3.2 Konstruering af model

Machine learnings modeller konstrueres som en algoritme på baggrund af indsamlet data.[Kuhn2013] Når en algoritme designs til machine learning gøres dette på baggrund af et træningssæt. [DIKU2010]

#### Træningssæt

Træningssættet tager udgangspunkt i en datamængde, der enten har kendte eller ukendte labels. Et træningssæt laves på baggrund af en del af den indsamlede data, hvor den resterende data testes på denne model. Et træningssæt basere på en forudbestemt machine learnings algoritme. Valget af algoritme belyses i afsnit 3.3.2 Det er vigtigt at modellen ikke testes med samme data som anvendes til at opbygge træningssættet, da dette ville medføre at modellen kun er repræsentativ for den givne data.[Kuhn2013] Ved supervised learning forsøges det at udarbejde en model, hvor data tilknyttes til labels og det bliver klassificeret. Det er vigtigt, at modellen afbildes så korrekt som muligt, for både træningssættet og de nye data. Et eksempel på udvælgelse af et træningssæts størrelse kunne være at udtage 200 datapunkter ud af 1000. Derefter konstrueres en algoritme på baggrund af træningssættet på 200 datapunkter, til at prædiktere en given parameter ud fra testsættet, hvilket er de resterende 800 datapunkter. Denne form for træningssæt opbygning er kendt som cross validation, og kan ses på figur 3.11[Kuhn2013].

#### Udvælgelse af træningssæt



**Figur 3.11:** Udvælgelse af datapunkter til træningssæt og testsæt.[Kuhn2013]

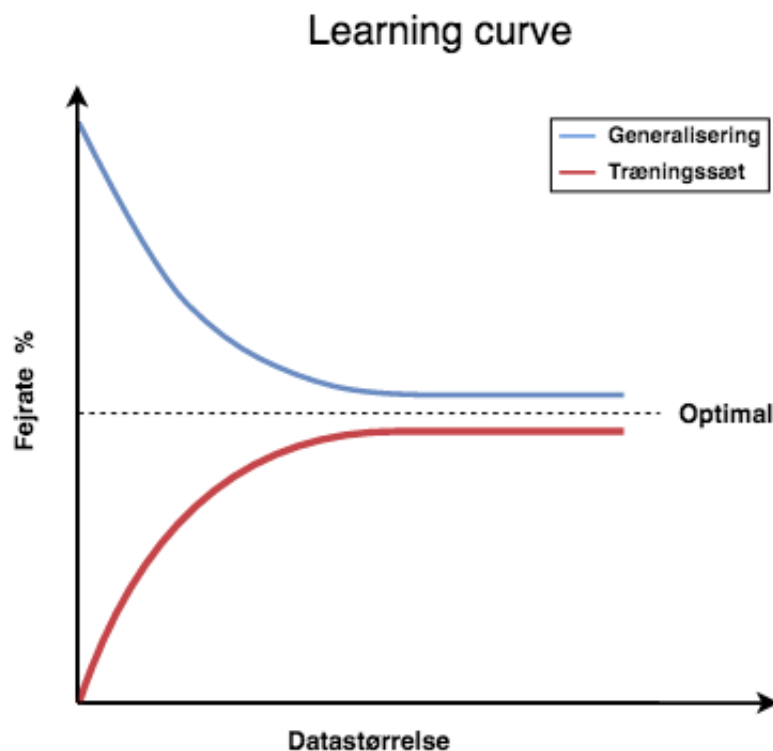
Ved at variere hvilken del af datapunkterne der anvendes til træningssættet er der mulighed for at opnå en lavere fejl i træningssættet, og dermed en højere præcision af prædikteringen.[Kuhn2013]

## Algoritme valg

I sammenhæng med at cross validere træningssættet med den resterende data, testes forskellige machine learnings algoritmer for at opnå den ønskede grad prædikterings præcision.[Kuhn2013] Valget af algoritme baseres på størrelsen af fejlen mellem træningssæt og testsæt, og vurderes på samme grundlag som træningssættet. Variationen af machine learnings modeller betyder at nogle modeller er mere idéelle til bestemte datasæt end andre. Eksempelvis kan C4.5 modellen håndtere manglende data, således at imputering kan undgås. Når en algoritme med den ønskede præcision mellem trænings- og testsæt er fundet påbegyndes det sidste trin i konstruktionen af den prædiktive model, at finde et passende antal parametre bygge konstruere modellen ud fra.[DIKU2010]

## Bestemmelse af parametre

Når en prædiktiv machine learnings model konstrueres, er det essentielt at have det korrekte antal parametre fra træningssættet. For få parametre betyder at sandsynligheden for fejl i ft. prædikteringen af den ønskede output parameter er høj. Ved for mange parametre sker en over-fitting, hvor modellen bliver så specifik for træningssættet, således at testsættet prædikteres upræcist.[DIKU2010] Fejlraten i en prædiktiv model, generaliseringsfejlen, kan ses på figur 3.12.



**Figur 3.12:** *Learning curve der viser sammenhængen mellem datastørrelse og fejlrate.*[Kuhn2013]

Generaliseringsfejlen bygges også på hvor stort trænings og testsættet er. Generaliseringsfejlen er dog eksponentielt faldende, og kan dermed ikke undgås helt, uafhængigt af træningsættets størrelse.[**DIKU2010**] Antallet af parametre, og hvilke der har størst indflydelse på outputtet testes ved at opbygge træningssæt med et begrænset antal parametre, og derefter prædiktere ud fra testsættet. Ved at anvende alle mulige kombinationer af parametre, kan der konstrueres en model. Denne model anvender de parametre der i sammenhæng har størst indflydelse på outputtet, med det lavest mulige antal parametre. Dermed kan machine learning anvendes til at vurdere hvilke parametre der har en statistisk sammenhæng, og bør inddrages i en model til eksempelvis prædiktering af indlæggelsesvarighed.[**Kuhn2013**, **DIKU2010**]



## A.1 Interview skabelon

Før interviewet udført på ortopædkirurgisk afdeling på Aalborg Universitetshospital blev der opstillet eksklusionskriterier på baggrund af formålet med interviewet. Det ønskes, at interviewe to sygeplejersker samt en bookingansvarlig fra ortopædkirurgisk afdeling, som mindst har været ansat på afdelingen i et år. Derudover ønskes det, at interviewet foregår individuelt samt at personalet ikke har set spørgsmålene på forhånd, da der ønskes en åben dialog. Inden interviewet fik informanten introduktion ift. hvad interviewet omhandlede. Skabelonen er opdelt ift. interview med sygeplejersker og bookingansvarlig.

### A.1.1 Interviewet med sygeplejersker

#### **Hvor mange arbejdstimer har du om ugen?**

Der ønskes svar på: Gennemsnit, fordelingen af vagter uge for uge, længden af vagten, forskel på dag- og nattevagter, hvordan foregår vagtskifte.

#### **Hvilke arbejdsopgaver har du på en normal vagt?**

Der ønskes svar på: Hvor mange patienter sygeplejersker varetager.

#### **Hvordan forløber dine pauser?**

Der ønskes svar på: Sygeplejersker skal være til rådighed under pauser samt, hvorvidt denne er påtvungen.

#### **Hvilke patienter modtager i på afdelingen?**

Der ønskes svar på: Hvordan og hvorvidt patienterne skemalægges. Hvordan foregår indlæggelses og udskrivelse samt, hvorvidt der er nogle faste tidspunkter. Planlægges elektive patienter ud fra pladsen til akutte patienter.

#### **Hvor mange sengepladser har i til rådighed på afdelingen?**

Der ønskes svar på: Er der nogle sengepladser der er forbehold akutte patienter.

#### **Hvad sker der, hvis i ikke har flere sengepladser til rådighed på afdelingen?**

Der ønskes svar på: Hvor placeres patienterne, har afdelingen et samarbejde med andre afdelinger, er der prioritering mellem patienterne, fordeles patienterne mellem jer eller tilkaldes der ekstra personale, hvorfor opstår problemet og hvordan begræn-

ser dette sygeplejerskerne, hvad gør de på afdelingen for at løse problemet udskydes elektive patienter.

**Hvad sker der, hvis i har for mange sengepladser til rådighed?**

**Er der en standardliste med checkpunkter af parametre som altid skal registreres for patienter?**

Der ønskes svar på: Hvilke parametre sygeplejerskerne kigger på.

**Er der noget du tænker, der er relevant at tilføje?**

### **A.1.2 Interview med lægesekretær**

**Hvordan planlægges elektive patienter?**

Der ønskes svar på: Planlægges patienter med kort eller lang varsel, estimeres der hvor længe patienten er indlagt med henblik på at planlægge elektive patienter forud, vurderes der specielle parametre i forhold til planlægningen.

**Er der noget du tænker, der er relevant at tilføje?**