Tapsaversjon i et konkurrerende Newsvendor-problem

av

Ola Helseth Hektoen

Masteroppgave

Masteroppgaven er levert for å fullføre graden

Profesjonsstudium i samfunnsøkonomi

Universitetet i Bergen, Institutt for økonomi

Vår 2016

UNIVERSITETET I BERGEN

Forord

Først og fremst ønsker jeg å takke min veileder, Sjur Didrik Flåm, for nyttige innspill og gode samtaler. Jeg ønsker også å rette en stor takk til mor, far og Magnus for gjennomlesning og nyttige kommentarer.

Ola Helseth Hektoen

Ola Helseth Hektoen, Bergen 1. juni 2016

Sammendrag

Tapsaversjon i et konkurrerende Newsvendor-problem

av

Ola Helseth Hektoen, Profesjonsstudium i samfunnsøkonomi

Universitetet i Bergen, 2016

Veileder: Sjur Didrik Flåm

I denne oppgaven utvides det klassiske Newsvendor-problemet til å gjelde for to tapsaverse selgere i samme marked. Formålet med oppgaven er å formulere et problem som er nærmere det problemet som virkelighetens «avisselgere» står ovenfor.

I oppgaven formuleres Newsvendor-problemet for to konkurrerende selgere og to samarbeidende selger. Disse problemene løses så numerisk. Metoden for det konkurrerende og det samarbeidende problemet er imidlertid forskjellig. Det samarbeidende problemet består av ett maksimeringsproblem. Dette maksimeringsproblemet formuleres som et lineært program i Matlab og løses numerisk. Det konkurrerende problemet består av to maksimeringsproblem som skal løses simultant, derfor blir spillteori tatt i bruk for å løse problemet. Siden selgerne i denne oppgaven antas å være identiske, må den symmetriske bestillingen være en Nash-likevekt. For substitusjonskonstanter mindre enn en, vil også den symmetriske Nash-likevekten i de fleste tilfeller være unik. Siden Nash-likevekten er symmetrisk anvendes lineær programmering og Matlab til å løse problemet. Det lineære programmet til selgerne løses ved å behandle konkurrentens bestilling som eksogen, Nash-likevekten er oppnådd når det er likhet mellom eksogen og endogen bestilling.

Oppgaven finner at tapsaverse selgere kan bestille mer enn risikonøytrale selgere, dersom underskuddskostnadene er større enn null og bestillingskostnadene er relativt store. Positive underskuddskostnader og høye bestillingskostnader kan også føre til at markedets totale bestilling øker når to konkurrerende selgere velger å samarbeide. Det blir også vist at markedets totale bestilling kan gå ned når antall selgere i markedet øker fra en selger til to konkurrerende selgere, for en substitusjonskonstant mindre enn en.

Innhold

Forord ... ii
Sammendrag ... iii
Figurer ... vi
1 Innledning ... 1
1.1 Bakgrunn ... 1
1.2 Problemstilling ... 2
1.3 Prosessen ... 3
2 Risikonøytralitet ... 5
2.1 Den klassiske Newsvendor-modellen med diskret sannsynlighetsfordeling ... 5
2.2 Newsvendor-modellen med konkurranse ... 7
2.2.1 Tidligere litteratur på konkurranse i Newsvendor-problemet ... 7
2.2.2 Utvidelse av det klassiske problemet til to konkurrerende selgere ... 7
2.2.3 Modellering av sannsynlighet i denne modellen. ... 10
2.2.4 Metode for løsning av det risikonøytrale, konkurrerende problemet ... 12
2.2.5 Indifferens problem ... 15
2.3 Problemet for to selgere som samarbeider. ... 17
2.3.1 Metode for løsning av det samarbeidende, risikonøytrale problemet ... 19
2.4 Numeriske resultater ... 20
2.4.1 Resultater for det konkurrerende problemet ... 21
2.4.2 Effekten av et samarbeid ... 24
2.5 Forslag til modellutbedring ... 28
3 Tapsaversjon ... 30
3.1 Problemutvidelse til tapsaversjon ... 30
3.1.1 Tapsaversjon – teori ... 31
3.1.2 Nyttefunksjonen til tapsaverse selgere ... 35
3.2 Det konkurrerende problemet med tapsaversjon ... 36
3.3 Koalisjon ... 37
3.4 Numerisk eksempel ... 38
3.4.1 Resultater for det konkurrerende problemet med tapsaverse selgere ... 39
3.4.2 Effekten av samarbeid for tapsaverse selgere ... 41

3.5 Optimal fordeling av ekstra inntekt under tapsaversjon ... 44
3.6 Forslag til modellutbedring ... 46
4 Resultatforskjeller mellom tapsaverse og risikonøytrale selgere ... 49
5 Diskusjon ... 52
5.1 Hvordan handler den tapsaverse selgeren sammenlignet med virkelighetens «avisselger»? ... 52
5.2 Effekten av tapsaversjon ... 56
5.2.1 Effekten av økt grad av tapsaversjon ... 56
5.2.2 Forventet profitt høyere for konkurrerende tapsaverse selgere ... 57
5.3 Effekten av konkurranse ... 58
5.3.1 Lippman og McCardle (1997) ... 59
5.3.2 Wang (2010) ... 64
5.3.3 Netessine og Rudi (2003) ... 65
5.4 Modellens svakheter ... 68
6 Avslutning ... 71
6.1 Konklusjon ... 71
6.2 Videre forskning ... 72
7 Referanseliste ... 74
Appendiks ... 77

Figurer

Figur 2-1: Reaksjonskurvene til selgerne 14
Figur 2-2: Optimal bestilling for en risikonøytral selger under konkurranse 22
Figur 2-3: En risikonøytral selgers avvik fra profittmaksimerende bestilling under konkurranse 23
Figur 2-4: Forenklet spillmatrise i det konkurrerende markedet 24
Figur 2-5: Optimal bestilling for samarbeidende selgere 25
Figur 2-6: Forskjell på risikonøytrale selgeres bestilling med og uten samarbeid 26
Figur 2-7: Gevinsten av samarbeid for risikonøytrale selger 27
Figur 3-1: Tapsavers nyttefunksjon 32
Figur 3-2: Optimal bestilling for konkurrerende, tapsaverse selgere 39
Figur 3-3: Avvik fra nyttemaksimerende bestilling for konkurrerende, tapsaverse selgere 40
Figur 3-4: Optimal bestilling for samarbeidende, tapsaverse selgere 41
Figur 3-5: Forskjell i bestilling for tapsaverse selgere med og uten samarbeid 42
Figur 3-6: Gevinsten av samarbeid for tapsaverse selgere 43
Figur 3-7: Forskjeller i forventet profitt for tapsaverse selgere med og uten samarbeid 44
Figur 3-8: Forventet tapsavers nytte over forskjellig inntektsfordeling. 45
Figur 3-9: Optimal tapsavers bestilling med variasjon i inntektsfordeling 46
Figur 4-1: Forskjell mellom risikonøytral og tapsavers bestilling under konkurranse 49
Figur 4-2: Forskjell i forventet profitt for tapsaverse og risikonøytrale selgere under konkurranse 50
Figur 4-3: Forskjell i gevinst av samarbeid for tapsaverse og risikonøytrale selgere 51
Figur 5-1: Forskjell mellom risikonøytral og tapsavers bestilling under isolasjon 55
Figur 5-2: Tapsaversjonskonstantens effekt på optimal bestilling 56
Figur 5-3: Konkurransens påvirkning på bestillingen til tapsaverse og risikonøytrale selgere 58
Figur 5-4: Forskjellen på total bestilling under konkurranse sammenlignet med monopol for risikonøytrale selgere 60
Figur 5-5: Sannynlighet for å bestille mindre enn realisert etterspørsel for monopolist og konkurrenter 63
Figur 5-6: Forskjell på total bestilling under konkurranse sammenlignet med monopol for tapsaverse selgere 65

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I denne oppgaven skal jeg se på hvordan selgere i samme marked forholder seg til usikkerhet i etterspørselen, individuelt og samlet. Selgere kjøper inn produkter fra produsenter for å videreselge dem. Dersom selgeren ikke vet hva etterspørselen etter dette produktet blir, vil det være vanskelig for selgeren å vite hvor mange varer han skal kjøpe fra produsenten. Denne beslutningen blir enda vanskeligere dersom varen ikke kan lagres.

Problemet som er beskrevet over er kjent som Newsvendor-problemet og ble først formulert av Edgeworth (1888). Newsvendor-problemet ser på hvordan en selger, av et produkt med kort levetid, velger optimalt innkjøpskvantum. Newsvendor betyr avisselger på engelsk. Problemet har tatt dette navnet fordi den gamle avisselgeren er et strålende eksempel. Aviser som produkt har kort levetid. Aviser selger nyheter og nyheter taper fort verdi. Avisselgeren var nødt til å kjøpe inn avisene kvelden før han skulle selge dem på gatehjørnet. På dette tidspunktet vet ikke avisselgeren hva etterspørselen etter aviser skal bli. Innkjøpsbeslutningen blir derfor tatt på bakgrunn av selgerens forventninger. Sjansen er da stor for at man bestiller for lite, eller for mye. Dersom man bestiller for mye, sitter man igjen med en mengde varer som en må skrape. Om man bestiller for lite er man nødt til å avvise kunder, noe som også utgjør en kostnad for selgeren. Selgeren må derfor finne den rette balansen mellom forventede kostnader som følge av overbestilling og som følge av underbestilling.

Selv om problemet er oppkalt etter avisselgeren, er det langt i fra det eneste anvendelsesområdet til problemet. Motebransjen er et annet marked hvor man står ovenfor liknende problemer. Det slippes jevnlig nye eksklusive kolleksjoner og selgerne må bestemme seg for hvor mye en skal kjøpe inn av den nye kolleksjonen før en vet hvordan kolleksjonen slår an blant folk. Det en ikke har solgt innen den nye kolleksjonen kommer må skrapes, eller selges med en kraftig prisreduksjon.

1.2 Problemstilling

Newsvendor-problemet har blitt hyppig studert innenfor organisasjonsteori, stokastisk optimering og økonomi. Det som er felles for de fleste av disse studiene er at de alle fokuserer på en risikonøytral monopolist. Et mindretall av studiene fokuserer på markedssituasjoner med flere aktører og forskjellige risikopreferanser. Denne oppgaven forsøker å tette noen av hullene som finnes på området.

Formålet med denne oppgaven er å formulere et problem som ligger nærmere problemet virkelighetens «avisselger» står ovenfor i et marked med flere selgere. Det finnes studier som analyserer Newsvendor-problemet for konkurrerende selgere, se Parlar (1988) og Lippman og McCardle (1997). Felles for disse studiene er at de ser på risikonøytrale selgere. En risikonøytral selger vil alltid velge bestillingen som maksimerer hans forventninger om fremtidig profitt. I et marked med kun en selger vil den risikonøytrale selgeren velge den optimale bestillingen. Det er derimot ikke sagt at det er denne løsningen som gir den beste prediksjonen av valget til virkelighetens selger.

Schweitzer og Cachon (2000) finner at virkelighetens «avisselgere» ikke bestiller som det det klassiske Newsvendor-problemet predikerer. Forfatterne finner at selgerne bestiller mindre enn optimalt når bestillingskostnaden er liten relativt til salgsprisen. Når den relative bestillingskostnaden er stor vil selgerne imidlertid bestille mer enn den optimale bestillingen. Dette blir kalt pull-to-center-effekten og er veldokumentert, se Ho et al. (2010) og Bostian et al. (2008). En mulig forklaring på hvorfor selgerne avviker fra den optimale bestillingen kan ligge i at selgerne ikke er risikonøytrale.

Denne oppgaven er motivert av funnene som er gjort av Wang og Webster (2009) og Herweg (2013). Forfatterne finner at tapsaverse selgere både kan bestille mer og mindre enn det som er optimalt. Disse funnene kan være en indikasjon på at virkelighetens avisselgere har tapsaverse risikopreferanser. Forfatterne understreker at underskuddskostnadene må være positive, for at tapsaverse selgere skal kunne bestille mer enn det profittmaksimerende kvantumet. Underskuddskostnader er en straff selgerne må betale for å bestille for lite. Denne kostnaden går igjen i de fleste formuleringer av det klassiske Newsvendor-problemet (Khouja, 1999, Petruzzi og Dada, 1999, Alfares og Elmorra, 2005).

Denne oppgaven ønsker å formulere det konkurrerende Newsvendor-problemet som virkelighetens selgere faktisk står ovenfor. For å oppnå en mer virkelighetsnær problemformulering inkluderes tapsaverse risikopreferanser og underskuddskostnader. Denne oppgaven søker å finne svaret på to problemstillinger knyttet til problemutvidelsen som foretas:

1. *Hvilke implikasjoner har denne oppgavens problemutvidelse på resultatene i det konkurrerende Newsvendor-problemet?*

2. *Kan tapsaverse risikopreferanser forklar atferden til virkelighetens «avisselgere»?*

1.3 Prosessen

I denne oppgaven tas det utgangspunkt i det klassiske Newsvendor-problemet og det utvides til et problem som gjelder for tapsaverse selgere som konkurrer. Denne utvidelsen skjer over to trinn. Først utledes problemet for to risikonøytrale selgere, det risikonøytrale problemet utvides så til å gjelde for tapsaverse selgere. Denne todelingen gjøres for å svare på problemstillingene på en mest mulig oversiktlig måte.

I kapittel 2 utvides det klassiske problemet til å gjelde for to konkurrerende, risikonøytrale selgere. Først blir det gitt en introduksjon av det klassiske Newsvendor-problemet, før fokuset endres til et Newsvendor-problem med flere selgere. Det vil så bli gitt en kort introduksjon av tidligere litteratur på det konkurrerende Newsvendor-problemet. Deretter utledes problemet for to konkurrerende selgere. Så følger utledningen av problemet for to samarbeidende selgerne. Etter at både det konkurrerende og samarbeidende Newsvendor-problemet er utledet vil det følge en kort resultatdel med numeriske løsninger. Det er to grunner til at det konkurrerende problemet for risikonøytrale selgere løses i sin helhet før analysen av det tapsaverse problemet. For det første vil løsningen av det risikonøytrale problemet best gi svar på implikasjonene av utvidelsen som ikke er knyttet til tapsaversjon. For det andre vil det gi en referanse å sammenligne den tapsaverse utvidelsen med.

I kapittel 3 utvides problemet fra kapittel 2 til å gjelde for tapsaverse selgere. Strukturen i kapittel 3 er lik som strukturen i kapittel 2. Først presenteres tidligere litteratur og teori. Deretter utledes problemet for to konkurrerende, tapsaverse selger. Etter dette presenteres problemet for to tapsaverse selgere som samarbeider. Det vil også her bli gitt et numerisk eksempel. Denne utvidelsen vil fortelle oss hvordan tapsaverse risikopreferanser endrer selgernes atferd. Samtidig vil det gi en indikasjon på om antakelsen om tapsaverse selgere er realistisk, eller ikke.

I kapittel 4 sammenlignes resultatene fra kapittel 2 og 3. Sammenligningen gjøres for å kunne forstå hvilken effekt utvidelsen til det tapsaverse problemet har.

I kapittel 5 vil resultatene fra oppgaven bli diskutert og vurdert opp mot tidligere forskning. Det vil bli gitt tolkninger av resultatene og det vil bli sett på implikasjonene av resultatene. Til slutt avrundes oppgaven med en konklusjon og forslag til videre forskning i kapittel 6.

2 Risikonøytralitet

2.1 Den klassiske Newsvendor-modellen med diskret sannsynlighetsfordeling

Modellen i denne oppgaven avviker fra det meste av tidligere arbeid innenfor feltet. I denne oppgaven brukes en diskret sannsynlighetsfordeling, i litteraturen er det mer vanlig å ta i bruk en kontinuerlig sannsynlighetsfordeling (Khouja, 1999). Det er også en del litteratur som ser på problemet uten sannsynlighetsfordeling, se (Gallego og Moon, 1993) og (Alfares og Elmorra, 2005). Selv om sannsynlighetsfordelingen er annerledes, er problemstillingen fortsatt den samme.

Selgeren skal bestille inn salgsvaren før han vet hva etterspørselen blir. Det er kun etterspørselen han ikke vet med sikkerhet, alle andre størrelser har han oversikt over. Hverken enhetspris, eller -kostnader varierer med etterspørsel. Siden varen har kort levetid vil den ikke kunne lagres. Usikkerheten i etterspørselen gjør at selgeren risikerer å bestille inn for lite varer, eller for mye varer. Begge tilfeller utgjør en kostnad for selgeren. Den optimale bestillingen er den som best balanserer den forventede kostnaden av å bestille for mye og for lite. Formuleringen av det klassiske problemet bygger på tidligere studier av (Alfares og Elmorra, 2005), (Khouja, 1999) og (Qin et al., 2011). Problemet inneholder alle de samme kostnadene, men formuleringen blir litt annerledes siden sannsynlighetsfordelingen i oppgaven er diskret.

Før problemet kan uttrykkes matematisk må notasjonen først presenteres:

S	Selgerens sett av fremtidige tilstander.
σ_s	Sannsynligheten for at tilstand $s \in S$ realiseres.
q_s	Etterspørsel etter varen i tilstand $s \in S$.
Q	Størrelse på bestilling.
p	Salgsprisen på en vare.
c	Bestillingskostnaden på en vare.
r	Kostnad av å avvise en kunde.
z	Skrapeverdien per vare.

Med alle variablene definert kan uttrykket for den risikonøytrale selgerens forventede profitt defineres som:

$$E\pi = (\mathrm{p}-c)Q - (p-z)\sum_s \sigma_s (Q-q_s)^+ - r\sum_s \sigma_s (q_s - Q)^+ \qquad (2\text{-}1)$$

$(Q-q_s)^+ = max(Q-q_s, 0)$, er en variabel som tar verdi $Q-q_s$ dersom $Q-q_s$>0. Dersom $Q-q_s$<0 tar variabelen verdi 0.

Det klassiske Newsvendor-problemet går ut på å maksimere den forventede profitten til den risikonøytrale selgeren. Med notasjonen i denne oppgaven vil det si å maksimere ligning (2-1) med hensyn på Q. Det er det samme problemet som i Khouja (1999), men forskjellen er at dette problemet er definert med diskret sannsynlighetsfordeling. Det første leddet i funksjonen sier hva netto salgsinntekter er dersom selgeren selger alle varene. Siden selgeren ikke vet hva etterspørselen vil bli, kan han risikere at den realiserte etterspørselen ligger under eller over hans bestilling.

Ledd nummer to representerer førstnevnte tilfelle. Når realisert etterspørsel er under bestillingen er det $(Q-q_s)^+$ varer han ikke får solgt til prisen p. Varene han ikke får solgt er nødt til å skrapes. Dette medfører en liten ekstra inntekt, eller utgift, z. Hvis z er positiv betyr det at selgeren kan gå til skraphandleren å motta prisen z for en overflødig vare, men prisen han får for den vil være mindre enn c. z kan også være negativ, i og med at det kan koste penger å kvitte seg med beholdningen.

Ledd nummer tre er kostnaden av å bestille for lite. Det skjer når realisert etterspørsel er større enn bestillingen, i tilstand s må selgeren avvise $(q_s-Q)^+$ kunder. For hver kunde som avvises må selgeren betale r. Kostnaden av å avvise kunder blir i denne oppgaven omtalt som underskuddskostnaden. Denne kostnaden er den psykologiske kostnaden av å avvise kunder, tap av omdømme og tapte fremtidige kunder.

Likning (2-1) danner grunnlaget for problemet som skal gjennomgås i denne oppgaven. I kapitlene som følger skal det klassiske Newsvendor-problemet utvides til et problem for konkurrerende tapsaverse selgere. I utvidelsen av problemet skal det sees bort fra skrapkostnaden, z=0, uten tap av generalitet. Det gjør ikke den numeriske løsningen vanskeligere, men ved å droppe z er det lettere å bygge opp intuitive argumenter.

2.2 Newsvendor-modellen med konkurranse

2.2.1 Tidligere litteratur på konkurranse i Newsvendor-problemet

Parlar (1988) var den første til å se på Newsvendor-problemet for to konkurrerende, risikonøytrale selgere. Han anvender spillteori til å analysere problemet og viser at det finnes en unik løsning i det konkurrerende problemet for to risikonøytrale selgere.

Lippman og McCardle (1997) utvider den konkurrerende modellen til å gjelde for flere selgere. Forfatterne utvikler nye metoder for å fordele etterspørselen på forskjellige selgere i Newsvendor-problemet. De finner at så lenge alle avviste kunder fortsetter jakten på produktet, vil konkurranse aldri føre til lavere bestilling for industrien som helhet.

Netessine og Rudi (2003) ser på Newsvendor problemet med flere aktører. Netessine og Rudi (2003) ser også på effekten av konkurranse. Det gjøres ved å analyser forskjellen av den sentraliserte og desentralisert bestillingsbeslutningen. Den desentraliserte bestillingen er bestillingen selgerne selv velger. Den sentraliserte beslutningen er den beslutningen en profesjonell beslutningstaker tar på vegne av begge selgere. Forfatterne finner at så lenge selgerne er identiske vil den sentraliserte bestillingen alltid være lavere enn den desentraliserte bestillingen.

Ovchinnikov et al. (2015) ser på hvordan virkelighetens avisselgere handler under konkurranse, i en laboratorisk undersøkelse. Forfatterne finner at virkelighetens selgere bestiller systematisk mindre enn det den optimal likevekten skulle tilsi.

2.2.2 Utvidelse av det klassiske problemet til to konkurrerende selgere

Hovedfokuset i denne oppgaven er å se på hvordan selgeren tilpasser seg i et marked med flere selgere. Selgerne i markedet selger produkter som er substitutter av hverandre. For enkelhets skyld antas produktene å være perfekte substitutter. Det betyr at kunden får like mye nytte av å konsumere varen som de forskjellige selgerne tilbyr. Det at det er flere selgere i markedet gjør at kundene har ulike muligheter til å oppdrive produktet på. Finner de ikke varen hos den ene selgeren kan de gå videre til neste selger.

Tradisjonelt sett vil konkurrenter i ett marked konkurrere enten direkte eller indirekte på pris. Det skjer ikke i markedet denne oppgaven ser på. Som i det klassiske problemet antas prisen å være satt på forhånd og etterspørselen påvirker ikke prisen (Khouja, 1999). Denne antakelsen er også vanlig i problemet som er utvidet til flere selgere, se (Lippman og McCardle, 1997). Industrietterspørselen, D, skal fordeles på selgerne i markedet.

$$D = \sum_{a} D_a$$
$$a \in A = \{a, \hat{a}\}$$

I denne oppgaven ses det på et marked med to individer, a og â. Selv om det kun ses på to individer i denne analysen vil det ikke være noe problem å utvide modellen til flere selgere.

Prisen er gitt og lik for alle selgerne, så den har ingen innvirkning på fordelingen av etterspørselen. Dermed må fordelingsmekanismen defineres før problemet kan settes opp. Hvordan fordelingen av etterspørselen blir definert varierer mellom forskjellige studier. I denne oppgaven brukes en fordelingsmekanisme som er inspirert av Parlar (1988). I Parlar (1988) var industrietterspørselen summen av selgernes etterspørselsfunksjon, der selgernes etterspørselsfunksjoner var uavhengige. I denne oppgaven endres fordelingsmekanismen litt ved å la etterspørselen til selgerne være korrelert.

Det er naturlig å tenke seg til at det er tilfeldig hvordan den initielle allokeringen av etterspørselen er. Det finnes alltid noen som er lojale mot sin forhandler, men folk flest vil velge butikk etter hva som er mest praktisk for dem. Hvor folkemassene strømmer på det aktuelle tidspunktet kan føre til en skjev fordeling av etterspørselen. Denne skjevheten i etterspørselen kan gi opphav til konkurranse. Modelleringen av den tilfeldige allokeringen kan gjøres på mange måter. I denne oppgaven bestemmes etterspørselen etter selgernes produkt av den stokastiske variabelen q_s.

$$D_a = q_s$$

Variabelen q_s viser hvor mange av kundene som kommer til selgeren først ved realisering av tilstand s. Dersom selgeren var eneste selger i markedet ville dette vært etterspørselen han sto ovenfor. I og med at det er to selgere i markedet behøver ikke det å være tilfellet. For dersom konkurrenten bestiller for få varer, blir han nødt til å avvise kunder. Flere av de avviste kundene vil da søke lykken hos selgeren. Det betyr at den faktiske etterspørselen selgeren står ovenfor kan være større enn q_s. Den faktiske etterspørselen til selgeren, R, vil da være:

$$R_a = q_s + \alpha(q_{\hat{s}} - Q_{\hat{a}})^+ \tag{2-2}$$

(Lippman og McCardle, 1997)

Når en konkurrerende selger har etterspørselsoverskudd, vil den faktiske etterspørselen etter selgeren sin vare være større enn den direkte etterspørselen. Årsaken til dette er at de avviste kundene til konkurrenten kommer over til selgeren. Mest sannsynlig vil ikke alle av konkurrentens avviste kunder komme til selgeren. Noen gir opp etter å ha mislyktes ved første forsøk. Andre er trofaste mot sin selger. Derfor sier man at en andel, α, av konkurrentens avviste kunder går videre til selgeren i håp om å finne produktet der. α=1 betyr at alle kundene som blir avvist vil gå videre til neste selger. Empiriske undersøkelser viser at α er mindre enn 1 (Gruen et al., 2002).Videre antas α å være 0.9, noe som betyr at 90% av de avviste kundene fortsetter jakten etter produkter. Parlar (1988) åpner for at α kan variere mellom selgerne. I denne oppgaven antas varene til selgerne å være perfekte substitutter og produktene er like tilgjengelige, dermed er det rimelig å anta at α er lik mellom selgerne.

Det at konsumentene kan gå mellom selgerne, gjør at etterspørselen som selgerne møter avhenger av størrelsen på konkurrentenes bestilling. Den faktiske etterspørselen etter selgerens produkt avtar med konkurrentenes bestilling. Dermed vil profitten til selgerne avhenge av hverandres bestilling. De avviste kundene fra konkurrentene kan påvirke profitten på to forskjellige måter. Enten reduserer de et eventuelt tilbudsoverskudd, eller så øker de et eventuelt etterspørselsoverskudd. Det førstnevnte tilfellet gir en profittøkning, mens sistnevnte gir en profittreduksjon.

Begge individene har et sett av mulig tilstander, henholdsvis S og $\hat{S}$, hvor $S = \hat{S}$. Profitten til selgeren avhenger av hvor stor etterspørselen etter produktet hans er. Etterspørselen som selgeren står overfor, R, avhenger av selgerens realiserte tilstand, men også konkurrentens realiserte tilstand. Utfallsrommet til selgeren er derfor det kartesiske produktet av tilstandssettene til selgerne:

$$\boldsymbol{S} = S \times \hat{S}$$

Utfallet avhenger av et par av realiserte tilstander $\boldsymbol{s} \in \boldsymbol{S}$. Hvert tilstandspar består av en kombinasjon av begge selgernes tilstander, $\boldsymbol{s} = (s, \hat{s}), hvor\ s \in S\ og\ \hat{s} \in \hat{S}$. Tilstand s skjer med sannsynlighet σ_s og $\hat{s}$ skjer med sannsynlighet $\sigma_{\hat{s}}$. For å finne sannsynligheten for at et bestemt tilstandspar, **s**, realiseres må en ta i bruk betinget sannsynlighet. $\sigma_{\hat{s}|s}$ er en betinget sannsynlighet som sier at gitt at tilstand s er realisert, hva er sannsynligheten for at tilstand $\hat{s}$ realiseres. Siden σ_s sier hva sannsynligheten er for å havne i tilstand s er og $\sigma_{\hat{s}|s}$ sier hva sannsynligheten for at $\hat{s}$ realiseres gitt at s er realisert, må produktet av disse sannsynlighetene si hva sannsynligheten er for at tilstandene inntreffer samtidig.

$$\sigma_{\boldsymbol{s}} = \sigma_s \sigma_{\hat{s}|s} = \sigma_{\hat{s}} \sigma_{s|\hat{s}}$$

Med bakgrunn i variablene som er definert i avsnittene over kan selgerens forventede profitten under konkurranse uttrykkes som følger:

$$E\pi_a = (p-c)Q_a - p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}\big(Q_a - R_a(\boldsymbol{s})\big)^+ - r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}(R_a(\boldsymbol{s}) - Q_a)^+ \qquad (2\text{-}3)$$

Dette er den forventede profitten som selgeren ønsker å maksimere. Denne forventede nytten vil variere med forskjellige sannsynlighetsfordelinger.

2.2.3 Modellering av sannsynlighet i denne modellen.

Ligning (2-3) viser den forventede profitten til selgeren i et konkurrerende marked. Den forventede profitten avhenger av sannsynligheten for realisering av tilstandspar, $\sigma_{\boldsymbol{s}}$. Denne ligningen sier imidlertid ingenting om sannsynligheten for realisering av de forskjellige tilstandsparene. Dette delkapittelet skal definere sannsynligheten for realisering av de forskjellige sannsynlighetsparene som brukes i denne oppgaven. I denne oppgaven antas realisering av tilstander å være korrelert.

$$Pr(\hat{s} = s|s) = Pr(s = \hat{s}|\hat{s}) = \rho, \quad \forall s$$

Sannsynligheten for at selgeren havner i samme tilstand som konkurrenten, gitt konkurrentens tilstand, er lik korrelasjonskoeffisienten, ρ. Sannsynligheten for at s og $\hat{s}$ inntreffer samtidig blir da:

$$Pr(s = \hat{s}) = \sigma_s * \rho = \sigma_{\hat{s}} * \rho, \quad \forall s, \hat{s}$$

Korrelasjonenskoeffisienten sier hva sannsynligheten er for å havne i samme tilstand som konkurrenten, gitt konkurrentens tilstand. Dermed vil sannsynligheten for å havne i en tilstand forskjellig fra konkurrentens realiserte tilstand være (1-ρ). Denne sannsynligheten fordeles på alle de forskjellige tilstandene. Det er naturlig å tenke at nabostilstander tillegges størst vekt. Siden denne oppgaven ikke operer med mer enn tre tilstander, ses det bort fra forskjellig vekting av de forskjellige tilstandene. Her antas det at sannsynligheten for å havne i en forskjellig tilstand er uniformt fordelt på alle de forskjellige tilstandene. Alle tilfeller med asymmetriske tilstander er like sannsynlig. Hver selger har identiske sett med N mulige fremtidige tilstander. Det betyr at hver enkelt tilstand i selgernes tilstandssett, har et tilsvarende motstykke i konkurrentens tilstandssett. Det innebærer at for hver tilstand i selgerens sett, finnes det N-1 forskjellige tilstander i konkurrentens sett.

$$Pr(s \neq \hat{s} | \hat{s}) = \frac{1}{N-1}(1-\rho)$$

Sannsynligheten for at konkurrenten havner i en annen tilstand enn selgeren er lik en minus korrelasjonskoeffisienten. Deler man på antall ulike sannsynligheter, finner man sannsynligheten for å havne i tilstand s gitt at konkurrenten er i en ulik tilstand. Basert på antakelsene over får man følgende uttrykk for at tilstand s og $\hat{s}$ inntreffer samtidig, når s og $\hat{s}$ er ulike:

$$Pr(\boldsymbol{s} = (s, \hat{s})) = \frac{1}{N-1}(1-\rho)\sigma_s = \frac{1}{N-1}(1-\rho)\sigma_{\hat{s}}, \quad s \neq \hat{s}$$

Sannsynligheten for realisering av tilstandspar tar to forskjellige verdier. En verdi for realisering av like tilstander og en verdi for realisering av ulike tilstander.

$$\sigma_{\boldsymbol{s}} = \begin{cases} \sigma_s \rho, & for \ s = \hat{s} \\ \dfrac{1}{N-1}(1-\rho)\sigma_s, & for \ s \neq \hat{s} \end{cases}$$

2.2.4 Metode for løsning av det risikonøytrale, konkurrerende problemet

Alle elementene som skal til for å løse problemet er forklart i avsnittene over. Hvordan problemet løses forklares i dette avsnittet.

Risikonøytrale selgere bestiller inn det kvantumet varer som maksimerer deres forventede profitt. Forventet profitt påvirkes av konkurrentens bestilling og dermed vil også optimal bestilling påvirkes av konkurrentens bestilling. Det vil ikke gå å løse problemene til selgerne hver for seg, siden selgernes optimale bestilling avhenger av konkurrentens bestilling. I litteraturen blir problemet løst ved hjelp av spillteori (Parlar, 1988, Lippman og McCardle, 1997, Netessine og Rudi, 2003) og det gjøres også her.

Kort forklart er spillteori er en retning innenfor økonomien som anvendes for å analysere strategiske situasjoner mellom forskjellige aktører. I spillteori omtales en strategisk situasjon som et spill og dens aktører kalles spillere. Et spill består av minimum to spillere, der hver spiller har et sett av strategier. Nytten spillerne mottar fra valget av en gitt strategi avhenger av motspillerens valg av strategi. Et spill har potensielt mange utfall. Ved hjelp av spillteori kan man predikere de utfallene som er mest sannsynlige (Fudenberg og Tirole, 1991).

Problemet som skal løses i denne teksten består av to selgere som skal velge bestillingen som maksimerer deres forventede nytte. På spillform blir det et spill bestående av to spillere, selgeren (merket med senket a) og konkurrenten (merket med senket â). Spillernes strategier er deres valg av bestillingen. Der selgeren velger $Q_a \in [q_1, q_N]$, og konkurrenten velger $Q_{\hat{a}} \in [q_1, q_N]$. Utfallet av spillet er selgernes forventede nytte. Selgeren velger strategi for å maksimere sin forventede nytte, $EU_a(Q_a, Q_{\hat{a}})$, dette er en størrelse som varierer med konkurrentens valg av strategi. Tilsvarende er utfallet til konkurrenten $EU_{\hat{a}}(Q_a, Q_{\hat{a}})$.

For å løse dette spillet anvendes et løsningskonsept fra spillteorien, Nash-likevekten (Nash, 1951). En Nash-likevekt er en situasjon der ingen spiller kan oppnå en gevinst ved å avvike fra sin strategi, gitt motstanderens valg av strategi. Nicholson og Snyder (2012) gir en mer formell definisjon av en Nash-likevekt for to spillere. Begge spillerne har et sett med strategier T_1 og T_2. (t_1^*, t_2^*) er en Nash-likevekt dersom ingen av spillerne kan oppnå høyere nytte av å velge en annen strategi, gitt motstanderens strategi. Kravet for en Nash-likevekt kan formuleres på følgende vis,

$$u_1(t_1^*, t_2^*) \geq u_1(t_1, t_2^*)\ for\ alle\quad t_1 \in T_1$$
$$u_2(t_1^*, t_2^*) \geq u_2(t_1^*, t_2)\ for\ alle\quad t_2 \in T_2$$

Spillerne ønsker å maksimere deres forventede nytte gitt motstanderens valg av strategi. Risikonøytrale selgeres forventede nytte er det samme som den forventede profitten. Ligning (2-3) viser selgerens forventede nytte, det er den han er interessert i å maksimere.

$$\max_{Q_a}(p-c)Q_a - p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}\big(Q_a - R_a(\boldsymbol{s})\big)^+ - r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}(R_a(\boldsymbol{s}) - Q_a)^+ \qquad (2\text{-}4)$$

Bestillingen som maksimerer dette uttrykket er betinget på konkurrentens bestilling. Det finnes minst en optimal respons til alle konkurrentens bestillinger. Om en maksimerer funksjonen over for alle mulige verdier av konkurrentens bestilling, finner man selgerens beste respons til alle av konkurrentens mulige strategier. Funksjonen som viser selgerens beste respons til alle strategiene til konkurrenten er kalt en reaksjonskurve.

$$Q_a(Q_{\hat{a}}) = BR_a(Q_{\hat{a}}) \quad \forall\ Q_{\hat{a}} \in [q_1, q_N]$$

Reaksjonskurven viser selgerens beste respons, BR, til alle mulige strategier som konkurrenten har. En Nash-likevekt oppnås når selgernes reaksjonskurve er lik konkurrentens reaksjonskurve. Det betyr at i likevekt er begge aktørenes strategier den beste responsen til motspillerens strategi.

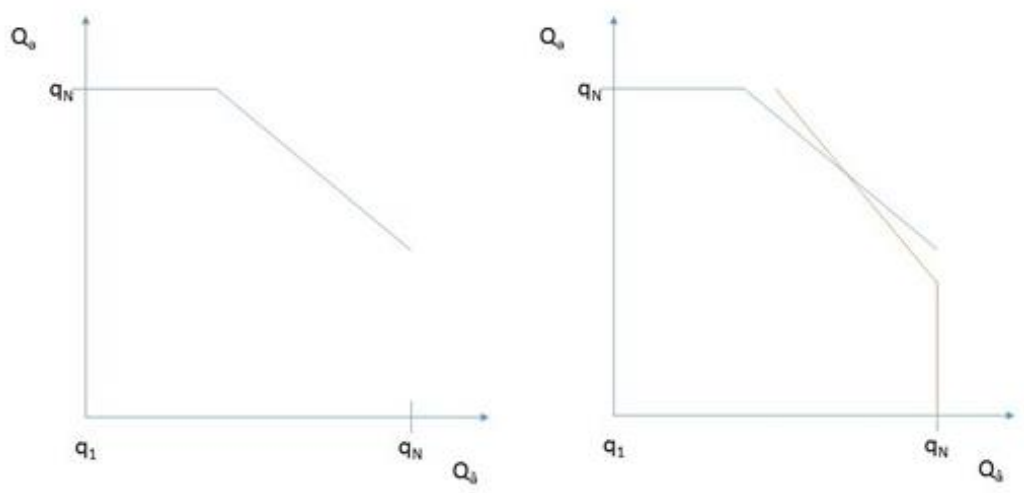
$$Q_a^*(Q_{\hat{a}}) = BR_a\big(BR_{\hat{a}}(Q_a)\big)$$

(Nicholson og Snyder, 2012)

Det er to krav som må oppfylles for å oppnå en unik Nash-likevekt:

1. α må være mindre enn en.
2. Selgeren kan kun ha ett optimalt bestillingskvantum i tilsvarende marked uten kundestrømmer mellom selgerne, det vil si når α er lik null.

Måten strategien til konkurrenten påvirker selgerens optimale strategi er gjennom de avviste kundene. De avviste kundene til konkurrenten øker etterspørselen etter selgerens produkt. Denne ekstra etterspørselen gir ytterlige insentiver til å øke bestillingen.



Figur 2-1: Reaksjonskurvene til selgerne

Figuren over viser eksempler på reaksjonskurver for Newsvendor-problemet for to risikonøytrale selgere. Reaksjonskurvene vil se annerledes ut for forskjellige kostnadsnivåer. Figuren til venstre viser selgernes optimale bestilling gitt konkurrentens bestilling. Som en kan se av figuren vil bestillingen maksimeres for veldig lave bestillinger hos konkurrenten. I området før knekken maksimerer selgeren bestillingen for å få maksimalt ut av konkurrentens avviste kunder, men selgeren vil aldri finne det optimalt å øke bestillingen utover det. Etter knekken vil ikke lenger maksimering av bestillingen føre til full utnyttelse av de avviste kundene. Øker konkurrenten bestillingen med en enhet da, mister selgeren potensielt α av konkurrentens avviste kunder. For optimal utnyttelse av de avviste kundene vil derfor en bestillingsøkning på en enhet av konkurrenten bli møtt med en bestillingsreduksjon på α av selgeren. Helningen på denne kurven er da –α etter knekken.

Ved å tegne både selgerens og konkurrentens reaksjonskurve i samme diagram kan en se de rene Nash-likevektene, illustrert ved de to reaksjonsfunksjonenes felles punkter. Så lenge de to listede kravene er oppfylt vil det kun finnes et felles punkt, noe som betyr at det eksisterer en unik Nash-likevekt. I Nash-likevekten er bestillingen til de to selgerne identiske.

Selgerne ønsker å maksimere maksimeringsproblemet fra ligning (2-4). Problemet løses her som et lineært program. Før det lineære programmet løses er det hensiktsmessig å definere noen hjelpevariabler, $X(s_a, s_{\hat{a}})$ og $Y(s_a, s_{\hat{a}})$.

$$\left(Q_a - R_a(\boldsymbol{s})\right)^+ = X_a(\boldsymbol{s}) \quad og \quad (R_a(\boldsymbol{s}) - Q_a)^+ = Y_a(\boldsymbol{s}) \tag{2-5}$$

Hvor $X_a(\boldsymbol{s})$ er variabelen som beskriver hvor mange varer selgeren har til overs når tilstandene $s\ og\ \hat{s}$ blir realisert. På samme måte viser $Y_a(\boldsymbol{s})$ hvor mange varer selgeren mangler ved realisering av tilstandsparet **s**. Med den nye notasjonen kan problemet uttrykkes som følger:

$$\max_{\substack{Q_a, X_a(\boldsymbol{s}),, \\ Y_a(\boldsymbol{s}), \forall \boldsymbol{s}}} (p - c)Q_a - p \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} X_a(\boldsymbol{s}) - r \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} Y_a(\boldsymbol{s}) \tag{2-6}$$

Under sidevilkårene:

$$\begin{gathered} Q_a \leq q_N \\ Q_a - R_\mathrm{a}(\mathbf{s}) \leq X_a(\boldsymbol{s}) \quad \forall\ \mathbf{s} \\ R_\mathrm{a}(\mathbf{s}) - Q_a \leq Y_a(\mathbf{s}) \quad \forall\ \mathbf{s} \\ Q_a, X_a(\mathbf{s}), Y_a(\mathbf{s}) \geq 0, \quad \forall\ \mathbf{s} \end{gathered}$$

I dette programmet er $Q_{\hat{a}}$ en eksogent gitt variabel. Dermed vil resultatet av dette programmet kun gi selgerens optimale respons til en tilfeldig valgt $Q_{\hat{a}}$. Over illustrerte vi at det finnes en unik Nash-likevekt dersom alfa er mindre enn en og dersom selgeren ikke er indifferent til flere bestillingsnivåer uten kundeflyt. Den unike Nash-likevekten oppnås ved symmetrisk bestilling. Nash-likevekten identifiseres derfor ved å variere konkurrentens bestilling frem til selgerens optimale bestilling er lik den eksogene bestillingen til konkurrenten.

2.2.5 Indifferens problem

Det ble i avsnitt 2.2.4 nevnt to krav som må være oppfylt for at det skal finnes en unik Nash-likevekt.:

1. α må være mindre enn en.
2. Selgeren kan kun ha ett optimalt bestillingskvantum i tilsvarende marked uten kundestrømmer mellom selgerne, det vil si når α er lik null.

Den første betingelsen er enkel å oppfylle, α er en konstant og kan defineres etter eget ønske. Den andre betingelsen er derimot vanskeligere å oppfylle. I denne modellen er det tre tilstander. Dersom det ikke er noen flyt av kunder mellom selgerne, vil det si at etterspørselen kan ta tre verdier. Minst en av disse tre verdiene må være en optimal bestilling. Dersom selgeren er indifferent til to av disse verdiene, er han også indifferent til alle bestillingskvantaene mellom de to verdiene. I og med at selgerne har like risikopreferanser og forventninger til fremtidig etterspørsel, vil begge være indifferente til alle kvantum i intervallet dersom en er det. Hvis så er tilfellet vil det ikke finnes en ren Nash-likevekt i tilfellet hvor alfa er større enn null.

Hvis selgerne er indifferente til alle kvanta i intervallet, q_2-q_3, for α lik null, vil det ikke finnes en unik likevekt for α større enn null. Dersom konkurrentens bestilling er q3 vil det ikke være noen flyt av kunder fra konkurrenten til selgeren. Dermed er selgeren indifferent til å spille alle kvantum i intervallet. Når konkurrentens bestilling faller under q3, vil ikke lenger de laveste verdien i intervallet være optimal respons, det fordi selgeren da går glipp av en forventet salgsinntekt ved å bestille så lite. Jo mindre bestillingen til konkurrenten er desto mindre blir intervallet.

$$Q_{\alpha}^{*} \in [q_2 + \alpha(q_3 - Q_{\hat{\alpha}}), q_3], \quad for \quad 0 < \alpha < 1$$

Dette intervallet er på sitt minste når konkurrentens bestilling er lik q2, men det gir fortsatt ikke en unik Nash-likevekt.

$$q_2 + \alpha(q_3 - \mathrm{q}_2) < q_3, \quad for \quad 0 < \alpha < 1$$

I denne oppgaven sammenlignes løsninger for forskjellige kostnadsnivåer. For de fleste kostnadskombinasjoner finnes det en unik Nash-likevekt, men når indifferensproblemet er gjeldende må en likevekt velges. Regelen for valg av Nash-likevekt ved flere Nash-likevekter er å velge den symmetriske Nash-likevekten med det høyeste bestillingskvantumet. Det er ikke et stort problem i denne modellen, men det er noen tilfeller der indifferensproblemet oppstår.

2.3 Problemet for to selgere som samarbeider.

I underkapittel 2.2 ble Newsvendor-problemet for to konkurrerende selgere utledet. I dette underkapittelet skal det formuleres et problem som gjelder for to samarbeidende selgere. Samarbeid kan for eksempel skje ved sammenslåing av selgere. Hvilke gevinster selgerne oppnår ved et samarbeid er avhengig av hvordan samarbeidet er definert.

I denne oppgaven inngår de to selgerne en samarbeidsavtale. Denne samarbeidsavtalen spesifiserer hvordan internhandelen av overflødige varer skal foregå. Internhandelen er handelen som foregår mellom selgerne når den ene selgeren har etterspørselsoverskudd, mens den andre har tilbudsoverskudd. I denne oppgaven antas det at alle ledige varer overføres til selgeren med etterspørselsoverskudd. Samarbeidsavtalen sier hvordan selgerne skal dele den ekstra inntekten som følger av internhandelen.

Den forventede ekstra inntekten fra internhandelen, er lik om det er selger a eller selger â som har etterspørselsoverskudd. Det følger av at selgerne er identiske. Dermed vil ikke forventet profitt endres med fordelingen så lenge fordelingen er rettferdig. H er den forventede inntekten som følger av internhandelen når selger a har tilbudsoverskudd. Dermed må også H være den forventede inntekten som følger av internhandelen når selger â har tilbudsoverskudd. Fordelingen er rettferdig så lenge selgeren som sitter på varene som er til overs blir kompensert med en andel β av den ekstra inntekten som kommer av handelen, hvor $\beta \in [0,1]$. Selgerens forventede inntekt fra internhandelen vil derfor være det vektede gjennomsnittet av den forventede kompensasjonen han får når han har etterspørselsoverskudd og når han har tilbudsoverskudd.

$$\beta H + (1 - \beta)H = H \quad \forall \beta$$

Fordelingen av profitten fra handelen har altså ingenting å si for forventet profitt. Men det kan ha noe å si for kredibiliteten til samarbeidsavtalen. Finnes det insentiver til å avvike fra samarbeidet kan individene avvike, med mindre de har inngått en bindende avtale.

I samarbeidsavtalen i denne oppgaven vil selgeren med tilbudsoverskuddet bli kompensert med prisen, p, per enhet som den trengende selgeren kjøper. Den trengende selgeren vil da selge varen videre til prisen, p. Han vil da oppnå en gevinst på r siden han da avviser en kunde mindre.

Den faktiske etterspørselen som selgeren står ovenfor ser litt annerledes ut under samarbeid sammenlignet med etterspørselen under konkurranse. Den ekstra etterspørselen kommer ikke lenger fra naboselgerens avviste kunder, men fra naboselgeren direkte. Naboselgeren vil ikke etterspørre varene til selgeren med mindre han vet at selgeren har overskuddsetterspørsel. Det er kun når selgeren har overskudd av varer og naboselgeren har underskudd av varer at den faktiske etterspørselen som selgeren står ovenfor er større enn den direkte etterspørselen.

$$R_a^c(\boldsymbol{s}) = q_s + min((q_{\hat{s}} - Q_{\hat{a}})^+, (Q_a - q_s)^+) \qquad (2\text{-}7)$$

Det er også verdt å legge merke til at det ikke lenger er noen substitusjonskonstant, da den er satt til 1. Det er ikke lenger kundene som går mellom selgerne, men overflødige varer som overføres til selgeren med for få varer. Dersom varen ikke er å oppdrive hos den ene selgeren finnes den heller ikke hos den andre selgeren. Dette er kundene innforstått med og slipper derfor å bestemme seg for om han vil gå til neste selger eller ikke.

Med det nye uttrykket for den faktiske etterspørselen kan tapte salgsinntekter uttrykkes som $p\big(Q_a - R_a^c(\boldsymbol{s})\big)^+$. Dette er identisk med det som ble gjort i (2-3). Modelleringen av underskuddskostnadene blir derimot litt annerledes. Siden naboselgeren ikke vil etterspørre varene til selgeren med mindre selgeren har tilbudsoverskudd, må følgende sammenheng gjelde:

$$r(R_a^c(\boldsymbol{s}) - Q_a)^+ = r(q_s - Q_a)^+$$

Uttrykket over viser underskuddskostnadene selgerne må betale ved realisering av tilstand s, om en ikke tar internhandelen med i betraktningen. Denne summen kan bli mindre dersom naboselgeren har tilbudsoverskudd. Da kan selgeren kjøpe ledige varer av naboselgeren og dermed redusere etterspørselsoverskuddet. Det betyr at underskuddskostnaden som selgeren står ovenfor ved realisering av tilstandsparet **s** er:

$$r((q_s - Q_a)^+ - min((Q_{\hat{s}} - q_{\hat{s}})^+, (q_s - Q_a)^+))$$

Med disse formuleringene kan den forventede profitten til selger a under samarbeid uttrykkes.

$$E\pi_a = (p-c)Q_a - p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}\big(Q_a - R_s^c(\boldsymbol{s})\big)^+ \\ - r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}((q_s - Q_a)^+ - min((Q_{\hat{s}} - q_{\hat{s}})^+, (q_s - Q_a)^+)) \tag{2-8}$$

Denne formuleringen er litt vanskelig å forholde seg til. Derfor kan det være fordelaktig å forenkle uttrykket ved å separere handelseffektene fra kostnadsuttrykkene. Forskjellen er da at handelen blir sett på som en ekstra inntekt i stedet for en kostnadsreduksjon. En slik forenkling endrer ikke resultatet, men gjør problemet lettere håndterlig.

$$E\pi_a = (p-c)Q_a - p\sum_s \sigma_s\big(Q_a - q_{s_a}\big)^+ - r\sum_s \sigma_s(q_s - Q_a)^+ \\ + p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}\, min((Q_a - q_s)^+, (q_{\hat{s}} - Q_{\hat{a}})^+) \\ + r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}\, min((Q_{\hat{a}} - q_{\hat{s}})^+, (q_s - Q_a)^+) \tag{2-9}$$

2.3.1 Metode for løsning av det samarbeidende, risikonøytrale problemet

Ligning (2-9) legger grunnlaget for maksimeringsproblemet som skal løses. Selgernes forventede profitt er identisk og vi skal finne bestillingen som maksimerer summen av den forventede profitten til selgerne i koalisjonen. Maksimeringsproblemet løses som et lineært program. For å formulere det lineære programmet på en enklest mulig måte defineres noen hjelpevariabler.

$$\begin{aligned} X_a(s) &= (Q_a - q_s)^+, \quad \forall\, s \\ Y_a(s) &= (q_s - Q_a)^+, \quad \forall\, s \\ t_a(\boldsymbol{s}) &= min((Q_a - q_s)^+, (q_{\hat{s}} - Q_{\hat{a}})^+), \qquad \forall\, \boldsymbol{s} \\ h_a(\boldsymbol{s}) &= min((Q_{\hat{a}} - q_{\hat{s}})^+, (q_s - Q_a)^+), \qquad \forall\, \boldsymbol{s} \end{aligned} \tag{2-10}$$

Med den nye notasjonen kan den forventede profitten formuleres på følgende vis:

$$E\pi_a = (p-c)Q_a - \sum_s \sigma_s\big(pX_a(s) + rY_a(s)\big) + \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}\big(pt_a(\boldsymbol{s}) + rh_a(\boldsymbol{s})\big) \quad \text{(2-11)}$$

En koalisjon av risikonøytrale selgere er interessert i å maksimere den samlede forventede profitten. Dermed blir koalisjonens maksimeringsproblem:

$$\max_{\substack{Q_a, X_a(s), Y_a(s),\\ h_a(\boldsymbol{s}), t_a(\boldsymbol{s}), \forall a, \boldsymbol{s}}} \sum_a (p-c)Q_a - \sum_a \sum_s \sigma_s\big(pX_a(s) + rY_a(s)\big) + \sum_a \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}\big(pt_a(\boldsymbol{s}) + rh_a(\boldsymbol{s})\big) \quad \text{(2-12)}$$

Under sidevilkår:

$$\begin{gathered}
Q_a \leq q_N, \quad \forall\, a \\
X_a(s_a) \geq Q_a - q_s, \quad \forall\, a, s \\
t_a(\boldsymbol{s}) \leq X_a(s), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s} \\
t_a(\boldsymbol{s}) \leq Y_{\hat{a}}(\hat{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s} \\
h_a(\boldsymbol{s}) \leq X_{\hat{a}}(\hat{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s} \\
h_a(\boldsymbol{s}) \leq Y_a(s), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s} \\
Q_a, X_a(s), Y(s), t_a(\boldsymbol{s}), h_a(\boldsymbol{s}) \geq 0, \quad \forall\, a, \boldsymbol{s} \\
Q_a - X_a(s) + Y_a(s) = q_s, \quad \forall\, a, s
\end{gathered}$$

2.4 Numeriske resultater

I dette underkapittelet vil problemene som er formulert i underkapittel 2.2 og 2.3 bli løst numerisk. For å løse maksimeringsproblemene i de nevnte avsnittene numerisk, må de markedsspesifikke konstantene defineres. For at det skal være mulig å sammenligne resultatene fra det konkurrerende Newsvendor-problemet og det samarbeidende Newsvendor-problemet må de markedsspesifikke konstantene defineres likt i de to problemene. Som tidligere nevnt er tre markedsspesifikke konstanter like i de forskjellige problemene, det er p, c og r.

- Prisen, p, normaliseres til 1. Det betyr at alle kostnadene kan tolkes som relative størrelser til prisen.
- Bestillingskostnadene tar hver 0.05te verdi fra 0 til 1, $c \in [0{,}0.05{,}0.1 \ldots 1]$.
- Underskuddskostnadene, r, tar tre verdier, 0.1, 0.2 og 0.4.

I tillegg til disse felles konstantene finnes det også en konstant som er spesifikk for det konkurrerende Newsvendor-problemet. Substitusjonskonstanten forsvinner når de to selgerne samarbeider. Dermed er ikke definisjonen av α viktig for å løse problemet for de samarbeidende selgerne, men den er helt avgjørende for løsningen av problemet for de konkurrerende selgerne.

- Substitusjonskonstanten, α, antas å være 0.9.

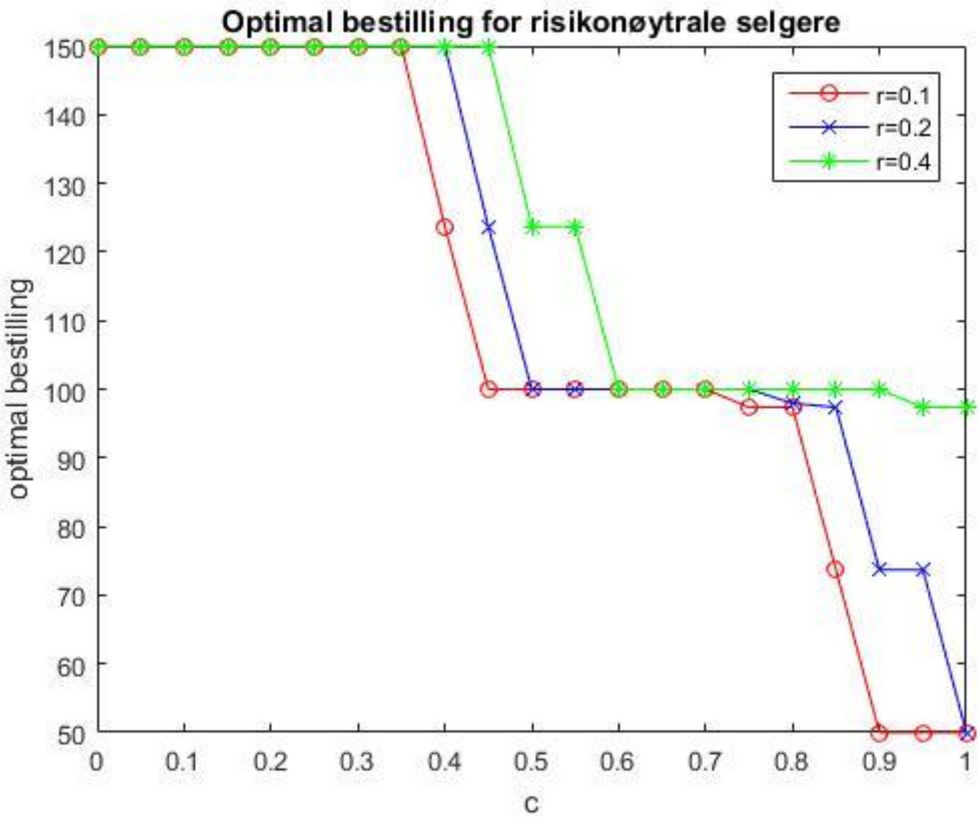
Med alle konstantene definert kan maksimeringsproblemene løses numerisk. Den første numeriske løsningen som blir presentert vil være det konkurrerende problemet, da dette er hovedresultatet i kapittelet. Deretter følger en kort numerisk illustrasjon av problemet for samarbeidende selgere og en sammenligning av tilpasning under samarbeid og konkurranse.

De lineære programmene fra underkaptittel 2.2 og 2.3 løses for alle mulige kombinasjoner av de definerte markedsspesifikke konstantene. For å løse dette brukes matteprogrammet Matlab og kommandoen Linprog[1]. Løsningen for de forskjellige konstantkombinasjonene plottes så inn i et diagram. Løsningen vil altså bli presentert grafisk, hvor hvert markerte punkt er en løsning for en bestemt kombinasjon av konstanter.

2.4.1 Resultater for det konkurrerende problemet

I figuren under vises den optimale bestillingen til en risikonøytral selger som konkurrerer mot en annen selger. Langs de forskjellige grafene er underskuddskostnadene, mens bestillingskostnadene øker ved bevegelse fra venstra mot høyre i diagrammet. Hvert markerte punkt i diagrammet representerer løsningen for en unik kombinasjon av kostnader.

[1] Se appendiks for fullstendig koding



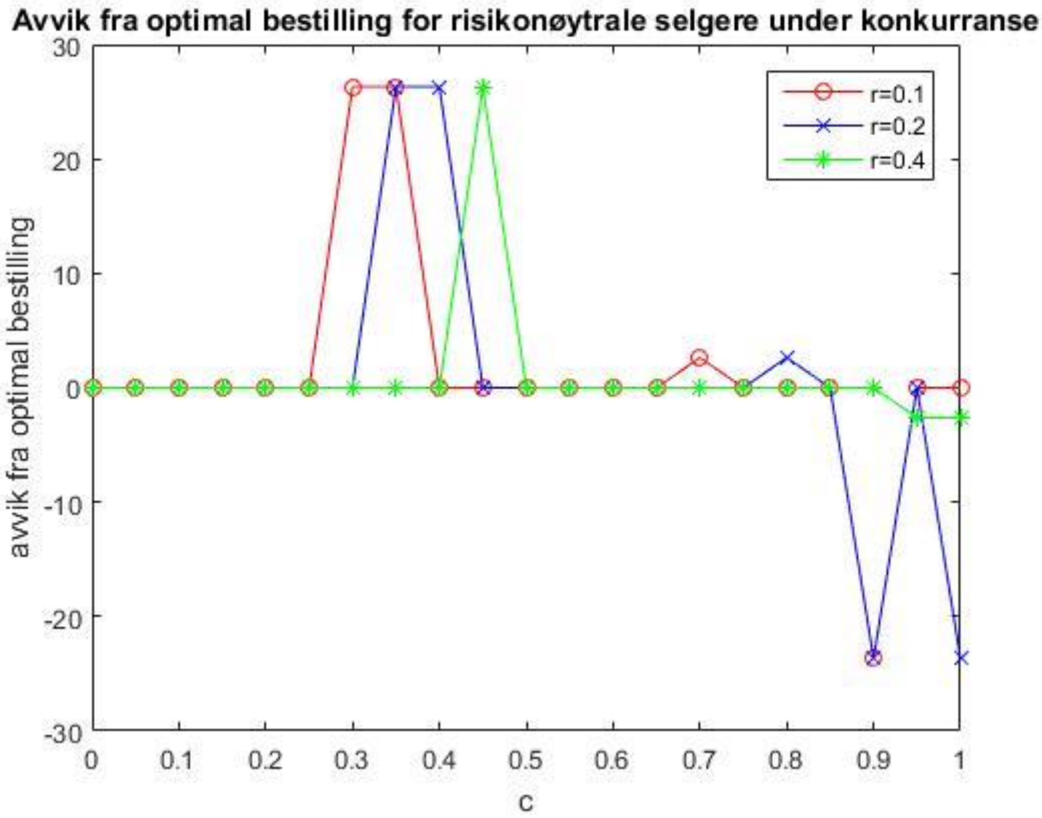
Figur 2-2: Optimal bestilling for en risikonøytral selger under konkurranse

Figuren viser at den optimale bestillingen hos den konkurrerende risikonøytrale selgeren faller i c, mens den øker i r. Dette virker rimelig, da c er kostnaden for å bestille for mye, mens r er kostnaden av å bestille for lite. Øker kostnaden av å bestille for mye øker insentivene til å redusere bestillingen, alt annet likt. Øker kostnaden av å bestille for lite, øker insentivene til å bestille mer, alt annet likt.

Etterspørselen etter selgerens produkt faller med konkurrentens bestilling, og omvendt. Under konkurranse vil ikke selgerne ta hensyn til effekten som deres strategi har på konkurrentens forventede profitt. En slik mangel på hensyn kan føre til en Nash-likevekten som ikke gir maksimal forventet profitt for noen av. I figuren under illustreres suboptimale Nash-likevekter. Måten det gjøres på er å sammenligne den konkurrerende Nash-likevekten med bestillingen som en sentral beslutningstaker ville valgt. Den sentrale beslutningstakeren kan tolkes som en profesjonell beslutningstaker, med mandat om å maksimere den forventede nytten til begge selgerne. Figuren under viser differansen mellom bestillingen under konkurranse og bestillingen som er valgt av den sentrale beslutningstakeren[2].

[2] Utledningen og utregning av den sentraliserte beslutningen finnes i Appendiks

$$Avvik\ fra\ optimal\ bestilling = Q_a^{konkurranse} - Q_a^{optimal}$$



Figur 2-3: En risikonøytral selgers avvik fra profittmaksimerende bestilling under konkurranse

Figuren over illustrere hvordan konkurrerende selgere kan avvike fra kvantumet som maksimerer deres samlede forventede nytte. Avvikene er både positive og negative, noe som impliserer at konkurranse fører til bestillinger som er større og mindre enn det som er optimalt. Når bestillingskostnadene er små bestiller konkurrerende selgere for mye i forhold til optimal bestilling, mens de bestiller for lite når bestillingskostnaden er stor.

Nash-likevekten gir ikke alltid de optimale bestillingene. For lave bestillingskvantum er avvikene positive. Det betyr at konkurrerende selgere bestiller for mye. I tilfeller hvor den konkurrerende bestillingen er høyere enn optimalt vil selgeren ved å redusere bestilling sin øke den forventede etterspørselen etter konkurrentens produkt og med det øke konkurrentens forventede profitt. Dersom begge reduserer bestillingene vil begge selgeres forventede profitt øke. Men siden det kun er konkurrenten som tjener på at selgeren reduserer sin bestilling, vil han ikke redusere bestillingen. Det som skjer kan sees på som en form for fangenes dilemma.

	Q^{opt}	$Q^{konkurranse}$
Q^{opt}	2,2	0,3
$Q^{konkurranse}$	3,0	1,1

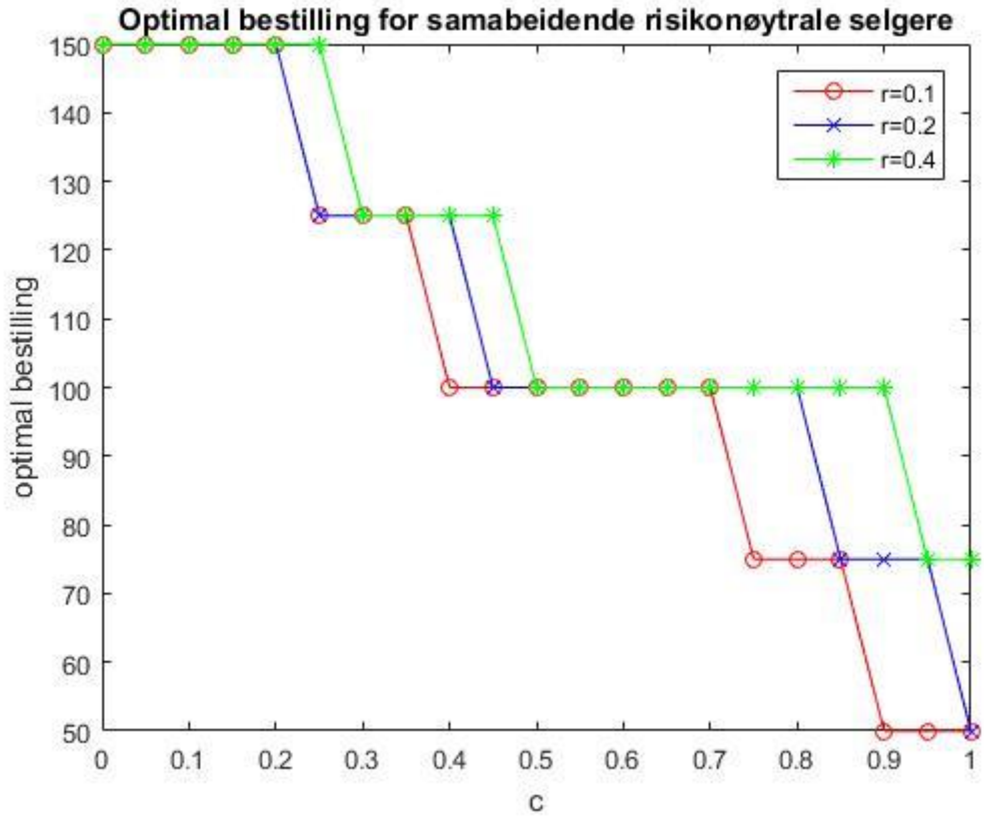
Figur 2-4: Forenklet spillmatrise i det konkurrerende markedet

Spillmatrisen over illustrer en situasjon der bestillingen under konkurranse er større enn bestillingen som maksimerer selgernes samlede nytte. Når begge spiller det optimale kvantumet, maksimeres den totale forventede profitten. Begge får en pay-off på to. Men som vi ser av matrisen over vil selgeren ha insentiver til å avvike fra den optimale bestillingen. For gitt at konkurrenten bestiller det optimale kvantumet vil selgeren oppnå høyere pay-off ved å øke bestillingen til $Q^{konkurranse}$. Dersom konkurrenten derimot spiller $Q^{konkurranse}$ vil selgerens beste respons også være å spille $Q^{konkurranse}$. Uansett hva konkurrenten måtte spille, vil $Q^{konkurranse}$ være den beste responsen til selgeren. På samme måte vil konkurrentens beste strategi være å spille $Q^{konkurranse}$ uavhengig av selgerens valg av strategi.

Avviket er negativt når bestillingskostnadene er store. Argumentasjonen er den samme som over, men utfallet blir omvendt. Begge spillerne ville vært tjent med en koordinert økning i bestillingene. En slik koordinering vil imidlertid ikke skje fordi begge spillernes dominante strategi vil være å bestille $Q^{konkurranse} < Q^{opt}$. Gitt motspilleren sin bestilling vil det alltid være beste respons å bestille $Q^{konkurranse}$.

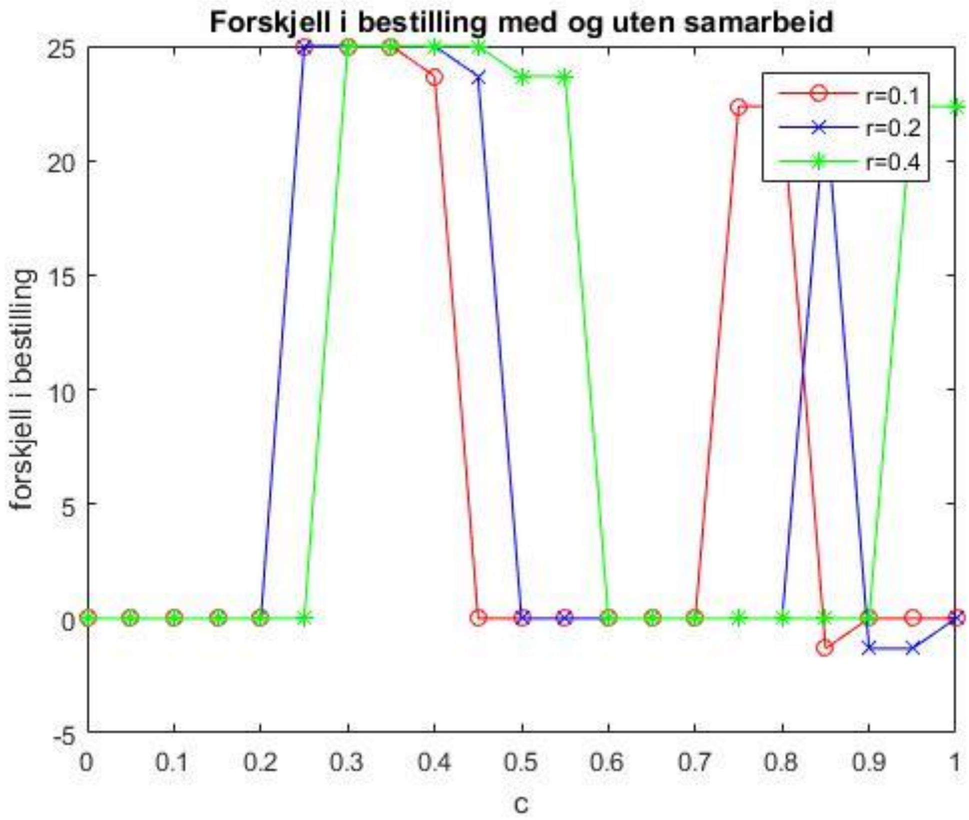
2.4.2 Effekten av et samarbeid

I dette avsnittet blir det sett på løsningen av det samarbeidende problemet. Samtidig vil det bli sett på hvordan løsningen til en risikonøytral selger endres ved å gå fra konkurranse til samarbeid. Figuren under viser hvordan den optimale bestillingen er per selger i koalisjonen for forskjellige verdier av c og r. I og med at selgerne er identiske vil også bestillingen deres være lik.



Figur 2-5: Optimal bestilling for samarbeidende selgere

Den optimal bestillingen faller i c og øker i r, som den også gjorde under konkurranse. Det som er interessant å se er hvordan selgerens bestilling endrer seg ved et samarbeid. I figuren under vises forskjellen i den optimale bestillingen mellom en selger i konkurranse og en selger i en koalisjon. Forskjellen er uttrykt som, $Q_a^{konkurranse} - Q_a^{koalisjon}$.

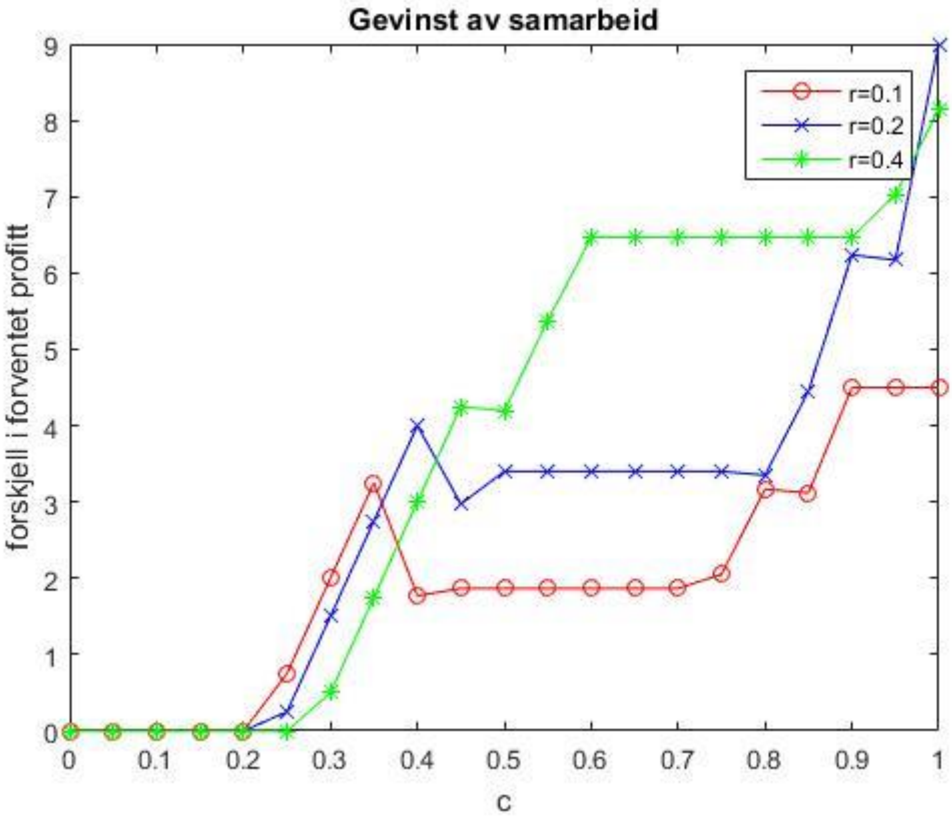


Figur 2-6: Forskjell på risikonøytrale selgeres bestilling med og uten samarbeid

Som figuren over viser er de fleste punktene positive, noe som betyr at konkurrerende selgere bestiller mer enn samarbeidende selgere. Men det er noen punkter under 0, hvilket betyr at samarbeidende selgere kan bestille mer enn konkurrerende selgere. Dette henger sammen med resultatet fra figur 2-3, når bestillingen blir stor vil konkurrerende selgere bestille mindre enn det som er optimalt.

Resultatet over sier hva forskjellen i bestillingen til konkurrerende selgere og samarbeidende selgere er, men det er også interessant å vite hva selgerne tjener på et samarbeid. Gevinsten av samarbeidet måles i hvor mye den forventede nytten til selgeren øker ved å gå fra et konkurrerende marked til et samarbeidende marked. For risikonøytrale selgere er den forventede nytten det samme som den forventede profitten.

$$verdi\ av\ samarbeid = E\pi_a^{samarbeid} - E\pi_a^{konkurranse}$$



Figur 2-7: Gevinsten av samarbeid for risikonøytrale selger

Figuren over viser at selgerne er tjent med å samarbeide. Den forventede profitten er minst like stor under konkurranse som under samarbeid. Det at de samkjører bestillingen gjør at de alltid velger det kvantumet som maksimerer den totale profitten i markedet.

I tillegg til at selgerne alltid velger det optimale kvantumet under samarbeid, finnes det også andre gevinster av samarbeidet. For det første vil ikke kunder lenger bli avvist to ganger. Det gir en reduksjon i den forventede overskuddsetterspørselen og dermed en reduksjon i de forventede kostnadene. Når de to selgerne ikke samarbeider vil konkurrentens overskuddsetterspørsel øke underskuddskostnaden dersom den ekstra etterspørselen øker overskuddsetterspørselen hos selgeren. Da må selgeren avvise flere kunder og kostnadene hans øker.

$$r \sum_{s} \sigma_s \left(\alpha (q_{\hat{s}} - Q_{\hat{a}})^+ - (Q_a - q_s)^+ \right)^+$$

Uttrykket over viser den forventede kostnaden overskuddsetterspørselen til konkurrenten påfører selgeren. Denne kostnaden forsvinner under samarbeid, fordi under samarbeid vil ikke kunder kunne avvises to ganger. Kunden vet at hvis han ikke finner varen hos selgeren finnes den ikke på markedet.

For det andre vil nå selgeren med overskuddsetterspørsel kunne tjene på at naboselgeren har ledige varer. Ved en internhandel vil selgeren med for få varer kjøpe ledige varer fra naboselgeren til en pris p, for så å videreselge den til prisen p. Det gir selgeren som har bestilt for få varer en gevinst på r per ekstra vare han får solgt. Det gir følgende gevinst:

$$r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}\, min((Q_{\hat{a}} - q_{\hat{s}})^{+}, (q_s - Q_a)^{+})$$

For det tredje selges det flere varer. Selgeren med de ledige varene blir kompensert med p per enhet han selger til naboselgeren. Under konkurranse ville en andel av de avviste kundene til konkurrentene komme å kjøpe ledige varer til prisen p. Forskjellen under samarbeid og konkurranse er at den forventede etterspørselen etter ledige varer øker under samarbeid. Det betyr at det forventes å selge flere varer for gitte bestillinger under samarbeid. Gevinsten av denne effekten vises ved å se på reduksjonen i forventede tapte salgsinntekter ved å gå fra konkurranse til samarbeid.

$$p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_s (Q_a - q_s - \alpha(q_s - Q_a)^{+})^{+} - p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} (Q_a - q_s - min((q_s - Q_a)^{+}, (Q_a - q_s)^{+}))^{+} > 0$$

2.5 Forslag til modellutbedring

Etter å ha jobbet med problemet for de samarbeidende selgerne har jeg kommet frem til en metode som kanskje kan være enklere og bedre. I stedet for å bestille inn to store separate varekvantum, kan selgerne bestille inn et felles varekvantum. Basert på forventningene selgerne har om fremtidig etterspørsel, bestiller de in ett kvantum varer. Denne beholdningen holdes på et sentralt sted inntil etterspørselen avsløres. Når etterspørselen så avsløres distribueres varene til de to selgerne. Maksimeringsproblemet skjer da over 2 trinn, der trinn 1 er å velge bestillingen som maksimerer summen av den forventede nytten. Trinn 2 er så å observere den realiserte etterspørselen og velge fordelingen som maksimerer summen av nytten i koalisjonen.

Trinn 1:

$$\max_{Q_c} \ (p-c)Q_c - p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}(Q_c - q_{\boldsymbol{s}})^+ - r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_s(q_{\boldsymbol{s}} - Q_c)^+ \qquad (2\text{-}13)$$

Trinn 2:

$$\begin{aligned} \max_{\psi}(p-c)Q_c - p\left((\psi Q_c - q_s)^+ + \left((1-\psi)Q_c - q_{\hat{s}}\right)^+\right) \\ - r((q_s - \psi Q_c)^+ + (q_{\hat{s}} - (1-\psi)Q)^+) \\ \psi \in [0,1] \end{aligned} \qquad (2\text{-}14)$$

Fordelen med denne metoden er at det ikke er nødvendig å definere hvordan vareutvekslingen mellom selgerne skal foregå, det bestemmes i modellen. Det betyr at det færre forutsetninger som må ligge til grunn for resultatet.

3 Tapsaversjon

3.1 Problemutvidelse til tapsaversjon

I modellverket presentert i kapittel 2 antas det at selgerne er risikonøytrale, men det er ikke nødvendigvis den mest treffende beskrivelsen av den virkelige verdenen. Tidligere studier har sammenlignet optimal bestilling opp mot bestillingen som foretas i virkeligheten. Fisher og Raman (1996) fant bevis på at selgeres bestillingsbeslutning ikke tilsvarer det forventede profittmaksimerende kvantum. De fant at virkelighetens selgeres bestilling lå systematisk under det teorien skulle tilsi. Fisher og Raman (1996) utviklet en algoritme basert på løsningskonseptene fra Newsvendor-problemet som de anvender på en moteforretning. Med denne algoritmen klarte de å øke forventet profitt med 60% sammenlignet med den uassisterte selgeren. En slik økning viser at virkelighetens «avisselger» ikke handler etter hva som er optimalt sett fra et profitt maksimerende ståsted. Forfatterne sier derimot ingenting om hva årsaken til avviket kan være.

Schweitzer og Cachon (2000) utførte et studie for å finne ut hvordan virkelighetens «avisselgere» handler og hvorfor de handler på den måten. Resultatene viser at selgerne overbestiller i tilfeller med høye bestillingskostnader, mens de underbestiller i tilfeller med lave bestillingskostnader. Denne effekten har fått navnet «pull-to-center-effekten». Flere har siden gjort studier på denne effekten, (Ho et al., 2010) og (Bostian et al., 2008), med samme resultat. Schweitzer og Cachon (2000) prøver også å komme med flere forklaringer til denne oppførselen. Av de foreslåtte forklaringene er det to forklaringer som er konsistente med resultatene deres. Den første sier at selgerne ønsker å minimere ex-post-avvik fra realisert etterspørsel, en form for angeraversjon (Herweg, 2013). Den andre forklaringen bygger på forankringsheuristikk. Tapsaversjon blir også vurdert av forfatterne, men de finner ikke disse under-/overbestillingsmønstrene hos en tapsavers selger. Med deres problemformulering vil tapsaverse selgere alltid bestille mindre enn risikonøytrale selgere.

Wang og Webster (2009) viser derimot at tapsaversjon kan forklare pull-to-center-effekten. Til forskjell fra Schweitzer og Cachon (2000) inkluderer Wang og Webster (2009) kostnaden av å avvise kunder. Med denne endringen i nyttefunksjonen til selgeren, klarer Wang og Webster (2009) å vise at tapsavers selgere kan bestille mer enn risikonøytrale selgere. Herweg (2013) gjør en liknende studie med samme konklusjon.

MacCrimmon og Wehrung (1988) er en grundig empirisk studie som ser på hvordan sjefer foretar beslutninger under usikkerhet. Studien er basert på spørreskjemaer og intervjuer av sjefer i henholdsvis USA og Canada. Funnene i disse studiene kan tyde på at tapsaversjon er nærmere sjefenes virkelige risikopreferanser, sammenlignet med risikonøytralitet.

Tapsaversjon har ikke blitt brukt mye i analyseringen av Newsvendor-problemet, men teorien står sterkere i andre områder innenfor økonomifaget. Teorien er mest brukt innenfor finans og tilbyr forklaringer på problemer som ikke kan forklares med klassisk teori. For eksempel brukte Benartzi og Thaler (1995) tapsaversjon i kombinasjon med tidshorisont til å forklare «equity premium puzzle» (Mehra og Prescott, 1985).

Teorien har også blitt anvendt for å forklare arbeidstilbudet til en arbeidstaker. Camerer et al. (1997) finner en negativ sammenheng mellom arbeidstimer tilbudt og lønning for drosjesjåfører i New York. De forklarer denne sammenhengen ved at sjåførene sette daglige mål for inntjening og stopper å jobbe når dette målet er nådd. Inntjening under målet oppleves som tap. I og med at sjåførene har en aversjon mot tap, vil marginalnytten av arbeidstilbudet stupe når sjåførene har nådd målet. Kõszegi og Rabin (2006) endogeniserer det daglige målet for å gjøre modellen mer virkelighetsnær.

3.1.1 Tapsaversjon – teori

Tapsaversjon er en del av prospektteorien som ble introdusert av Kahneman og Tversky (1979). Prospektteori er en retning innenfor atferdsøkonomien som prøver å forklare hvordan individer handler under usikkerhet. Teorien består av fire komponenter: referanseavhengighet, tapsaversjon, avtakende sensitivitet og sannsynlighetsvekting. I denne oppgaven ses det bort fra de to sistnevnte, avtakende sensitivitet og sannsynlighetsvekting. Ekskluderingen av avtakende sensitivitet og sannsynlighetsvekting forenkler uttrykket uten at en tap av generalitet.

Tapsaversjon er en teori som sier at individer ønsker å unngå tap. I følge teorien vil ett tap smerte mer enn en tilsvarende gevinst gleder. Det betyr at nytten en mister av å tape x kroner er større enn nytten en får av å vinne x kroner.

$$u(x) < |u(-x)|$$

Kahneman og Tversky (1979) illustrerer denne aversjonen ved et eksempel. De fleste individer vil si nei til å delta i et lotteri om de vinner 110 dollar med 50% sjanse og taper 100 dollar med 50% sjanse. Dersom individet var risikonøytral ville han ha deltatt i lotteriet, siden forventet gevinst er positiv. Ettersom de aller fleste ville sagt nei til lotteriet impliserer det at folk flest har en aversjon mot å tape.

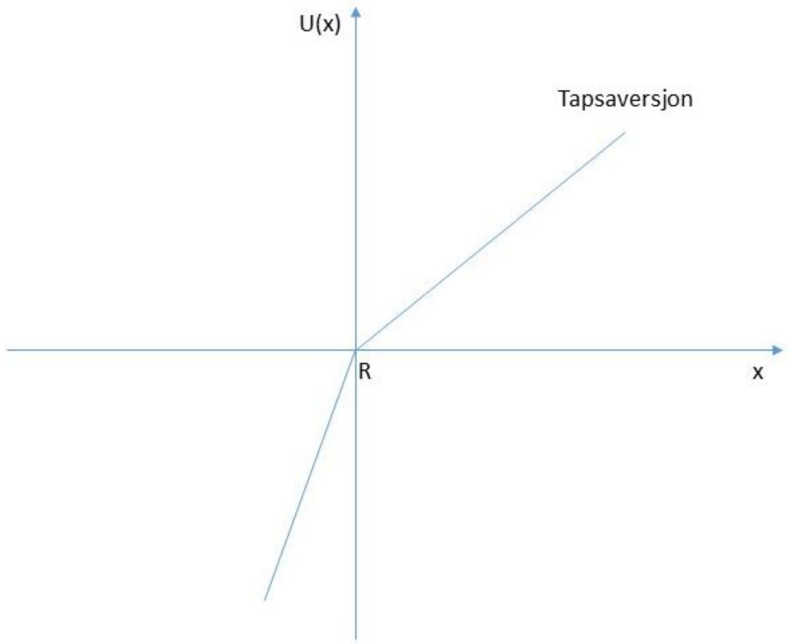
Nyttefunksjonen til et individ med tapsaversjon er en knekt funksjon. Siden individet verdsetter tap og gevinster forskjellig, vil helningen på nyttefunksjonen være forskjellig i tap og gevinster. Det blir derfor en knekk i overgangen fra tap til gevinster.

$$U(x) = \begin{cases} x, & hvis\ \ x > 0 \\ \lambda x, & hvis\ x \leq 0 \end{cases}$$

λ er tapsaversjonskoeffisienten og den sier hva helningen i tapsdomenet er relativt til helningen i gevinstdomenet.

$$U'_{+} = 1 \text{ og } U'_{-} = \lambda$$

En λ på 2 betyr at helningen er dobbelt så bratt på tapssiden som på gevinstsiden.



.

Figur 3-1: Tapsavers nyttefunksjon

Figuren over illustrerer nyttefunksjonen til det tapsaverse individet. Gevinster og tap vektlegges forskjellig noe som fører til et knekk i referansepunktet. Gevinster og tap er relative mål. Gevinster er utfall som er bedre enn referansepunktet, mens tap er utfall som er dårligere enn referansepunktet. For å kunne modellere tapsaversjon må en derfor vite hva referansepunktet til individet er. Referansepunktet har tradisjonelt sett vært et eksogent mål (Kahneman og Tversky, 1979). Alle utfall over et gitt nivå er bra (gevinster), mens alle utfall under er dårlige (tap). Referansepunktet er helt avgjørende for opplevelsen av et utfall.

Viktigheten av referansepunkt kan illustreres ved et eksempel. Jobben inviterer deg og dine kolleger på restaurant i to parallelle univers. I univers nummer 1 har sjefen virkelig overgått seg selv og tar med alle ansatte på byens flotteste restaurant. Du gleder deg og tror dette kommer til å bli en kulinarisk opplevelse helt utenom det vanlige. Etter at måltidet er fortært, sitter du og er litt skuffet. Maten var god, men den var ikke så fantastisk som du hadde forventet. I univers 2 er ikke sjefen fult så spandabel. Han tar de ansatte med seg på sin favorittrestaurant. Restauranten ser litt sliten ut, du har ikke store forhåpninger til maten, men tror laget kan bli hyggelig. Maten som blir servert her er akkurat den samme som ble servert på den fine restauranten i det parallelle universet. Selv om maten er identisk er opplevelsen av måltidet vidt forskjellig på grunn av ulike referansepunkt. I og med at forventningene til maten var forskjellig i de to scenarioene, ender man opp med å bli negativt overasket i univers 1 og positivt overasket i univers 2. Det viser at nytten individet mottar vil variere med referansepunktet.

Restaurant-eksempelet viser hvordan forventninger former opplevelsen. Forventninger er noe alle har til fremtidige hendelser og det er derfor et naturlig referansepunkt. Utfall som er bedre enn forventet er en positiv «overraskelse», mens utfall som er dårligere er en negativ «overraskelse». En utordring er at forventningsvariabler ofte er endogene, noe som gjør det litt vanskeligere å modellere.

I denne oppgaven brukes den forventede profitten som referansepunkt. Resultater over forventet profitt oppleves som gevinster, mens resultater under oppleves som tap. Den forventede profitten påvirkes av bestillingen, hvilket betyr at den er endogen. Kõszegi og Rabin (2006) introduserte en modell for endogent referansepunkt. Deres nyttefunksjon brukes som mal for å modellere tapsaversjon inn i denne oppgavens modell. Selgerens nyttefunksjon er en todelt funksjon, hvor del 1 er en klassisk nyttefunksjon som forteller hvilken nytte individet får ved å konsumere produktet direkte. Den andre er en «tap-gevinst-funksjon», som er den referanseavhengige delen av nytte funksjonen.

$$U(c|r) = m(c) + n(c|r)$$

$m(c)$ er den absolutte nyttefunksjonen, dette er en tradisjonell nyttefunksjon. I tillegg til den tradisjonelle nyttefunksjonen finnes den relative nyttefunksjonen, $n(c|r)$, som er den referanseavhengige delen av nyttefunksjonen. Den relative nyttefunksjonen viser gevinster og tap av nytte relativt til et referansepunkt. Dersom nytten av konsumet er større enn referansen, vil individet få en nyttegevinst utover den absolutte nytten. Derimot, om nytten er lavere enn referansen, oppleves det som tap.

Det som er forskjellig fra Kahneman og Tversky (1979) er at Kõszegi og Rabin (2006) mener at man i tillegg til den relative nytteoppfattelsen har en absolutt nytteoppfattelse. For å forstå hvorfor det er hensiktsmessig å ta med den absolutte nyttefunksjonen går vi tilbake til eksempelet med restaurant-besøket. Scenarioet er det samme, i det ene universet drar du på byens flotteste restaurant mens i det andre drar du på en litt sliten restaurant. Alt er finansiert av sjefen. På den fine restauranten får du servert et godt måltid, men ikke så fantastisk som du hadde forventet. Forskjellen nå er at du i det parallelle universet får servert et måltid som står til forventningene for en sliten restaurant. Så måltidet var bedre på den fine restauranten. Dersom det kun var tap-gevinst-funksjonen som utgjorde nyttefunksjonen ville det betydd at besøket på den fine restauranten ville gitt negativ nytte, mens besøket på den slitene ville gitt null nytte. Dersom du har skyhøye forventninger og utfallet er litt dårligere enn forventet får du lavere nytte enn om du har veldig lave forventninger og utfallet er akkurat som forventet. De fleste ville fått høyere nytte av å spise en biff de mente var stekt noen sekunder for lenge enn å spise en big-mac-meny på McDonald’s. Den absolutte nyttefunksjonen fanger opp dette. Et godt måltid har en verdi i seg selv og så vil opplevelsen målt mot forventningene øke, eller redusere den totale nytteverdien av måltidet.

3.1.2 Nyttefunksjonen til tapsaverse selgere

For å kunne sette opp nyttefunksjonen til den tapsaverse selgeren må både den absolutte og den relative nyttefunksjonen defineres. Den absolutte nytten antas å være den realiserte profitten.

$$(\pi) = \pi \tag{3-1}$$

Den relative nyttefunksjonen viser hvordan individet vektlegger tap og gevinster. For å definere tap og gevinster må først selgerens referansepunkt definere. I denne oppgaven antas det at referansepunktet til selgeren er hans forventede profitt. Han opplever gevinster dersom realisert profitt er større enn forventet profitt. Mens han føler tap når forventet profitt er større enn realisert profitt. I og med at selgeren er antatt tapsavers opplever han tap mer intenst enn tilsvarende gevinster. Dette fanges opp tapsaversjonskonstanten, λ>1, som tillegger tap ekstra vekt. η er en konstant som sier hvor mye den relative nyttefunksjonen skal vektlegges i nyttefunksjonen.

$$n(\pi|R) = \eta(\pi_t - E_{t-1}\pi)^+ - \eta\lambda(E_{t-1}\pi - \pi_t)^+ \tag{3-2}$$

t er her en tidsindeks. Tap-vinst-funksjonen sier at selgeren får en nytte gevinst dersom den realiserte profitten er større enn den forventede profitten og han mottar et nyttetap dersom realisert profitt er mindre enn forventet profitt. Den relative nytten avhenger dermed av forventningene som var formet før etterspørselen ble kjent. Tidsindeksen understreker at forventningene formes før etterspørselen er avslørt. Ved å legge sammen de to nyttefunksjonene, (3-1) og (3-2), får vi den totale nyttefunksjonen.

$$U_t = \pi_t + \eta(\pi_t - E_{t-1}\pi)^+ - \eta\lambda(E_{t-1}\pi - \pi_t)^+ \tag{3-3}$$

Ligning (3-3) danner grunnlaget for maksimeringsproblemet. Bestillingen av salgsvaren foretas i t-1. Siden etterspørselen er usikker, er også fremtidig profitt kjent. Optimal bestilling må derfor tas på bakgrunn av forventingene om fremtidig nytte.

$$E_{t-1}U_t = E\pi_a(\boldsymbol{s}) - \eta(\lambda - 1)\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_s\big(E\pi_a(\boldsymbol{s}) - \pi_s(\boldsymbol{s})\big)^+ \tag{3-4}$$

Den forventede nytten til de risikonøytrale selgerne er det samme som den forventede profitten. Som ligning (**3-4)** viser er den forventede profitten kun første leddet i den forventede nyttefunksjonen til den tapsaverse selgeren. Man trekker også fra de forventede tapene. Det betyr at den forventede nytten til de tapsaverse selgerne er mindre enn de den forventede nytten til de risikonøytrale selgerne.

3.2 Det konkurrerende problemet med tapsaversjon

Konkurransesituasjonen er akkurat den samme som i tilfellet med de risikonøytrale selgerne i delkapittel 2.2. En andel, α, av konkurrentens avviste kunder går til selgeren i håp om å finne varen der. På samme måte som i det risikonøytrale markedet må en ta i bruk spillteori for å løse maksimeringsproblemet. De samme kriteriene gjelder for å oppnå en unik Nash-likevekt, men nå vil indifferensproblemet være mindre.

Fremgangsmåten for å finne den unike Nash-likevekten er den lik. Ved å maksimere forventet nytte for alle mulige strategier til konkurrenten, finner man reaksjonskurven til selgeren. I og med at begge selgerne har samme nytte funksjon og deres forventinger om fremtidig etterspørsel er identisk, må også deres reaksjonskurve være identisk. Det vil være en ren Nash-likevekt, i denne Nash likevekten er bestillingen identisk for de to selgerne.

For å løse problemet brukes lineærprogrammering, som også ble gjort for de risikonøytrale selgerne. Programmet for de konkurrerende tapsaverse selgerne inneholder en ekstra variabel, L.

$$L_a(\boldsymbol{s}) = \left(E\pi_a - \pi_a(\boldsymbol{s})\right)^+ \qquad (3\text{-}5)$$

Dette er tapsfunksjonen og er det eneste forskjellen fra programmet for den konkurrerende risikonøytrale selgeren. Ellers er alle variablene i dette programmet kjent fra det risikonøytrale programmet, hjelpevariablene fra (2-5**)** inngår også i dette programmet.

$$\max_{\substack{Q_a, X_a(\boldsymbol{s}),\\ Y_a(\boldsymbol{s}), L_a(\boldsymbol{s})\\ \forall\, \boldsymbol{s}}} E\pi_a - \eta(\lambda - 1)\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} L_a(\boldsymbol{s}) \tag{3-6}$$

Under sidevilkår:

$$Q_a \leq q_N$$
$$Q_a - R_a(\boldsymbol{s}) \leq X_a(\boldsymbol{s}) \quad \forall\, \boldsymbol{s}$$
$$R_\mathrm{a}(\boldsymbol{s}) - Q_a \leq Y_a(\boldsymbol{s}) \quad \forall\, \boldsymbol{s}$$
$$L_a(\boldsymbol{s}) \geq E\pi_a - \pi_a(\boldsymbol{s}), \quad \forall\, \boldsymbol{s}$$
$$Q_a, X_a(\boldsymbol{s}), Y(\boldsymbol{s}), L_a(\boldsymbol{s}) \geq 0, \quad \forall\, \boldsymbol{s}$$
$$E\pi_a = (p - c)Q_a - p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} X_a(\boldsymbol{s}) - r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} Y_a(\boldsymbol{s}), \quad \forall\, \boldsymbol{s}$$

3.3 Koalisjon

Også i dette kapittelet analyseres effekten som et samarbeid har på selgernes atferd. For å modellere optimal tilpasning for en koalisjon bestående av to tapsaverse selgere brukes samme rammeverk som ved modelleringen av koalisjonen bestående av to risikonøytrale selgere. Utvekslingen av varer skjer når den ene selgeren har bestilt for mye, mens den andre selgeren har bestilt for lite. Den interne handelen foregår ved at selgeren med etterspørselsoverskuddet kjøper overflødige varer fra naboselgeren til en pris, p. Alle kunder er innforstått med at varer som ikke finnes hos den ene selgeren, heller ikke finnes hos den andre selgeren. Det betyr at ingen kunder avvises to ganger. I formuleringen av dette problemet brukes hjelpevariablene fra (2-10) samtidig inkluderes tapsfunksjonen fra (3-5).

$$\max_{\substack{Q_a, X_a(s), Y_a(s),\\ h_a(\boldsymbol{s}), t_a(\boldsymbol{s}), \forall a, s}} \sum_a E\pi_a - \eta(\lambda - 1) \sum_a \sum_s \sigma_s L_a(\boldsymbol{s}) \tag{3-7}$$

Under sidevilkår

$$Q_a \leq q_N, \quad \forall\, a$$
$$X_a(s) \geq Q_a - q_s, \quad \forall\, a, s$$
$$t_a(\boldsymbol{s}) \leq X_a(s), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$t_a(\boldsymbol{s}) \leq Y_{\hat{a}}(\hat{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$h_a(\boldsymbol{s}) \leq X_{\hat{a}}(\hat{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$h_a(\boldsymbol{s}) \leq Y_a(s), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$L_a(\boldsymbol{s}) \geq E\pi_a - \pi_a(\boldsymbol{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$Q_a, X_a(s), Y(s), t_a(\boldsymbol{s}), h_a(\boldsymbol{s}), L_a(\boldsymbol{s}) \geq 0, \quad \forall a, \boldsymbol{s}$$
$$Q_a - X_a(s) + Y_a(s) = q_s, \quad \forall\, a, s$$
$$E\pi_a = (p - c)Q_a - p \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} X_a(\boldsymbol{s}) - r \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_s Y_a(\boldsymbol{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$

3.4 Numerisk eksempel

Det vil også her bli gjennomført en numerisk analyse av problemet for de tapsaverse selgerne. Dette underkapittelet følger samme fremgangsmåte som i delkapittel 2.4. Først presenteres resultatene for det konkurrerende Newsvendor-problemet. Deretter følger resultatene fra det samarbeidende Newsvendor-problemet og en sammenligning av de to løsningene.

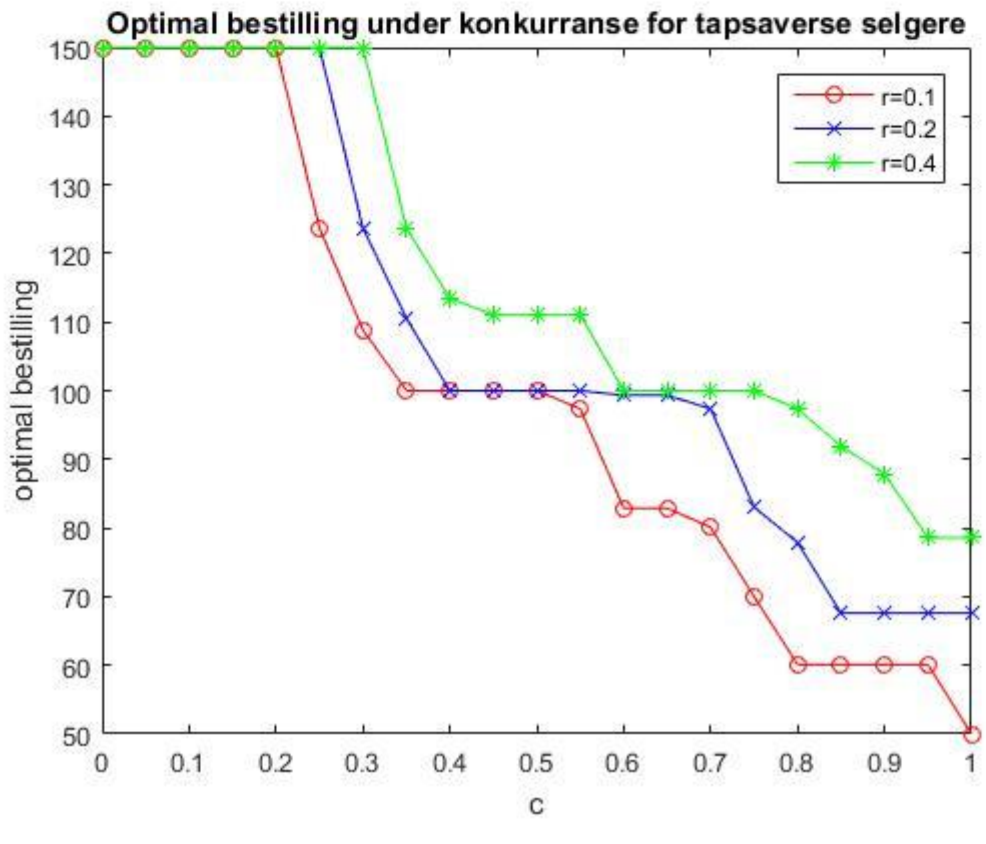
På samme måte som i problemet med de risikonøytrale selgerne må de markedsspesifikke konstantene defineres før maksimeringsproblemene kan løses numerisk. For at numeriske løsningene skal være sammenlignbare med løsningene for de risikonøytrale selgerne må de markedsspesifikke konstantene være like. Det er to nye konstanter i problemet for tapsaverse selgere sammenlignet med problemet for de risikonøytrale selgerne, nemlig tap-vinst-konstanten og tapsaversjonskonstanten.

- Prisen, p, er lik 1.
- Bestillingskostnadene tar hver 0.05te verdi fra 0 til 1, $c \in [0, 0.05, 0.1 \ldots 1]$.
- Underskuddskostnadene, r, tar tre verdier, 0.1, 0.2 og 0.4.

- Tapsaversjonskonstanten, λ, er lik 2.
- Tap-vinst-konstanten η er lik 1
- Substitusjonskonstanten, α, er lik 0.9.

Merk at substitusjonskonstanten også her forsvinner i det samarbeidende problemet. Dermed vil defineringen av α kun påvirke det konkurrerende problemet.

3.4.1 Resultater for det konkurrerende problemet med tapsaverse selgere

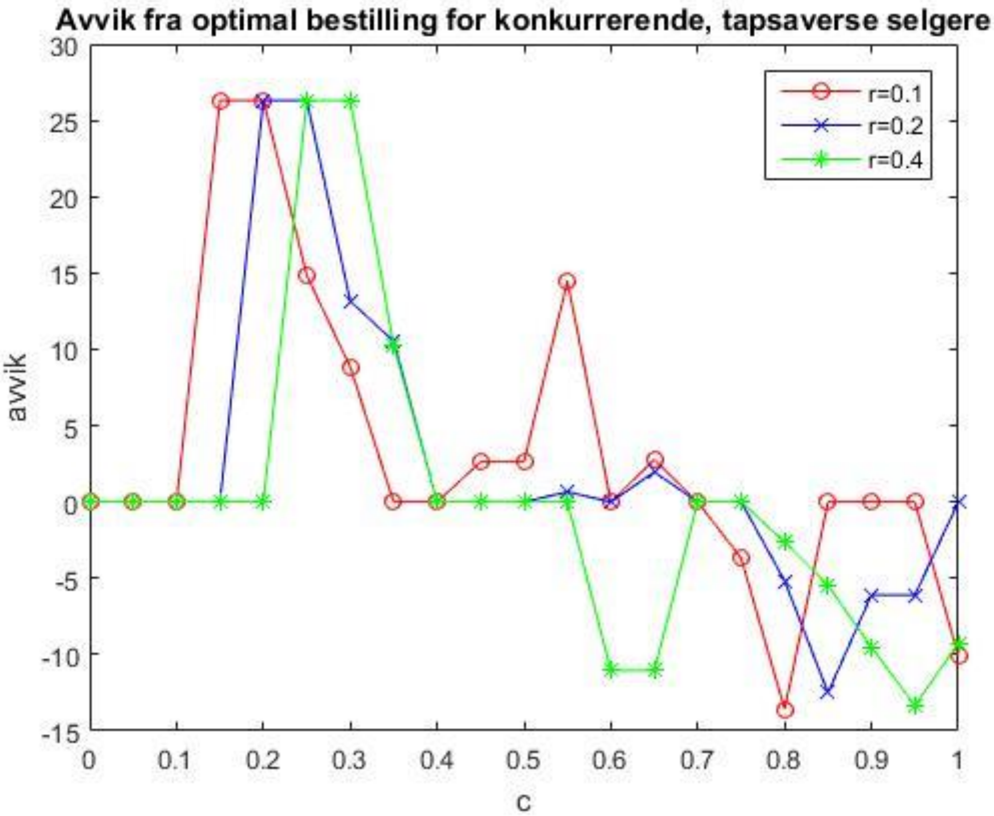


Figur 3-2: Optimal bestilling for konkurrerende, tapsaverse selgere

I figuren over illustreres optimal bestilling i et konkurrerende marked med to tapsaverse selgere. Som i tilfellet med de risikonøytrale selgerne faller bestillingen i c og øker i r, men det er nå større variasjon over kostnadene. Dette gjelder både i overskudds- og underskuddskostnader.

Forskjellen på nyttefunksjonen til den tapsaverse selgeren og den risikonøytrale selgeren er tap-gevinst-funksjonen. Denne funksjonen gir ekstra vekt til utfall hvor kostnadene er store relativt til inntekten. Det betyr at kostnadene vektlegges høyere for den tapsaverse selgeren sammenlignet med den risikonøytrale. Dermed vil kostnadsendringene ha større virkning på den optimale bestillingen for den tapsaverse selgeren sammenlignet med den risikonøytrale.

I delkapittel 2.4 ble det vist at to konkurrerende, risikonøytrale selgere kan avvike fra optimal bestilling. Det fordi ingen av selgerne hadde insentiver til å velge den optimale tilpasningen. Gitt at konkurrenten bestiller det optimale kvantumet, vil selgerens optimale respons være å bestille et annet kvantum. Figuren under ser på tilpasningen til tapsaverse, konkurrerende selgere sammenlignet med den optimale tilpasningen for tapsaverse selgere.

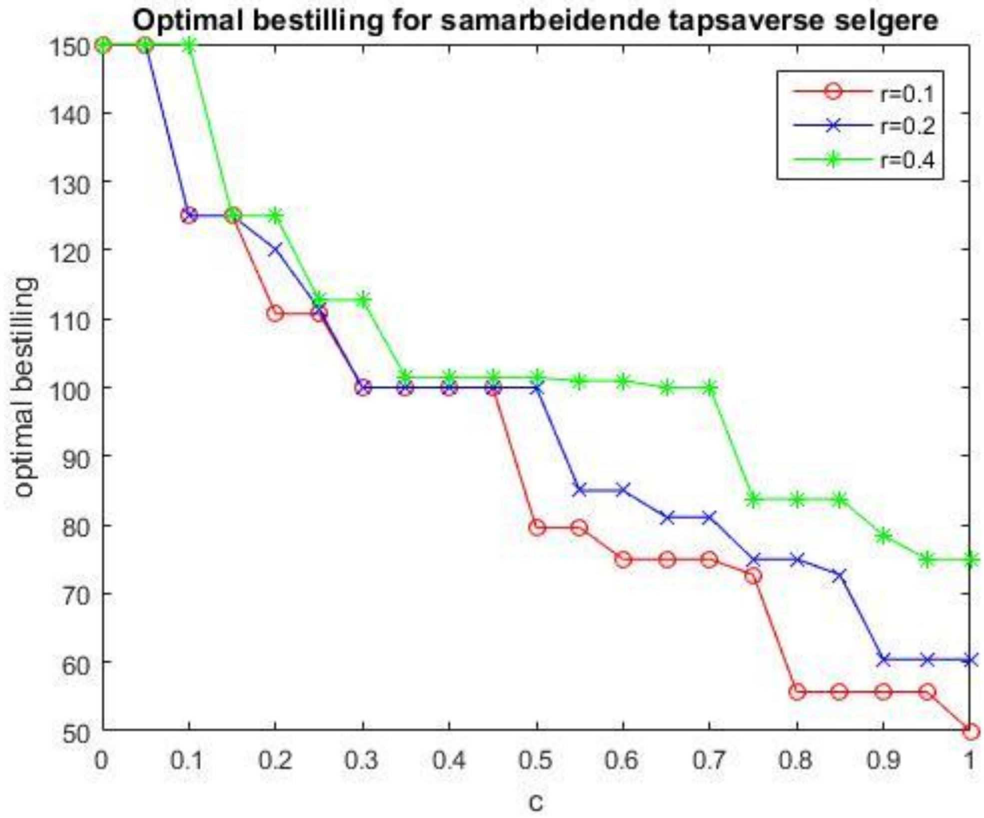


Figur 3-3: Avvik fra nyttemaksimerende bestilling for konkurrerende, tapsaverse selgere

Figuren viser hvordan bestillingen til tapsaverse selger er under konkurranse sammenlignet med hva den ville vært om en sentralplanlegger valgte kvantum for dem. Når bestillingskostnadene er store vil de konkurrerende bestille mer enn det som er optimalt. For høye bestillingskostnader vil de konkurrerende, tapsaverse selgerne bestille for lite. Resultatene ligner på resultatene fra 2.4, men mønsteret er enda tydeligere for tapsaverse selgere. Det er flere positive avvik og flere negative avvik. Det betyr at de tapsaverse selgerne er enda mer sårbare for konkurranse enn de risikonøytrale selgerne.

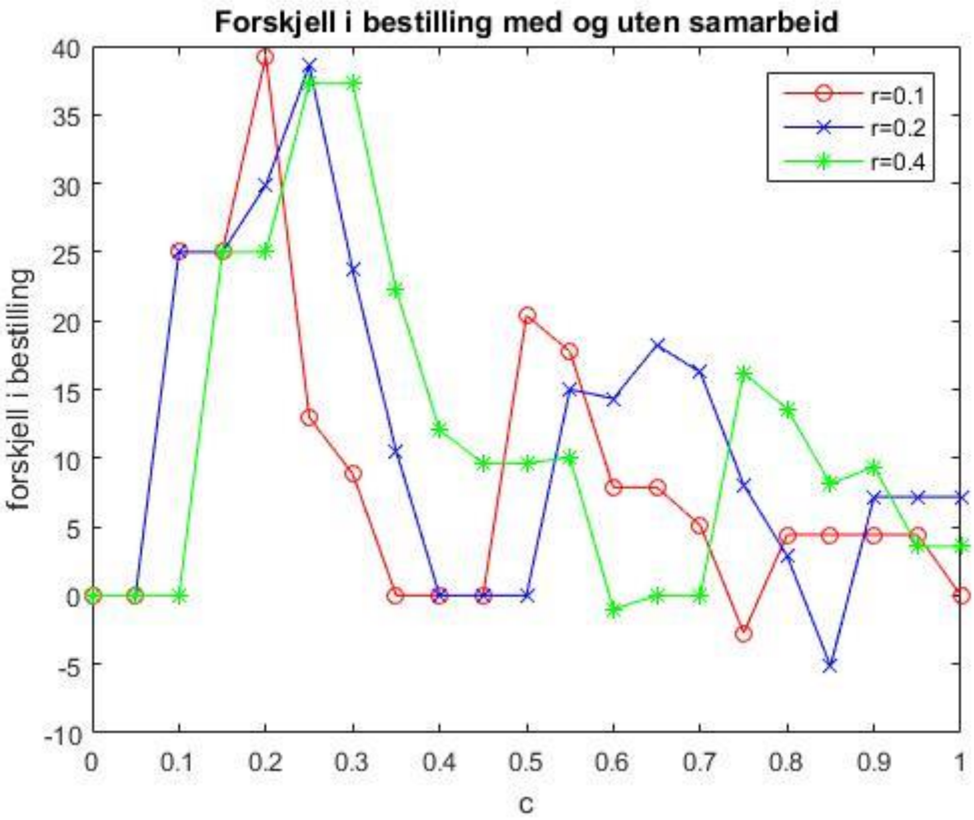
3.4.2 Effekten av samarbeid for tapsaverse selgere

Dette avsnittet ser på noen numeriske løsninger av maksimeringsproblemet, illustrert ved ligning (3-7). Det lineære programmet løses for alle mulige kombinasjoner av tidligere definerte konstanter. Figuren under viser den optimale bestillingen for alle kombinasjonene.



Figur 3-4: Optimal bestilling for samarbeidende, tapsaverse selgere

Figuren viser at den optimale bestillingen for en koalisjon av tapsaverse selgere faller i c og øker i r. Det er det samme mønsteret som tidligere resultater har vist. Det som er interessant å se på er hvordan bestillingen endres når selgerne går fra å konkurrere til å samarbeide. Figuren under viser forskjellen i bestillingen for tapsaverse selgere i konkurranse og ved samarbeid. Forskjellen er her definert som $Q_a^{konkurranse} - Q_a^{samarbeid}$.

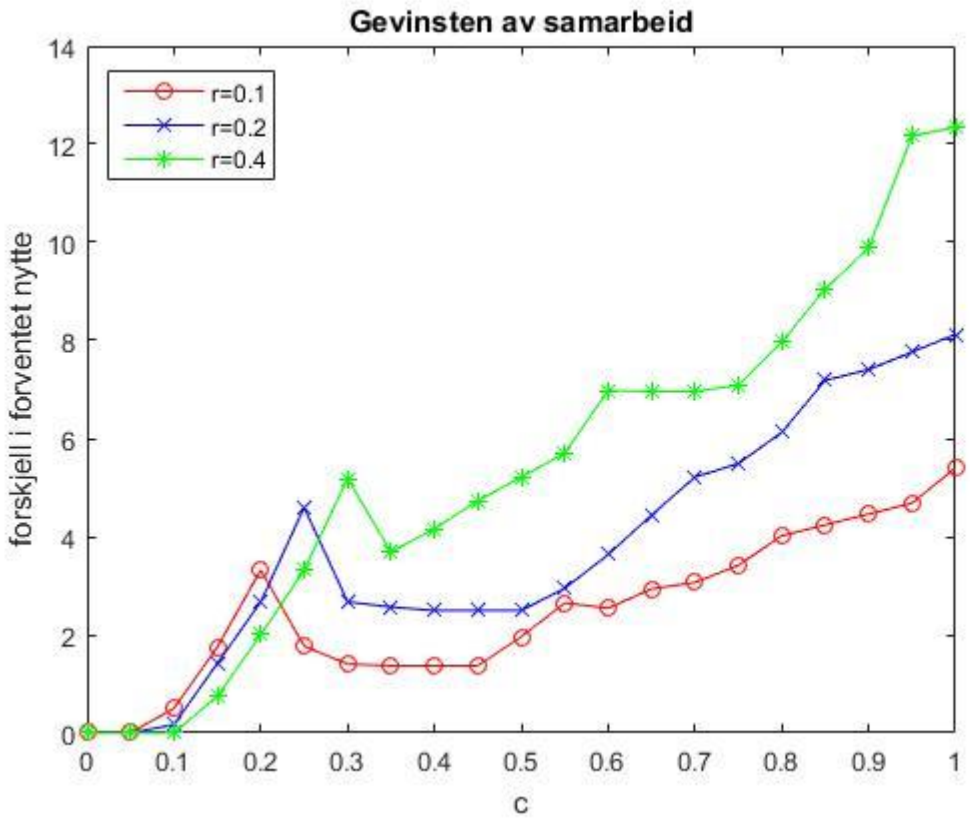


Figur 3-5: Forskjell i bestilling for tapsaverse selgere med og uten samarbeid

Figur 3-5 viser at forskjellen er positiv for de fleste kostnadsnivåer. Det betyr at bestillingen til de konkurrerende selgerne ligger over bestillingen til de samarbeidende selgerne. Men for høye kostnader minker forskjellen mellom bestillingene og den kan også bli negativ.

Gevinsten av samarbeidet måles i økningen av forventet nytte ved å gå fra konkurranse til samarbeid. Under er gevinsten av samarbeid for tapsaverse selgere illustrert, der gevinsten av samarbeid er definert som:

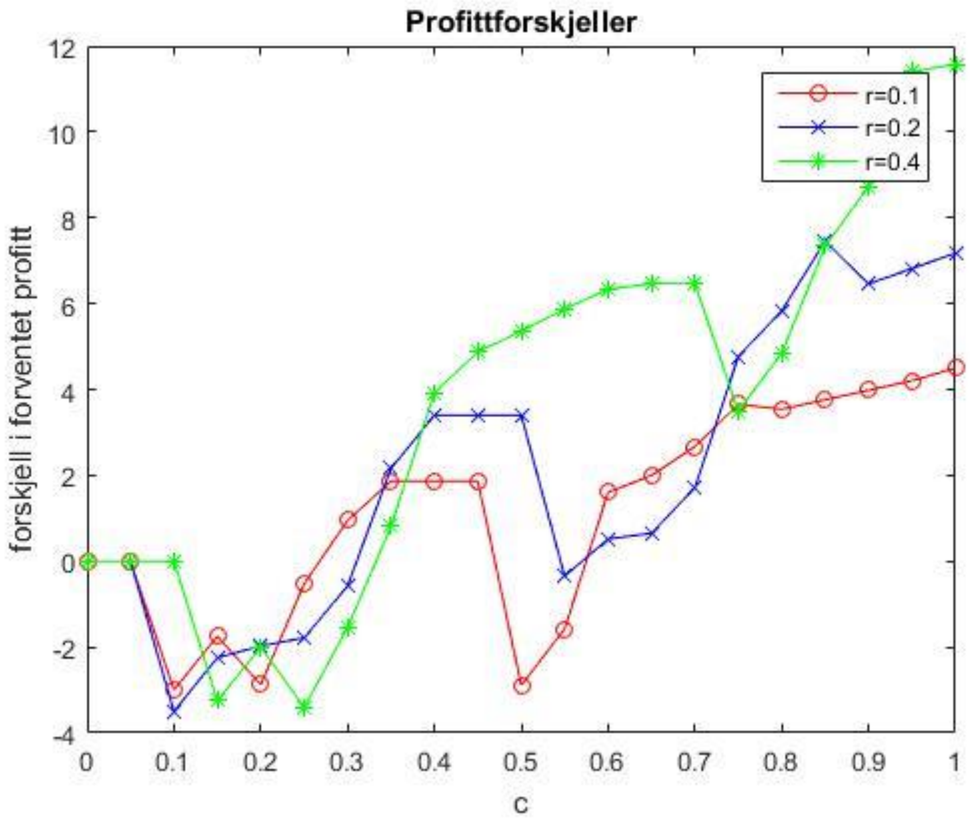
$$Gevinst\ av\ samarbeid = E\pi^{samarbeid} - E\pi^{konkurranse}$$



Figur 3-6: Gevinsten av samarbeid for tapsaverse selgere

Som i det risikonøytrale tilfellet øker den forventede nytten ved et samarbeid. Men det er enda større effekt på den tapsaverse selgeren. Den tapsaverse selgeren vil altså få enda mer igjen for et samarbeid enn den risikonøytrale. Selv om den samarbeidende selgerens bestilling alltid er den beste ex-ante, kan den konkurrerende selgerens bestilling være den beste ex-post. Beslutningen som er best ex-ante er også den beslutningen som i snitt er best ex-post, gitt at informasjonen selgerne har er korrekt.

Forventet nytte og forventet profitt er en og samme ting for den risikonøytrale selgeren. Dermed var en økning i forventet nytte ensbetydende med en økning i forventet profitt. Slik er det ikke for den tapsaverse selgeren. Den tapsaverse selgeren vektlegger ikke kun den forventede profitten, men også «tapene». Det er da to mulige måter å øke forventet nytte på og det er ved økning av forventet profitt eller reduksjon av «tapene». Derfor er det ikke gitt at forventet profitt øker ved samarbeid, selv om den forventede nytten gjør det.



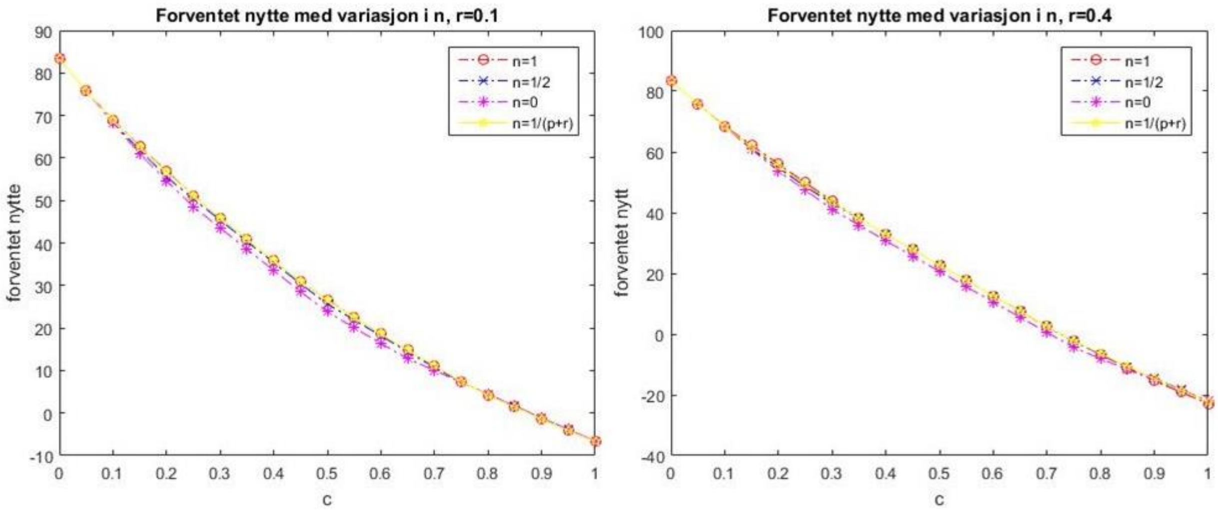
Figur 3-7: Forskjeller i forventet profitt for tapsaverse selgere med og uten samarbeid

Figur 3-6 viser at samarbeid fører til økt forventet nytte, altså er selgerne tjent med å samarbeide. Men som vi ser av Figur 3-7 kan samarbeidet føre til en objektivt sett dårligere bestillingsbeslutning. Det vil si at samarbeidet gir lavere forventet profitt enn det selgerne oppnår under konkurranse.

3.5 Optimal fordeling av ekstra inntekt under tapsaversjon

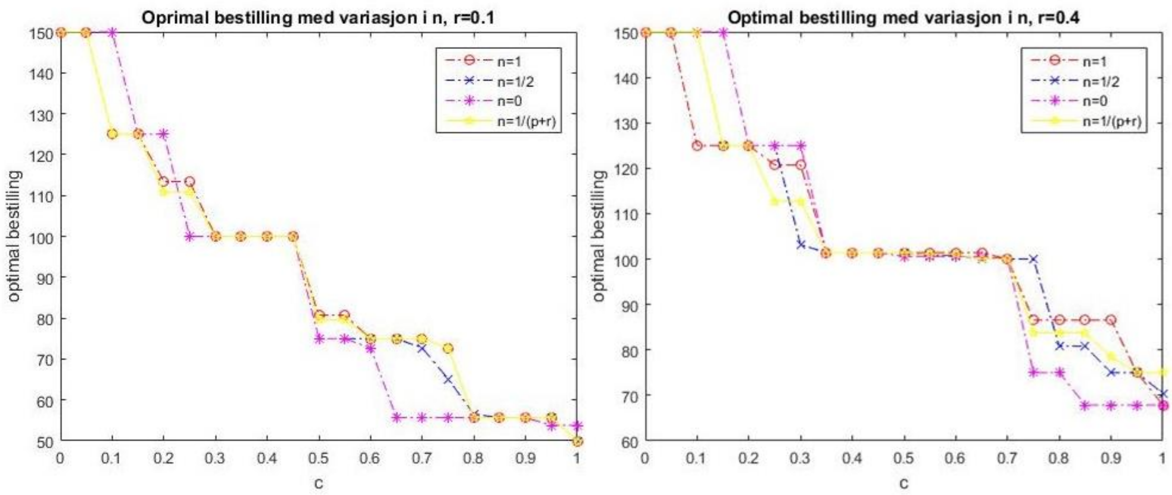
Fordelingen av inntekten fra den interne handelen har ingen effekt på den forventede profitten og dermed ingen effekt på den forventede nytten til den risikonøytrale selgeren. Forventet nytte og forventet profitt er ikke det samme for den tapsaverse selgeren. Den forventede nytten til den tapsaverse selgeren består av to komponenter, forventet profitt og forventet tap. Forventet profitt endres ikke med endringer i inntektsfordelingen, det ble vist i underkapittel 2.3. Det forventede tapet vil derimot påvirkes av inntektsfordelingen. Tap-gevinst-funksjonen legger ekstra vekt på de «dårlige» tilstandene. I de «dårlige» tilstandene er realisert profitt mindre enn forventet profitt. Utveksling av varer skjer når den ene selgeren har bestilt inn for mange varer, mens den andre har bestilt for få varer. Selgeren med for mange varer har havnet i en tilstand med lavere realisert etterspørsel enn selgeren med underskudd, gitt lik bestilling. Hvilke tilstander som er «gode» og «dårlige» avhenger av forholdet mellom over- og underskuddskostnadene. Dersom det er mer kostbart å bestille for mye, er tilstander med lav realisert etterspørsel de «dårligste». Siden gode tilstander ikke vektlegges i tapsfunksjonen, er det optimalt at selgeren i den «dårlige» tilstanden får den ekstra inntekten. Ved å øke profitten i de dårlige periodene, reduserer man det forventede tapet og øker den forventede nytten.

For å se hvordan effekten av forskjeller i inntektsfordelingen er, benyttes det lineære programmet som over, men med forskjellige fordelinger. Det defineres en ny konstant, n. Denne konstanten sier hvor stor andel av den ekstra inntekten fra intern handelen som tilfaller selgeren med de overlødige varene. Tre forskjellig verdier av n brukes, n=1, n=1/2 og n=0. Disse nivåene sammenlignes med fordelingen som er brukt tidligere i oppgaven, n/(p+r)



Figur 3-8: Forventet tapsavers nytte over forskjellig inntektsfordeling.

Figur 3-8 viser hvordan den forventede nytten varierer med endringer i inntektsfordelingen, n. Når n er 1 betyr det at selgeren som har varer til overs får hele inntekten fra salget, mens selgeren som bestilte for lite får ingen del av inntekten. Når n er 0 blir resultatet omvendt. For de fleste kostnadsnivåer faller den forventede nytten med n. Dette er fordi det stort sett er tilstandene med lav realisert etterspørsel som er ansett for å være de «dårlige». Men for høye bestillingskostnader vil tilstandene med høy realisert etterspørsel være de «dårligste». Da vil n=1 gi den lavest forventede nytten. Bestillingsbeslutningen tas på bakgrunn av den forventede nytten. I og med at den forventede nytten endres med inntektsfordelingen, vil også den optimale bestillingen gjøre det.



Figur 3-9: Optimal tapsavers bestilling med variasjon i inntektsfordeling

For høye bestillinger vil de dårlige tilstandene være de med lav realisert etterspørsel. Når n er 1 går alt av inntektene fra internhandelen til selgeren med varer til overs. Som en ser av figuren over vil en n på 1 føre til en reduksjon fra maksimalbestillingen sammenlignet med en n på 0. Reduksjoner fra maksimalbestillingen gir muligheter for internhandel. Når n er 1 vil alt av inntektene fra internhandelen tilfalle selgeren som har havnet i en «dårlig tilstand». Når n er 0 vil selgeren i den gode tilstanden få alle inntektene. I og med at tapsaverse selgere vektlegger dårlige tilstander mer enn gode vil handelen ha større verdi når n er 1. Dermed er det sterkere insentiver for selgerne å redusere bestillingen når n er en i motsetning til når n er 0, for lave bestillingskostnader. Derfor vil selgeren bestille mer når n er liten, for lave bestillingskostnader.

Siden selgeren får mindre igjen for handelen i de «dårligste» tilstandene, vil han også legge mindre vekt på internhandelen. Dermed vil den optimale bestillingen til selgeren med internhandelen falle fortere for n=0. Når bestillingskostnadene vokser vil tilstandene med høy realisert etterspørsel bli de dårligste. Da vil optimal bestilling falle fortere for n>0 og etter hvert også falle under optimalbestilling for n=0.

3.6 Forslag til modellutbedring

På slutten av kapittel 2 ble det foreslått en mulig forbedring av formuleringen av maksimeringsproblemet under samarbeid. Denne metoden er problematisk å anvende på tapsaverse selgere. Dersom vi setter problemet opp på samme måte som i det risikonøytrale tilfellet får en følgende totrinns-maksimeringsproblem:

Trinn 1:

$$\max_{Q_c} E\pi^c - (\lambda - 1)\sum_a \sum_s \sigma_s (E\pi_a - \pi_s)^+ \qquad (3\text{-}8)$$

$$hvor\ Q_a = Q_c - Q_{\hat{a}}$$

Trinn 2:

$$\max_{\psi} \pi^c - (\lambda - 1)((E\pi_a - \pi_s)^+ + (E\pi_{\hat{a}} - \pi_{\hat{s}})^+) \qquad (3\text{-}9)$$

Optimal bestilling for koalisjonen bestemmes i trinn 1, og i trinn 2 fordeles bestillingen slik at nytten maksimeres. Det er en koalisjon som består av to selgere. Begge selgerne har hver sin nyttefunksjon. Det er summen av nyttefunksjonene som koalisjonen er interessert i å maksimere. Summen av nyttefunksjonene er den total profitten samt summen av de to tapsfunksjonene. Problemet ligger i tapsfunksjonen hos selgerne, $\sum_s \sigma_s (E\pi_a - \pi_s)^+$. Tapsunksjonen til selger a avhenger av hans varebeholdning, men denne varebeholdningene blir ikke bestemt før etter realisering av tilstand. Dermed kan ikke trinn 1 løses uten å ha løst trinn 2 først. Trinn 2 kan heller ikke løses uten at trinn 1 først er løst.

For å unngå dette problemet kan man behandle koalisjonen som en tapsavers selger som velger kvantumet som maksimerer egen nytte. I neste runde velger man den fordelingen som maksimerer den totale nytten.

Steg 1:

$$\max_{Q_c} E\pi^c - (\lambda - 1)\sum_s \sigma_s (E\pi^c - \pi_s^c)^+ \qquad (3\text{-}10)$$

Steg 2:

$$\max_{\psi} \pi^c - (\lambda - 1)((E\pi_a - \pi_s)^+ + (E\pi_{\hat{a}} - \pi_{\hat{s}})^+) \qquad (3\text{-}11)$$

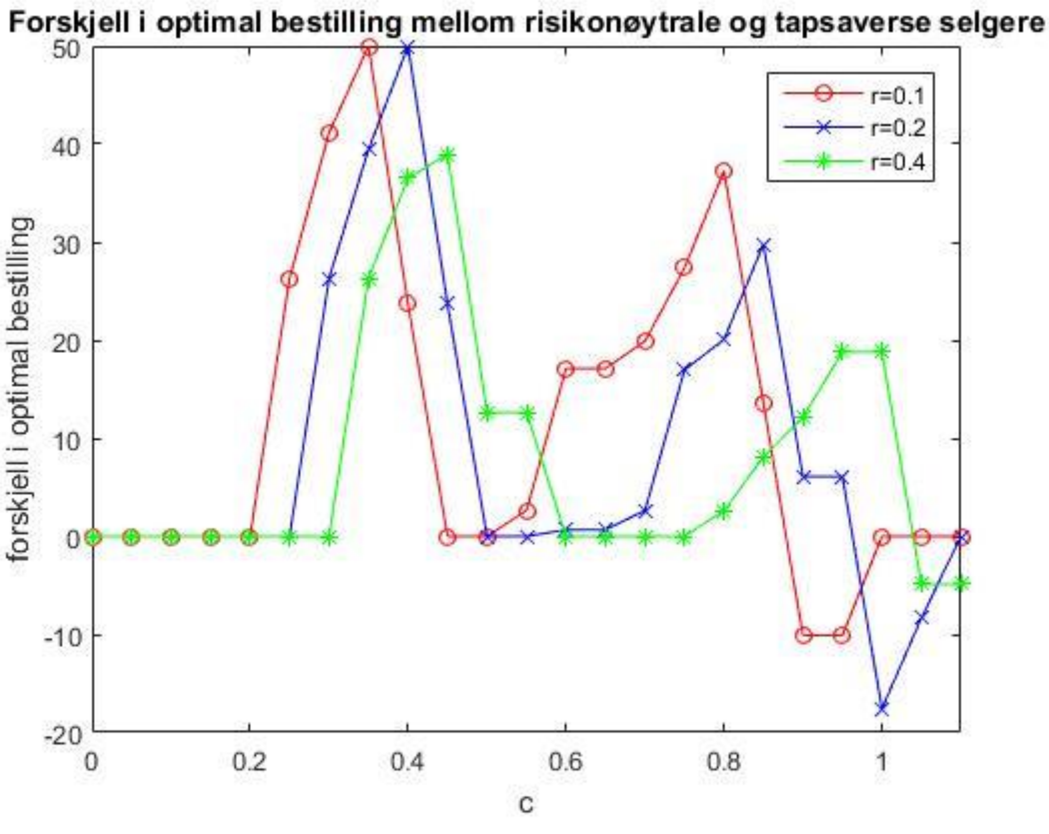
$$(E\pi_a - \pi_s)^+ = (E\pi_a - (p - c)Q_a + p(\psi Q_c - q_s)^+ - r(q_s - \psi Q_c)^+)^+$$
$$(E\pi_{\hat{a}} - \pi_{\hat{s}})^+ = (E\pi_{\hat{a}} - (p - c)Q_{\hat{a}} + p(\psi Q_{\hat{a}} - q_{\hat{s}})^+ - r(q_{\hat{s}} - \psi Q_{\hat{a}})^+)^+$$
$$\pi^c = (p - c)Q_c - p\left((\psi Q_c - q_s)^+ + \left((1 - \psi)Q_c - q_{\hat{s}}\right)^+\right) - r((q_s - \psi Q_c)^+ + (q_{\hat{s}} - (1 - \psi)Q_c)^+)$$

Det som var bra med denne løsningsmetoden i det risikonøytrale markedet var at den krevde færre forutsetninger. Dette mister man litt av i denne formuleringen. Her foretas det en ganske streng forutsetning om hvordan bestillingsbeslutningen tas i koalisjonen. Men man slipper å definere hvordan ekstrainntekten skal fordeles. I modellen som er brukt i oppgaven er man nødt til å definere hvordan inntekten fra internhandelen skal fordeles. I avsnitt 3.5 ble det vist at variasjon i denne fordelingen førte til resultatforandringer. Med den nye formuleringen av maksimeringsproblemet slipper man å tenke på konsekvensen av å velge forskjellige fordelingsformuleringer, optimal fordeling av varer skjer i modellen.

4 Resultatforskjeller mellom tapsaverse og risikonøytrale selgere

I kapittel 3 ble tapsaverse risikopreferanser innført i et forsøk på formulere problemet som virkelighetens «avisselgere» står ovenfor. Dette kapittelet vil sammenligne resultatene fra kapittel 2 og 3.

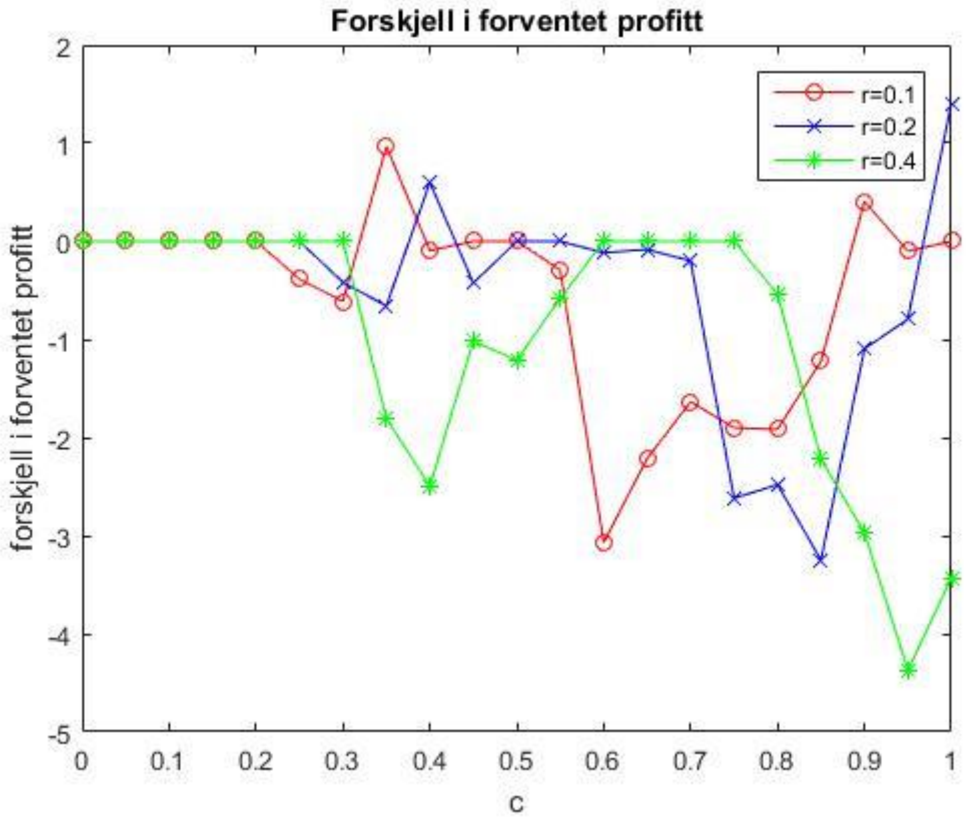
Først ser vi på hvordan forskjellen i den optimale bestillingen for tapsaverse og risikonøytrale selgere er. Forskjellen er illustrert i figuren under. Der er forskjellen definert som $Q_a^{risikonøytral} - Q_a^{tapsavers}$. Positive forskjeller innebærer at bestillingen til de risikonøytrale selgerne er størst. Negative forskjeller betyr at bestillingen til de tapsaverse selgerne er størst.



Figur 4-1: Forskjell mellom risikonøytral og tapsavers bestilling under konkurranse

Figuren over viser at det er forskjeller i optimal bestilling mellom de risikonøytrale selgerne og de tapsaverse selgerne. Fortegnet på forskjellen avhenger av størrelsen på bestillingskostnaden. For lave bestillingskostnader bestiller de risikonøytrale selgerne mer enn de tapsaverse selgerne. Men når bestillingskostnaden blir stor vil de tapsaverse selgerne bestille mindre mer enn de risikonøytrale selgerne.

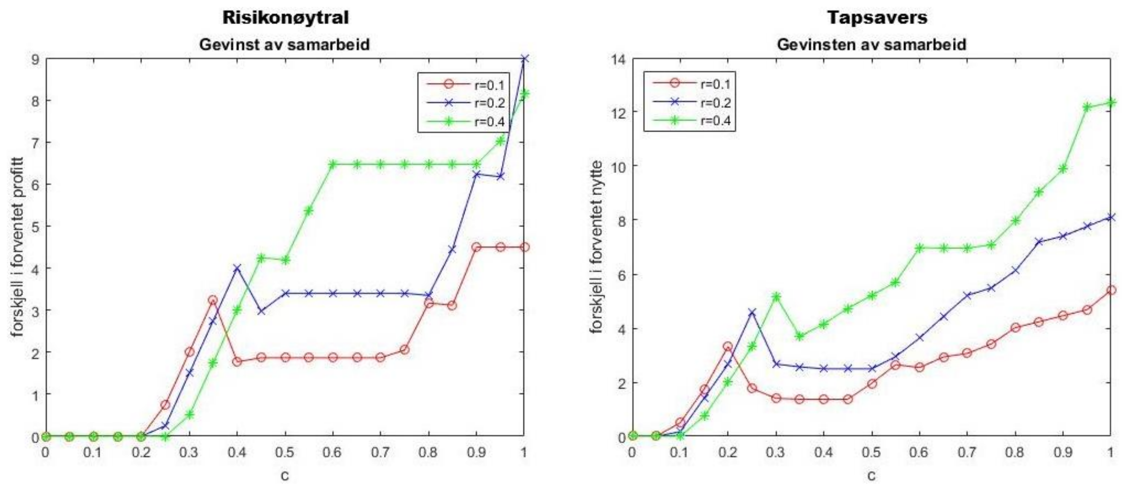
I det opprinnelige problemet var det en selger alene i et marked. Da vil alltid en risikonøytral selger velge det objektivt sett beste kvantumet. Det vil si det kvantumet som maksimerer den forventede profitten. Det trenger ikke å være tilfellet i et konkurrerende marked. For som resultatene fra 2.4 viste kan risikonøytrale selgere avvike fra den objektivt beste bestillingen. Figuren under viser hvordan forskjellen i forventet profitt mellom risikonøytrale og tapsaverse selgere. Forskjellen er definert som, $E\pi_a^{tapsavers} - E\pi_a^{risikonøytral}$. Dermed vil positive forskjeller innebære at den tapsaverse selgerens forventede profitt er større enn den risikonøytrale selgerens forventede profitt. Tilsvarende vil negative forskjeller bety at den forventede profitten til risikonøytrale selgere vil være høyere enn den tapsaverse selgerens forventede profitt.



Figur 4-2: Forskjell i forventet profitt for tapsaverse og risikonøytrale selgere under konkurranse

Figuren over viser at forskjellen tar både positive og negative verdier. Det betyr at den forventede profitten til tapsaverse selgere kan ligge over den forventede profitten til risikonøytrale selgere. Dette resultatet kan virke overaskende i og med den risikonøytrale selgeren kun er interessert i å maksimere egen nytte, i motsetning til den tapsaverse selgeren som i tillegg ønsker å minimere tapene. Dette skjer som følge av bestillingsfeilen som oppstår ved konkurranse.

Selv om den tapsaverse selgeren oppnår høyere forventet profitt enn den risikonøytrale selgeren, vil den risikonøytrale selgeren alltid oppnå minst like høye forventet nytte som den tapsaverse selgeren. Begge selgerne vil oppnå høyere forventet nytte av å samarbeide med en selger med de samme risikopreferansene, det ble vist i 2.4.2 og **Feil! Fant ikke referansekilden.**.



Figur 4-3: Forskjell i gevinst av samarbeid for tapsaverse og risikonøytrale selgere

Figuren viser gevinsten av samarbeid for risikonøytrale og tapsaverse selgere. Som vi kan se vil de tapsaverse individene ha enda større nytte av samarbeid for de fleste kostnader. Den tapsaverse selgeren vektlegger de dårligste tilstandene mer de andre tilstandene. Under samarbeid endres bestillingen så den interne handelen øker. Den interne handelen er en stabilisator som jevner ut profitten i de forskjellige tilstandene. Når den realiserte etterspørselen er på det laveste, er overskuddet av varer på det maksimale for selgeren. Under samarbeid vil selgeren kunne redusere dette overskuddet ved at den samarbeidende selgeren kjøper varene som er til overs om han trenger det. På samme måte vil man kunne redusere underskuddskostnadene ved å kjøpe varer fra naboselgeren. Handelen fungerer derfor som en forsikring mot de største forventede tapene. Samarbeidet gjør at de kan samkjøre bestillingen slik at de får maksimalt ut av denne forsikringsmekanismen. Siden tapsaverse selgere legger mer vekt på de dårlige utfallene og samarbeidet gjør de dårlige utfallene mindre dårlige, vil den tapsaverse selgeren få mer ut av samarbeidet enn den risikonøytrale.

5 Diskusjon

Dette kapittelet tar for seg de viktigste funnene for oppgaven, og knytte funnene opp mot oppgavens problemstillinger. Kapittelet forsøker mer spesifikt å vurdere om problemformuleringen gir svar på de to problemstillingene. Det er også gjort en kritisk gjennomgang av resultatene med en sammenligning av tidligere litteratur.

5.1 Hvordan handler den tapsaverse selgeren sammenlignet med virkelighetens «avisselger»?

Formålet med denne oppgaven var å formulere problemet som virkelighetens «avisselgere» står ovenfor. Denne oppgaven bygger på antakelsen om at virkelighetens selgere er tapsaverse. I dette underkapittelet vil det bli diskutert om denne antakelsen er realistisk, eller ikke. Bakgrunnen for diskusjonen er Figur 4-1, som viser hvordan bestillingen til tapsaverse selgere er sammenlignet med risikonøytrale selgere under konkurranse. Resultatene viser at tapsaverse selgere bestiller mindre enn risikonøytrale selgere for lave bestillingskostnader. Mens for høye bestillingskostnader bestiller tapsaverse selgere mer enn risikonøytrale selgere. Spørsmålet blir da om en på bakgrunn av disse resultatene kan si om tapsaversjon er en god, eller dårlig tilnærming til virkelighetens selgeres risikopreferanser.

Fisher og Raman (1996) viser at virkelighetens bestilling ligger systematisk under det den tradisjonelle Newsvendor-modellen predikerer. Figur 4-1 viste at tapsaverse selgere kunne bestille mer og mindre enn den optimal risikonøytrale bestillingen. For at resultatene i nevnte studie skal stemme må de studerte produktene være lavkostnadsprodukter. Med lavkostnadsprodukter menes produkter med bestillingskostnader som ikke er store nok til at tapsaverse selgere bestiller mer enn risikonøytrale selgere. Informasjon om produktene som inngår i studiet kommer derimot ikke tydelig frem i deres artikkel.

Schweitzer og Cachon (2000) fant i sine økonomiske eksperimenter at virkelighetens «avisselgere» underbestiller når bestillingskostnaden er liten og overbestiller når bestillingskostnaden er stor. Dette under- og overbestillingsmønsteret er kjent som pull-to-center-effekten og er veldokumentert (Bostian et al., 2008, Ho et al., 2010). Figur 4-1 viser at tapsaverse selgeres bestilling følger dette mønsteret. Schweitzer og Cachon (2000) viste derimot at pull-to-center-effekten ikke kunne forklares med tapsaverse risikopreferanser. Forfatterne viser at en tapsavers selger alltid vil bestille mindre enn en risikonøytral, men problemformuleringen deres er uten underskuddskostnader. Når kostnaden av å avvise kunder inkluderes i problemet for tapsaverse selgere vil det være mulig for tapsaverse selgere å bestille mer enn risikonøytrale selgere (Wang og Webster, 2009, Herweg, 2013). Hvis en setter underskuddskostnadene lik 0 i denne oppgavens problemformulering, vil en tapsavers selger også her aldri bestille mer enn en risikonøytral.

Kombinasjonen av tapsaverse risikopreferanser og underskuddskostnader gir over- og underbestillingsmønsteret som pull-to-center-effekten predikerer. Dette resultatet ble vist i Wang og Webster (2009), Herweg (2013) og denne oppgaven. Spørsmålet er hvorfor det skjer. Når bestillingskostnaden er lav har både de risikonøytrale og tapsaverse selgerne insentiver til å bestille mye. Dermed er bestillingen høy. Når bestillingen går mot q_N, går den forventede kostnaden av å bestille for lite mot 0, samtidig som den forventede kostnaden av å bestille for mye er økende.

$$Q \to q_N \quad \mathrm{r} \sum_{s} \sigma_s Y_a(s) \to 0$$

Det betyr at når bestillingskostnadene er lave vil tilstandene med lav realisert etterspørsel være de «dårlige» tilstandene. Fordi bestillingen da er høy og følgelig er de forventede underskuddskostnadene lave. Tapsaverse selgere legger mer vekt på de «dårlige» tilstandene og vil derfor bestille mindre enn risikonøytrale selgere når bestillingskostnadene er lave. Det motsatte vil skje med høye bestillingskostnader, da høye bestillingskostnader gir insentiver til å bestille lite. Lave bestillinger betyr at den tapsaverse selgeren legger mer vekt på tilstander med høy realisert etterspørsel. Siden den forventede kostnaden av å bestille for lite øker med reduksjoner i bestillingskvantumet vil tapsaverse selgere bestille mer når bestillingskostnaden blir stor.

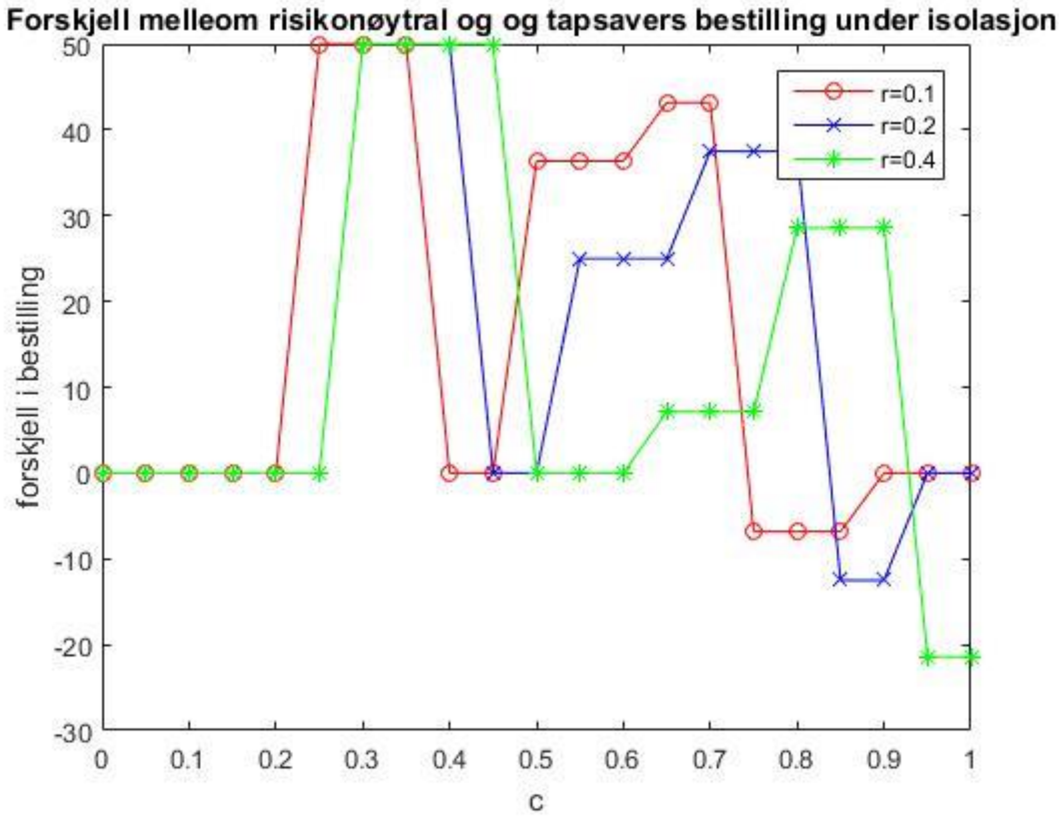
$$Q \to q_1 \quad \sum_{s} \sigma_s X_a(s) \to 0$$

Ho et al. (2010) fant i sitt studie at «pull-to-center-effekten» var større for produkter med lave bestillingskostnader sammenlignet med produkter for høye bestillingskostnader. Det betyr at overbestillingen var større i tilfeller med lav bestillingskostnad sammenlignet med underbestillingen i tilfellene med høy bestillingskostnad. Dette resultatet stemmer også overens med resultatene i denne oppgaven. I denne modellen vil den tapsaverse selgeren bestille mindre enn optimalt for lave bestillingskostnader, og mer enn optimalt for høye kostnader. Men det skal nokså høye kostnader til for at de tapsaverse selgerne skal bestille mer enn optimalt, og avvikene er betydelig mindre i tilfellene hvor tapsaverse selgere bestiller mer enn risikonøytrale selgere.

Ovchinnikov et al. (2015) virker å være det eneste studiet som undersøker hvordan virkelighetens avisselgere faktisk handler under konkurranse. De viste at virkelighetens selgere bestilte systematisk mindre enn det Nash-likevekten predikerer under konkurranse. Nash-likevekten de referer til er Nash-likevekten for problemet med to konkurrerende risikonøytrale selgere. I denne oppgaven kan de tapsaverse selgerne bestille mindre, eller mer enn den risikonøytrale Nash-likevekten. Dette varierer over forskjellige kostnadsnivåer. Så om resultatene til Ovchinnikov et al. (2015) samsvarer med resultatene i denne oppgaven avhenger av hvilke kostnader som blir brukt i studiet. Resultatene til Ovchinnikov et al. (2015) bygger på antakelsen om en salgspris på 3 og en bestillingskostnad på 1. I denne oppgaven er bestillingskostnaden et relativt mål mot prisen, p. Bestillingskostnaden som er av samme størrelse i denne oppgaven er 1/3. Som Figur 4-1 viser vil en relativ kostnad på 1/3 føre til at tapsaverse selgere bestiller mindre enn den optimale Nash-likevekten for alle de tre utvalgte underskuddskostnadsnivåene.

Pull-to-center-effekten er et empirisk funn basert på eksperimenter utført for å avdekke atferden til virkelighetens selgere. Studiene som har sett på denne effekten har fokusert på den klassiske «avisselgeren», det vil si en selger alene i et marked (Schweitzer og Cachon, 2000, Bostian et al., 2008, Ho et al., 2010). Argumentasjonen over bygger på tall fra problemutvidelsen til to selgere. Selv om Ovchinnikov et al. (2015) hevder at effekten også er gjeldende i et konkurrerende marked, gir de ingen god forklaring på hvorfor effekten er gjeldende. En kan derfor argumentere for at over- og underbestillingsmønsteret i denne oppgaven er et produkt av konkurranse. Men dette resultatet vil også oppnås i et tilsvarende isolert marked. Det kan illustreres ved å gjøre akkurat det samme som ble gjort i Figur 4-1, men nå løses maksimeringsproblemene for $\alpha=0$.

$$forskjell\ i\ bestilling = risikonøytral\ bestilling - tapsavers\ bestilling$$



Figur 5-1: Forskjell mellom risikonøytral og tapsavers bestilling under isolasjon

Som figuren over viser, vil en tapsavers selger bestille mer, eller like mye som en risikonøytral selger når bestillingskostnaden blir tilstrekkelig stor. Sammenligner vi denne figuren med Figur 4-1, ser vi at de tapsaverse selgerne overbestiller for lavere bestillingskostnader under isolasjon sammenlignet med under konkurranse. Konkurranse øker også insentivene til å bestille mer, dermed kreves det høyere bestillingskostnader for å redusere bestillingen. Dette viser at det ikke er konkurranse som gir over- og underbestillingsmønsteret, men kombinasjonen av tapsaversjon og underskuddskostnader.

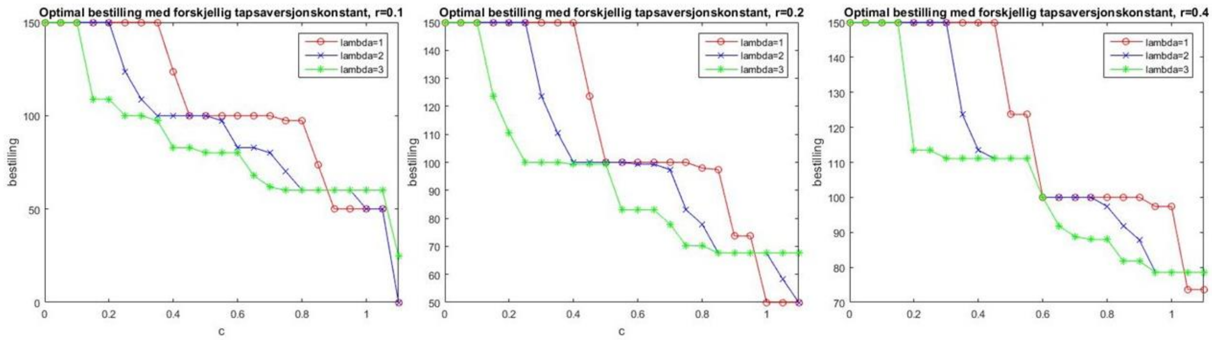
Resultatene i denne oppgaven er konsistente med funnene i tidligere studier gjort på virkelighetens Newsvendor-problem. Noe som kan bety at risikopreferansene til virkelighetens selgere er nærmere tapsaversjon enn risikonøytralitet. Resultatene bygger på en antakelse om positive underskuddskostnader. For underskuddskostnader lik 0 vil ikke utvidelsen til tapsaverse risikopreferanser kunne forklare pull-to-center-effekten. Om tapsaversjon tilbyr en bedre forklaring av virkelighetens problem avhenger derfor av om antakelsen av positive underskuddskostnader er god, eller dårlig. Hvorvidt antakelsen er god, eller ikke blir ikke drøftet videre i denne oppgaven, men det er en antakelse som går igjen i mange av problemformuleringene i litteraturen, se (Alfares og Elmorra, 2005, Khouja, 1999, Ho et al., 2010, Petruzzi og Dada, 1999).

5.2 Effekten av tapsaversjon

Utvidelsen av Newsvendor-problemet til å gjelde for tapsaverse individer ga et problem som var konsistent med pull-to-center-effekten. De neste avsnittene vil se på andre implikasjoner av en slik utvidelse.

5.2.1 Effekten av økt grad av tapsaversjon

Figur 4-1 viste at tapsaverse selgere bestiller mindre enn risikonøytrale selgere for lave bestillingskostnader og mer enn risikonøytrale selgere for høye bestillingskostnader. I denne figuren har den tapsaverse selgeren en tapsaversjonskonstant på to. Optimal bestilling vil variere over forskjellige tapsaversjonskonstanter. Wang og Webster (2009) viser at effekten av endringer i tapsaversjonskonstanten avhenger av kostnadsnivået. For lave underskuddskostnader vil den tapsaverse selgeren bestille mindre enn risikonøytrale selgere og jo mer tapsavers selgeren er desto mindre vil han bestille. For høye underskuddskostnader vil den tapsaverse selgeren bestille mer enn den risikonøytrale selgeren og jo mer tapsavers selgeren er desto mer vil han bestille.



Figur 5-2: Tapsaversjonskonstantens effekt på optimal bestilling

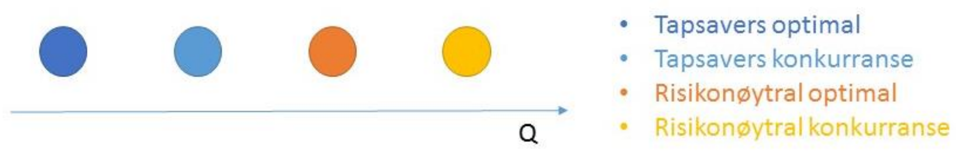
Figuren over viser hvordan optimal bestilling varierer med tapsaversjonskonstanten. For lave bestillingskostnader bestiller risikonøytrale selgere mer enn tapsaverse selgere og jo mer tapsavers selgerne er desto mindre er bestillingen. For høye bestillingskostnader bestiller tapsaverse selgere mer enn risikonøytrale selgere og jo mer tapsaverse selgerne er desto mer bestiller de. Resultatet ligner på det Wang og Webster (2009) fikk. I Wang og Webster (2009) må underskuddskostnadene over en terskel for at selgerne skal bestille mer med økt tapsaversjonskonstant. I det tapsaverse problemet i denne oppgaven er terskelen knyttet til bestillingskostnaden. Wang og Webster (2009) bruker et eksogent referansepunkt og kontinuerlig sannsynlighetsfordeling i sin problemformulering. Det gjør at resultatene deres er litt annerledes sammenlignet med resultatene i denne oppgaven.

5.2.2 Forventet profitt høyere for konkurrerende tapsaverse selgere

I Figur 4-2 presenteres et interessant resultat, tapsaverse selgere kan oppnå høyere forventet profitt enn risikonøytrale selgere under konkurranse. Dette er et resultat som ikke finnes i annen litteratur, så vidt meg bekjent. Det er i det hele tatt få som har sett på problemet for konkurrerende, tapsaverse selgere. Wang (2010) studerte et konkurrerende Newsvendor-problem med tapsaverse selgere, men forfatteren foretar ikke en sammenligning av bestillingene til tapsaverse og risikonøytrale selgere.

Tapsaverse selgere vil ikke kunne oppnå høyere forventet profitt enn risikonøytrale selgere i et marked med kun en selger. Risikonøytrale selgere velger det kvantumet som maksimerer deres forventede profitt gitt konkurrentens bestilling. I et marked uten konkurrenter vil derfor den risikonøytrale selgeren velge bestillingen som maksimerer den forventede profitten i markedet. En tapsavers selger kan aldri velge en bestilling som gir høyere forventet profitt enn den profittmaksimerende bestillingen, dermed vil tapsaverse selgere aldri oppnå høyere forventet profitt i et marked uten konkurranse. Når det er flere selgere er det derimot ikke sikkert at de risikonøytrale selgerne velger de optimale bestillingene.

Tapsaverse selgere bestiller mindre enn risikonøytrale selgere når bestillingskostnaden er lave og mer når bestillingskostnadene er høye. Under konkurranse vil både risikonøytrale selgere og tapsaverse selgere bestille mer enn deres nyttemaksimerende bestilling for lave bestillingskostnader og mindre når bestillingskostnadene er store. Dette er illustrert i henholdsvis Figur 2-3 og Figur 3-3. Kombinasjonen av disse to effektene kan gjøre at tapsaverse selgeres bestilling er objektivt bedre enn risikonøytrale selgeres bestilling. For lave bestillingskostnader ligger den nyttemaksimerende bestillingene til tapsaverse selgere under den nyttemaksimerende bestillingen til risikonøytrale selgere. Samtidig kan både risikonøytrale og tapsaverse selgere bestille mer enn deres nyttemaksimerende kvantum. Da vil risikonøytrale selgere bevege seg bort fra bestillingen som maksimerer samlet risikonøytral nytte, mens tapsaverse selgere vil komme bestillingen som maksimerer samlet risikonøytral nytte. Figuren under illustrerer denne mekanismen.



Figur 5-3: Konkurransens påvirkning på bestillingen til tapsaverse og risikonøytrale selgere

Bestillingen som maksimerer den samlede risikonøytrale nytten er den profittmaksimerende bestillingen. Konkurranse fører risikonøytrale selgere vekk fra det profittmaksimerende kvantumet og tapsaverse selgere nærmer det profittmaksimerende kvantumet. Hvis de tapsaverse selgernes bestilling ligger nærmere det profittmaksimerende kvantumet enn de risikonøytrale selgernes bestilling, vil de tapsaverse selgerne oppnå høyere forventet profitt.

For høye bestillingskostnader vil argumentet være omvendt. Da er den optimale tapsaverse bestillingen høyere enn den optimale risikonøytrale bestillingen og bestillingene under konkurranse ligger under optimal bestilling.

5.3 Effekten av konkurranse

I resultatene fra 2.4.1 og **Feil! Fant ikke referansekilden.** sammenlignes bestillingen under konkurranse og bestillingen en sentralisert beslutningstaker ville valgt for begge selgerne. Den sentraliserte beslutningstakeren velger bestillingen som maksimerer selgernes samlede nytte. I og med at individene er like vil bestillingen som maksimerer samlet nytte være den som maksimerer hver enkelt selgers nytte. Avvik fra den sentraliserte bestillingen er ensbetydende med avvik fra den optimale bestillingen. Men avviket kan også brukes til å tolke effekten som konkurranse har på selgerens atferd. Tidligere studier viser at selgeren bestiller mer under konkurranse for alle kostnadsnivåer, se (Lippman og McCardle, 1997), (Netessine og Rudi, 2003) og (Wang, 2010). Funnene i denne oppgaven viser derimot at konkurranse kan føre til en bestillingsreduksjon hvis bestillingskostnaden er tilstrekkelig stor.

Lippman og McCardle (1997), Wang (2010) og Netessine og Rudi (2003) viser alle at bestillingen selgere øker med konkurranse, men måten de gjør det på er forskjellig. Lippman og McCardle (1997) og Wang (2010) ser på effekten av konkurranse ved å øke antall selgere i et marked. Netessine og Rudi (2003) viser effekten av konkurranse ved å sammenligne den konkurrerende bestillingen med den sentraliserte bestillingen, som også blir gjort i denne oppgaven. I dette delkapittelet skal effekten av konkurranse som er funnet i denne oppgaven sammenlignes med effekten av konkurranse som er funnet i de nevnte studiene. Siden definisjonen av konkurranseeffekten ikke er konsistent i de tre studiene, vil funnene i denne oppgaven først sammenlignes med Lippman og McCardle (1997), så Wang (2010) og tilslutt Netessine og Rudi (2003).

5.3.1 Lippman og McCardle (1997)

Lippman og McCardle (1997) finner at konkurranse aldri kan føre til mindre bestilling i et marked. Men i stedet for å sammenligne bestillingen under konkurranse med den sentraliserte bestillingen, bruker de en monopolist som referanse til å måle effekten av konkurranse. For å kunne sammenligne resultatene i denne oppgaven med resultatene til Lippman og McCardle (1997) må problemet til den monopolistiske selgeren formuleres i denne oppgaven. Monopolisten møter industrietterspørselen, D, som er summen av den direkte etterspørselen til markedets to selgere.

$$D = D_a + D_{\hat{a}}$$

Den direkte etterspørselen til selgerne er bestemt av en stokastisk variabel som varierer med hvilken tilstand som blir realisert. Monopolistens etterspørsel er en stokastisk variabel som avhenger av realisering av tilstandsparet **s**.

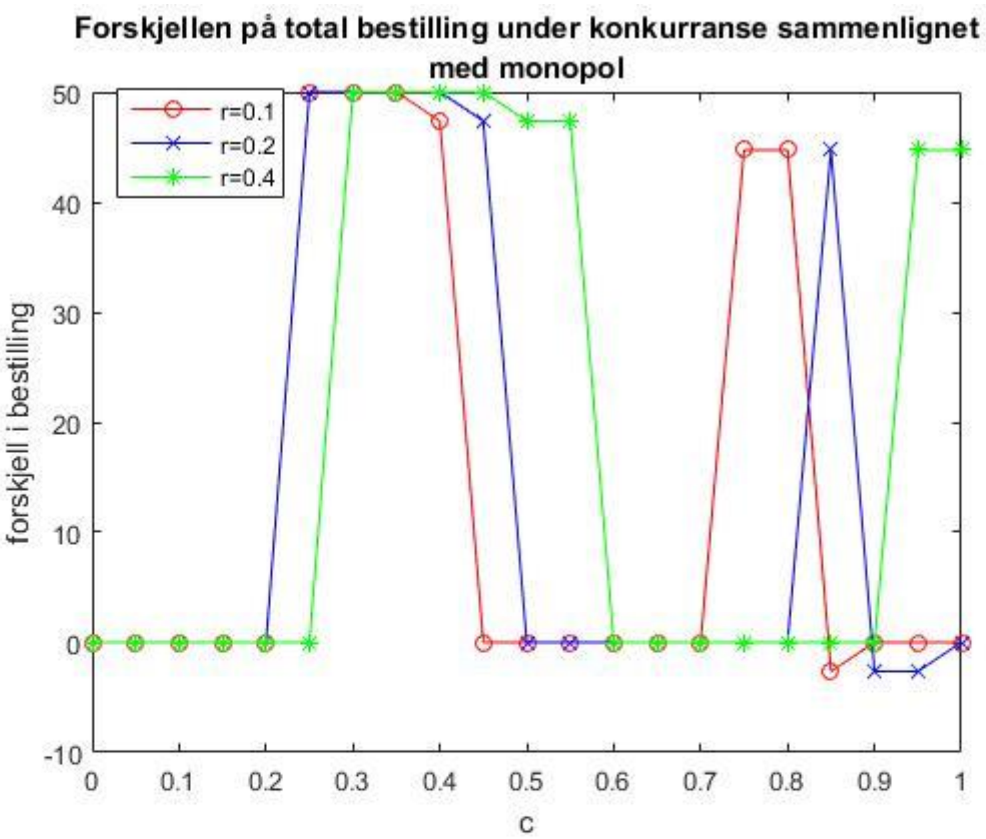
$$q_{\boldsymbol{s}} = q_s + q_{\hat{s}}$$

Monopolistens maksimeringsproblem vil da være det klassiske Newsvendor-problemet, der den usikre variabelen er $q_{\mathbf{s}}$:

$$\max_{Q_M} (\mathrm{p} - c)Q - \mathrm{p}\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}(Q_M - q_{\boldsymbol{s}})^+ - r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}}(q_{\boldsymbol{s}} - Q_M)^+$$

Løsningen av dette maksimeringsproblemet gir den optimale bestillingen til monopolisten[3]. Ved å sammenligne monopolistens bestilling med de konkurrerende selgernes bestilling vil en finne effekten av konkurranse slik Lippman og McCardle (1997) gjør det. Under illustreres forskjellen mellom den totale bestillingen under konkurranse og monopolistens, der forskjellen i bestilling er definert som:

$$forskjell\ i\ bestilling = (Q_a + Q_{\hat{a}}) - Q_M$$



Figur 5-4: Forskjellen på total bestilling under konkurranse sammenlignet med monopol for risikonøytrale selgere

Figuren viser at bestillingen er større under konkurranse sammenlignet med monopolistens bestilling for de fleste kostnadskombinasjoner. Men for høye bestillingskostnader kan monopolbestillingen være større en konkurransebestillingen. Lippman og McCardle (1997) viste imidlertid at monopolistens bestilling aldri kunne være større enn den bestillingen under konkurranse.

[3] For fullstendig utregning se appendiks

Hovedforskjellen på resultatene til Lippman og McCardle (1997) og resultatene i denne oppgaven er at de modellerer konkurranse under antakelsen om at α=1. Ved å undersøke den optimale tilpasningen til de risikonøytrale selgerne kan en fortelle hvordan forskjellen i bestillingen mellom monopolisten og konkurrentene er for forskjellige verdier av α.

I optimum er marginalkostnad lik forventet marginalinntekt. Marginalkostnaden er kostnaden av å bestille en til enhet, som er bestillingskostnaden. Når det bestilles en ekstra vare vil profitten øke dersom realisert etterspørsel er større enn bestillingen. Da øker salgsinntektene med prisen, p, samtidig avviser selgeren en kunde mindre og sparer derfor r. Den forventede marginalinntekten er derfor pris og underskuddskostnad multiplisert med sannsynligheten for at realisert etterspørsel er større enn bestillingen.

$$Emc = c \qquad\qquad Emr = (p + r)Pr(Q < \mathrm{R})$$

Ved å sette marginalkostnadene lik hverandre vil en finne vilkåret for den optimale bestillingen:

$$Pr(\mathrm{Q}^* < \mathrm{R}) = \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{p} + \mathrm{r}}$$

Denne løsningen er kjent som den kritiske fraktil[4], som er vilkåret for den profittmaksimerende bestillingen i det klassiske Newsvendor-problemet (Khouja, 1999). Dette er også den optimale tilpasningen i det konkurrerende problemet for risikonøytrale selgere. I denne oppgaven bestemmes den forventede etterspørselen av en diskret sannsynlighetsfordeling. Det betyr at det er en begrenset mengde utfall og dermed er det ikke sikkert at det finnes bestillinger hvor optimumssammenhengen holder med likhet. I denne oppgavens optimum må følgende sammenheng gjelde:

$$Pr(\mathrm{Q}^* < \mathrm{R}) \leq \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{p} + \mathrm{r}}$$
$$Pr(Q_{-}^{*} < \mathrm{R}) > \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{p} + \mathrm{r}}$$

[4] Den kritiske fraktil er normalt formulert som: $\Pr(Q^* \geq R) = \frac{p+r-c}{p+r} \;\rightarrow\; Pr(\mathrm{Q}^* < \mathrm{R}) = 1 - \Pr(Q^* \geq R) = \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{p+r}}$

Bestillingen som gir likhet mellom marginalkostnader og marginalinntekter er optimal. Hvis det derimot ikke finnes en bestilling som gir likhet mellom marginalkostnader og marginalinntekter, vil det være bestillingen der marginalprofitten skifter fra positiv til negativ som er den optimale bestillingen. Vilkårene for optimal tilpasning for monopolisten og konkurrenten kan uttrykkes som følger:

Optimal tilpasning monopolist:

$$\Pr(Q_M < q_s) \leq \frac{c}{p+r}$$

$$\Pr(Q_{M\_} < q_s) > \frac{c}{p+r}$$

Optimal tilpasning konkurrent:

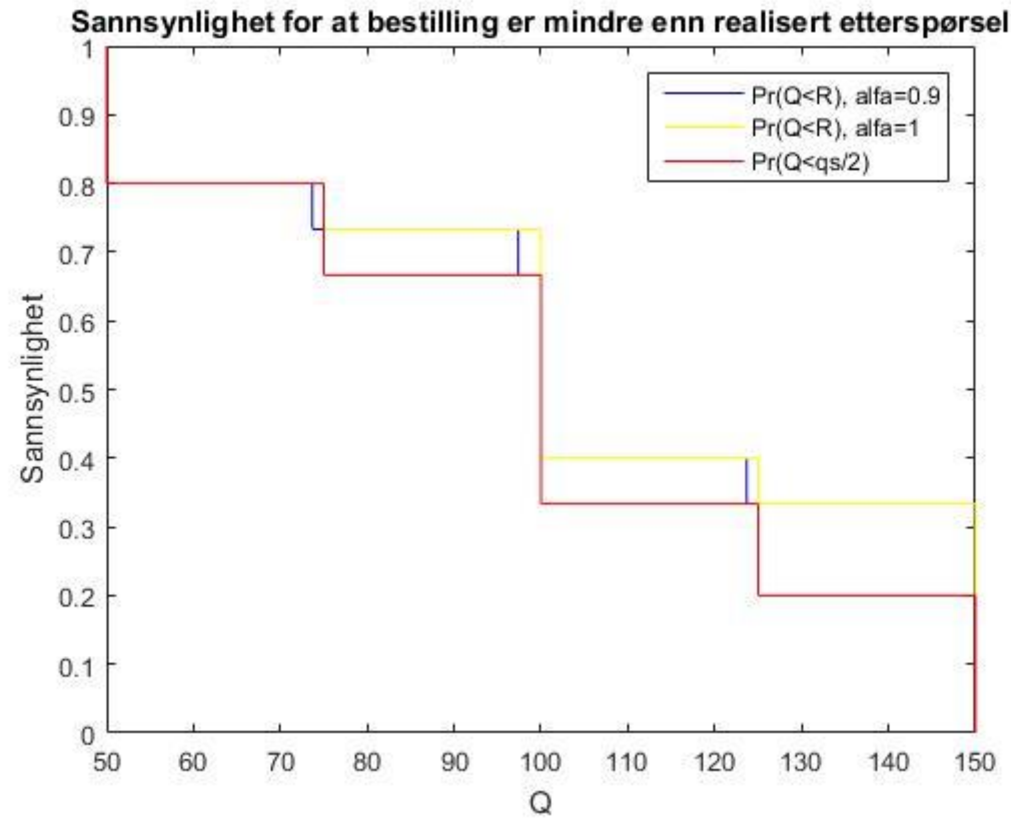
$$\Pr(Q_a < R_a) \leq \frac{c}{p+r}$$

$$\Pr(Q_{a\_} < R_a) > \frac{c}{p+r}$$

For at monopolisten skal bestille mer enn de to konkurrentene må det finnes en Q som tilfredsstiller følgende betingelse:

$$\Pr\left(Q < \frac{q_s}{2}\right) > \Pr(Q < R_a)$$

I figuren under er de to sannsynlighetene illustrert. $\Pr(Q < R_a)$ er plottet for to forskjellige verdier av α, α=0.9 og α=1.



Figur 5-5: Sannynlighet for å bestille mindre enn realisert etterspørsel for monopolist og konkurrenter

Når α=1 vil $\Pr\left(Q < \frac{q_s}{2}\right) \leq \Pr(Q < R_a)$, dette resultatet gjelder for alle mulige verdier av Q. Dermed vil bestillingen under konkurranse aldri være mindre enn monopolistensbestilling. I denne oppgaven antas α å være mindre enn 1. For α<1 kan monopolisten bestille mer enn de konkurrerende selgerne. Figuren viser at $\Pr\left(Q < \frac{q_s}{2}\right)$ er større enn $\Pr(Q < R_a)$ i et lite intervall når α=0.9. Med sannsynlighetsfordelingen definert i denne oppgaven må følgende sammenheng holde[5]:

$$\Pr\left(Q < \frac{q_s}{2}\right) \leq \Pr(Q < R_a), \quad \forall\, Q \in \left[\frac{q_1 + q_2}{2}, q_3\right], \alpha \in [0,1]$$

Så lenge konkurrentenes optimale bestilling er større enn $\frac{q_1+q_2}{2}$ vil den konkurrerende bestillingen aldri være mindre enn monopolistens bestilling, uavhengig av størrelsen på α. For bestillinger lavere enn $\frac{q_1+q_2}{2}$ vil sammenhengen være motsatt og følgende sammenheng må gjelde for α <1:

[5] Se sannsynlighetstabeller i appendiks for videre innsikt

$$\Pr\left(Q < \frac{q_s}{2}\right) > \Pr(Q < R_a), \qquad \forall\, Q \in \left[\frac{q_1 + \alpha q_2}{1 + a}, \frac{q_1 + q_2}{2}\right), \alpha \in [0,1)$$

Implikasjonen av sammenhengen over er at når α<1 må det finnes en kombinasjon av kostnader som gir:

$$\Pr\left(Q < \frac{q_s}{2}\right) > \frac{c}{p + r} > \Pr(Q < R_a)$$

Dette resultatet viser at det finnes en kombinasjon av pris og kostnader som gir en tilpasning der monopolistens bestilling er større enn de konkurrerende selgernes. For α=1 vil bestillingen aldri være mindre under konkurranse.

Den numeriske analysen i denne oppgaven er gjort for α<1, mens Lippman og McCardle (1997) foretar sin analyse for α=1. Resultatene i denne oppgaven motsier dermed ikke resultatene til Lippman og McCardle (1997), men gir ytterligere forståelse av problemet ved at resultatene viser implikasjonene av en substitusjonskonstant mindre enn en.

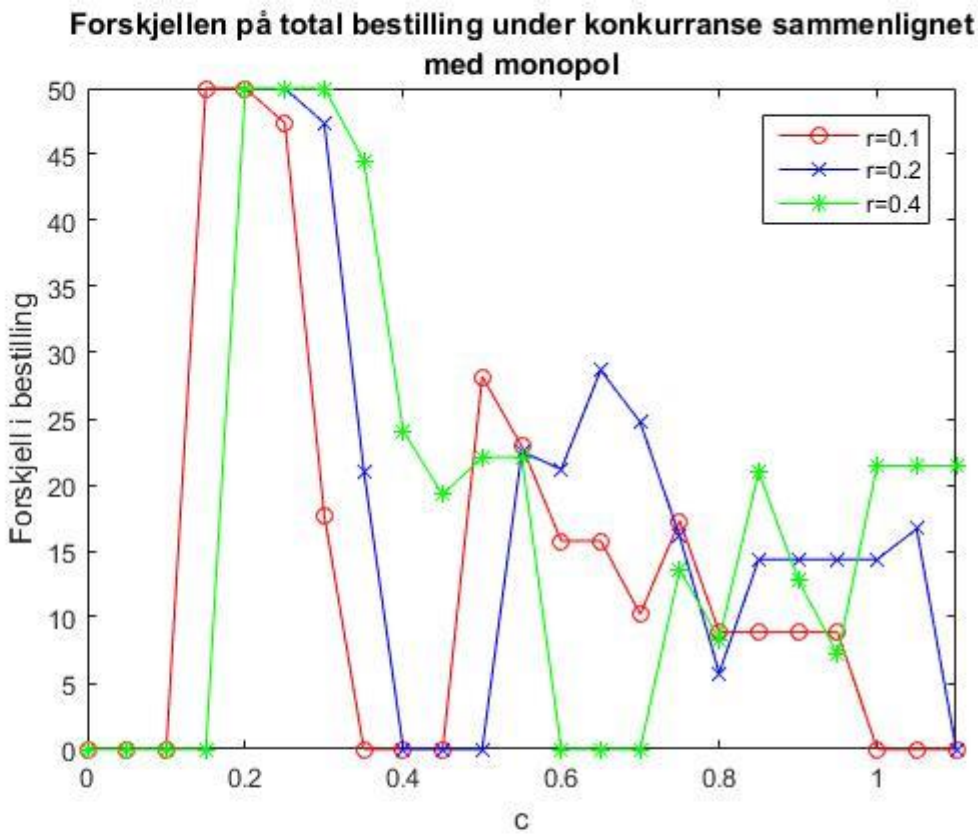
5.3.2 Wang (2010)

Wang (2010) viser at den totale bestillingen i markedet øker med antall selgere i markedet. Dette resultatet impliserer at en monopolist aldri vil bestille mer enn to konkurrerende selgere, som også Lippman og McCardle (1997) viste. Forskjellen på resultatene i Lippman og McCardle (1997) og Wang (2010), er at Wang (2010) analyserer et marked med tapsaverse selgere. For å kunne sammenligne resultatene i denne oppgaven med Wang (2010) må maksimeringsproblemet til den tapsaverse monopolisten uttrykkes.:

$$\max_{\mathrm{Q_M}} \mathrm{E\pi_M} - \eta(\lambda - 1) \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} L_M(\boldsymbol{s})$$

Løsningen av dette maksimeringsproblemet gir den optimale bestillingen til den tapsaverse monopolisten[6]. Denne bestillingen sammenlignes med de tapsaverse konkurrentenes bestilling i figuren under. Forskjellen i bestilling defineres som følger:

$$forskjell\ i\ bestilling = (Q_a + Q_{\hat{a}}) - Q_M$$



Figur 5-6: Forskjell på total bestilling under konkurranse sammenlignet med monopol for tapsaverse selgere

I figuren over er alle punktene positive. Det betyr at den tapsaverse monopolisten alltid bestiller mindre enn to tapsaverse konkurrenter. Dette er det samme resultatet som Wang (2010) viste.

5.3.3 Netessine og Rudi (2003)

I 2.4.1 og 3.4.1 ble det vist at bestillingen under konkurranse vil være større enn bestillingen som en sentralisert beslutningstaker ville valgt for lave bestillingskostnader og mindre for høye bestillingskostnader. Netessine og Rudi (2003) sammenligner også bestillingen til de konkurrerende selgerne med bestillingene som en sentralisert beslutningstaker ville gjort, men

[6] Mellomregninger finnes i appendiks

resultatet deres er annerledes. Forfatterne finner at bestillingen til de konkurrerende selgerne aldri er mindre enn bestillingen som den sentraliserte beslutningstakeren ville valgt. Det som skiller problemformuleringen i denne oppgaven med problemet i Netessine og Rudi (2003) er underskuddskostnadene. For å kunne forstå hvorfor underskuddskostnaden kan forklare avvikene fra Netessine og Rudi (2003), må man forstå forskjellen mellom en konkurrerende og sentraliserte bestillingsbeslutning.

Den ene selgerens bestilling påvirker den andre selgerens forventede profitt gjennom etterspørselen. Selgernes forventede etterspørsel er en funksjon av konkurrentens avviste kunder. Jo større bestillingen til konkurrenten er desto mindre er selgerens forventede etterspørsel, og vice versa. Forskjellen på om beslutningen tas sentralt eller ikke er hvordan en forholder seg til motpartens nytte. En sentralisert beslutningstaker vil ta hensyn til effekten som bestillingskvantumet til den ene selgeren har på den forventede profitten til den andre selgeren. De konkurrerende selgerne vil derimot ikke ta konkurrentens nytte i betraktning ved valg av bestillingskvantum. Hvorvidt de konkurrerende selgerne bestiller mer, eller mindre enn den sentraliserte beslutningstakeren avhenger av om en økning i forventet etterspørsel fører til økt forventet profitt, eller ikke.

En økning i forventet etterspørsel har to effekter på forventet profitt:

1. Det gir en forventet økning i salgsinntektene.
2. Det gir en forventet økning i underskuddskostnadene.

Dersom selger a reduserer sin bestilling vil han øke de forventede salgsinntektene og de forventede underskuddskostnadene til selger â. Nettoeffekten av bestillingsreduksjonen kan uttrykkes på følgende måte:

$$Pr(X_{\hat{s}} > \alpha Y_s \;\&\; Q_a < q_s)\, p - Pr(X_{\hat{s}} \leq \alpha Y_s \;\&\; Q_a < q_s)\, r \qquad (5\text{-}1)$$

Uttrykket viser selger â sin forventede økning i salgsinntekter minus den forventede økningen i underskuddskostnader som følge av en bestillingsreduksjon av selger a. Dersom dette uttrykket er positivt, vil en reduksjon i selger a sin bestilling gi en forventet økning i profitten.

Tilsvarende vil en reduksjon i a sin bestilling gi en forventet reduksjon i profitten dersom uttrykket er negativt.

Denne sammenhengen kan også uttrykkes som følger:

$$\frac{Pr(X_{\hat{s}} > \alpha Y_s \ \& \ Q_a < q_s)}{Pr(X_{\hat{s}} \leq \alpha Y_s \ \& \ Q_a < q_s)} - \frac{r}{p} \tag{5-2}$$

Det første leddet i ligning (5-2) viser hva sannsynligheten er for at en bestillingsreduksjon hos selger a øker salgsinntektene til selger â relativt til sannsynligheten for at bestillingsreduksjonen øker underskuddskostnadene. Denne brøken øker med bestillingen til begge selgerne. Når â sin bestilling er øker, øker antallet overflødige varer i alle av â sine tilstander. Dermed øker sannsynligheten for at selger a sin bestillingsreduksjon skal føre til økt profitt. Når selger a sin bestilling er høy vil han avvise få kunder. Da er strømmen av kunder fra selgeren til konkurrenten liten. Når denne strømmen er liten, er sjansen stor for at en ekstra avviste kunden vil øke profitten til konkurrenten. Høye bestillinger gir derfor høyere sannsynlighet for at bestillingsreduksjoner fører til forventede profitt økninger hos den andre selgeren.

Ledd nummer to i likningen viser kostnaden av å avvise kunder relativt til salgsprisen. Jo høyere den relative kostnaden av å bestille en enhet for lite er, desto mindre blir uttrykket over. Denne relative kostnaden øker i r og synker i p. I denne oppgaven er prisen normalisert til en, slik at den relative underskuddskostnaden er lik r og sannsynlighetene er gitt. Dermed er det i alt to faktorer som bestemmer hvorvidt det er optimalt for den samarbeidende selgeren å bestille mer, eller mindre enn den konkurrerende selgeren. Det er størrelsen på bestillingen og underskuddskostnaden.

I Figur 2-3 og Figur 3-3 vises det at konkurrerende selgerne bestiller mer enn den sentraliserte beslutningstakeren for lave bestillingskostnader og mindre for høye bestillingskostnader. Dette resultatet kan forstås ved hjelp av ligning (5-2). Langs de forskjellig grafene i Figur 2-3 og Figur 3-3 er den relative underskuddskostnaden konstant. For en gitt relativ underskuddskostnad finnes det en terskelbestilling, $\bar{Q}$. Bestillinger over denne terskelen gjør ligning (5-2) positiv og bestillinger under gjør den negativ. Når bestillingskostnadene øker, faller den optimale bestillingen for både konkurrerende selgere og den sentraliserte beslutningstakeren. Når bestillingskostnaden blir tilstrekkelig stor vil konkurrentenes optimale bestilling falle under terskelbestillingen. Da vil de konkurrerende selgerne bestille mindre, eller like mye som den sentraliserte beslutningstakeren. Årsaken til dette er at den sentraliserte beslutningstakeren da vil øke den forventede profitten til den ene selgeren ved å øke bestillingen til den andre selgeren.

I Netessine og Rudi (2003) er underskuddskostnadene satt lik 0. Hvis underskuddskostnadene settes lik 0 i problemet i denne oppgaven vil bestillingen under konkurranse aldri være mindre enn bestillingen til den sentraliserte beslutningstakeren. Dette følger av at ligning (5-2) aldri kan bli negativt hvis $r = 0$. Det første leddet i (5-2) består av sannsynligheter som aldri kan bli negative. Dermed vil aldri (5-2) bli negativt dersom $r=0$. Det betyr at det er introduksjonen av underskuddskostnaden som gjør at konkurrerende selgere kan bestille mindre enn det bestillingen som en sentralisert beslutningstaker ville valgt.

Den sentraliserte beslutningstakeren bestiller det samme som de to selgere som samarbeider om bestillingsbeslutningen. I denne oppgaven har det også blitt sett på samarbeid som går utover koordinering av bestilling. Et mer omfattende samarbeid kan også gi høyere bestillinger enn under konkurranse som vist i Figur 2-6 og Figur 3-5. Selv om tidligere studier har vist at konkurranse aldri fører til mindre bestilling, har denne oppgaven vist at konkurranse kan gi lavere bestilling. Årsaken til at en får disse resultatene er at problemet i denne oppgaven bygger på antakelsene om positive underskuddskostnader og en substitusjonskonstant er mindre enn en.

5.4 Modellens svakheter

I denne modellen er det kun tre mulige fremtidige tilstander, hvilket er en svakhet ved modellen. Med tre mulige tilstander er det kun seks mulige bestillingskvantum for de risikonøytrale selgerne. At det er så få mulige bestillingsalternativer kan være en svakhet i modellen. Det gjør selgerne mindre sensitive til kostnadsendringer, siden det alltid er et hopp til neste mulige bestillingsalternativ. Dersom avstanden mellom de forskjellige bestillingsalternativene var mindre ville effekten av kostandsendringer vært større. Ved bruk av kontinuerlig sannsynlighetsfordeling vil en derfor komme nærmere den optimale responsen. Men virkelighetens selgere handler ikke optimalt, se (Fisher og Raman, 1996, Schweitzer og Cachon, 2000). Derfor er det kanskje ikke så urealistisk at selgerne sitter på et knippe mulige fremtidige tilstander som de vurderer.

Newsvendor-modellen er en forenkling av virkeligheten og om antagelsen som tas er realistiske har vært diskutert. Qin et al. (2011) trekker frem tre svakheter ved formuleringen av det det klassiske problemet:

- Eksogenitet i etterspørsel
- Fastpris fra leverandør
- Risikonøytrale selgere

Denne oppgaven har foksuert på å utbedre problemet ved å ta hensyn til det siste punktet. De to andre punktene er ikke tatt hensyn til i oppgaven. I denne oppgavene antas eksogenitet i etterspørselen og fastpris fra levrandør. Disse to punktene vil derfor være potenstielle svakheter ved modellen.

Qin et al. (2011) trekker frem tre påvirkninger som gjør eksogentitet i etterspørsel til en dårlig antakelse. Det er pris, markesføring og bestillingskvantum. I økonomisk teori ser en som regel på etterspørsen og pris som variabler som påvirker hverandre. Setter selgeren ned prisen på produktet vil han også få flere kunder og hvis det er mange kunder som ønsker produktet relativt til tilbudet presses prisen opp. Disse mekanismene eksisterer ikke i Newsvendor-problemet. Den positive sammenhengen mellom markedsføring og etterspørsel tas heller ikke med i betraktningen i denne oppgaven. Innføring av muligheten til å markedsføre er interessant, men det vil gjøre den konkurrerende modellen mer komplisert av to grunner. For det første så endogeniserer man etterspørselen. For det andre er det nå to strategiske variabler, kvantum og markedsføring. Det nevnes også hvordan antall tilgjengelige varer kan ha en effekt på antall varer solgt, men dette er trolig minst relevant.

Denne oppgaven antar at bestillingskostnadene er uavhengig av størrelse på bestilling. I virkeligheten er det imidelertid vanlig at levrandører tilbyr kvantumsrabatter. Levrandører ønsker å gi insentiver til høye bestillinger og det gjør de ved å la varene bli billigere jo større bestillingen er. I denne oppgaven antas derimot kvantumsrabatter å være ikke-eksisterende.

I problemformuleringen av samarbeidet i denne oppgaven gjelder samarbeidet også etter realisering av etterspørsel. Alle ledige varer blir overført til den trengende selger. Dermed vil ingen kunder avvises. Det kan virke som en streng antakelse. For hvordan kommer varene seg fra den ene selgeren til den andre? Når vet selgeren at han har varer til overs? I stedet for å foreta disse strenge antakelsene kunne man gjort som Slikker et al. (2005) å innføre transportkostnader. På den annen side er det kanskje ikke de riktige spørsmålene å stille. For selv om det blir modellert slik i modellen, trenger ikke dette å være slik det forgår i virkeligheten. Formuleringen ble brukt for å illustrere at kunder ikke avvises to ganger under samarbeid og at α er 1. I dagens samfunn er det lett å ta en telefon eller kommunisere over internett, dermed kan selgeren til enhver tid vite om naboselgerens varebeholdning. Hvis selgeren da er tom for varer kan han fortelle kunden hvor den finnes, eller fortelle kunden at alle selgerne er utsolgt. Dermed vil sannsynligheten for at kunden avvises to ganger være marginal.

I det konkurrerende markedet ville kun en andel α av de avviste kundene gå videre til neste selger. Hvis det er kundene selv som må gå mellom selgerne under samarbeid også, vil nok α være mindre enn en. Men den vil trolig være markant større enn under konkurranse. Årsaken er at kunder nå blir avvist med informasjon om hvor de eventuelt kan få tak i den etterspurte varen. Dermed minimeres risikoen for ikke å få tak i varen hos naboselgeren. I det konkurrerende markedet ble α antatt å være lik 0.9, siden α trolig vil være markant større under samarbeid er det naturlig å anta at α er 1.

6 Avslutning

6.1 Konklusjon

Det konkurrerende Newsvendor-problemet er en hittil lite utforsket utvidelse av Newsvendor-problemet. Formålet med denne oppgaven har vært å utvide litteraturen på det konkurrerende Newsvendor-problemet, ved å formulere et problem som ligger nærmere problemet virkelighetens «avisselgere» står overfor. I tidligere litteratur har det vært vanlig å gjøre forenklende antakelser ved utvidelsen til det konkurrerende problemet. I et forsøk på å gjøre problemet mer realistisk har oppgaven inkludert underskuddskostnadene i problemformuleringen, antatt at substitusjonskonstanten er mindre enn en og at problemets selgere er tapsaverse.

Når det konkurrerende problemet har blitt analysert tidligere har det vært vanlig å sette substitusjonskonstanten lik en. På bakgrunn av empiri om virkelighetens substitusjonskonstant antas substitusjonskonstanten i denne oppgaven å være mindre enn 1. Ved å la substitusjonskonstanten være mindre enn en, gjøres det et interessant funn. Når substitusjonskonstanten er mindre enn en, kan markedets totale bestilling gå ned når antallet selgere i markedet øker fra en til to.

En annen forenkling som ofte foretas i analysen av det konkurrerende Newsvendor-problemet er at underskuddskostnaden settes lik null. Inkluderingen av underskuddskostnader i problemet gjør at bestillingen under konkurranse kan være mindre enn bestillingen under samarbeid. Dette resultatet gjelder for både samarbeid som er begrenset til bestillingsbeslutningen og mer avanserte samarbeid. I tidligere litteratur konkluderes det med at bestillingen aldri vil øke når to selgere går fra å være konkurrenter til å være samarbeidspartnere.

Kombinasjonen av tapsaversjon og konkurranse gir flere interessante resultater. I følge tradisjonell økonomisk teori vil konkurranse gi lavere profitt, men det skjer ikke nødvendigvis for tapsaverse «avisselgere». Når bestillingskostnadene er små vil konkurrerende, tapsaverse selgere oppnå høyere forventet profitt under konkurranse, sammenlignet med den forventede profitten de oppnår i et samarbeid.

En annen interessant sammenheng som følger av tapsaversjonsutvidelsen er at tapsaverse selgere kan oppnå høyere forventet profitt enn risikonøytrale selgere. Risikonøytrale selgere er kun opptatt av å oppnå høyest mulig forventet profitt, dermed er det naturlig å tenke seg til at risikonøytrale selgere aldri vil oppnå lavere forventet profitt enn tapsaverse selgere. Men som resultatene i denne oppgaven viser kan tapsaverse selgere oppnå høyere forventet profitt enn risikonøytrale selgere under konkurranse. Dette skjer som følge av at konkurranse fører risikonøytrale selgere vekk fra den profittmaksimerende bestillingen, mens konkurranse leder tapsaverse selgere mot det profittmaksimerende kvantumet.

Kombinasjonen av tapsaverse risikopreferanser og underskuddskostnader større enn null fører til et bestillingsmønster som stemmer med pull-to-center-effekten. Det vil si at selgerne underbestiller for lave bestillingskostnader og overbestiller for høye bestillingskostnader. Formålet med denne oppgaven var å formulere et mer realistisk Newsvendor-problem for konkurrerende selgere. Det er ikke lett å gi et klart svar på om problemutvidelsen i denne oppgaven ligger nærmere det problemet virkelighetens selgere står ovenfor. Det som er sikkert er at problemets løsning er konsistent med Pull-to-center-effekten. Pull-to-center-effekten er den beste tilgjengelige beskrivelsen av virkelighetens selgeres bestillingsmønster. Det at problemet er konsistent med pull-to-center-effekten er ikke i seg selv en bekreftelse på at virkelighetens selgere er tapsaverse, men det kan implisere at virkelighetens selgeres risikopreferanser bedre beskrives med tapsaversjon.

6.2 Videre forskning

Det finnes få empiriske studier som søker å finne ut hvordan virkelighetens avisselgere oppfører seg i et marked ved flere selgere. Denne oppgaven tilbyr en mulig forklaring på pull-to-center-effekten og en unik hypotese om hvordan konkurrerende selgere oppfører seg. Neste steg vil logisk være å teste denne hypotesen.

Videre er det også mulig å gjøre problemet enda mer realistisk ved å endogenisere pris og etterspørsel. Dette er en utvidelse som gjøres i Petruzzi og Dada (1999) og (Qin et al., 2011), det kunne vært interessant å se hvilke implikasjoner denne utvidelsen ville hatt på resultatene i denne oppgaven. Det hadde også vært spennende å se hvordan løsningen påvirkes med flere selgere i markedet og flere mulige tilstander.

Denne oppgaven er begrenset til å se på hvordan konkurranse påvirker selgerne i markedet, men markedet består også av konsumenter. I denne oppgaven tas det ikke hensyn til konsumentenes velferd. En interessant vinkling på problemet er hvordan konkurranse påvirker den totale velferden i markedet.

7 Referanseliste

Alfares, Hesham K. og Elmorra, Hassan H. (2005) The distribution-free newsboy problem: Extensions to the shortage penalty case. *International Journal of Production Economics,* 93–94**,** s. 465-477.

Benartzi, Shlomo og Thaler, Richard H. (1995) Myopic Loss Aversion and the Equity Premium Puzzle. *The Quarterly Journal of Economics,* 110 (1)**,** s. 73-92.

Bostian, A. J. A., Holt, Charles A. og Smith, Angela M. (2008) Newsvendor "Pull-to-Center" Effect: Adaptive Learning in a Laboratory Experiment. *Manufacturing & Service Operations Management,* 10 (4)**,** s. 590-608.

Camerer, Colin, et al. (1997) Labor Supply of New York City Cabdrivers: One Day at a Time. *The Quarterly Journal of Economics*, 112 (2)**,** s. 407-441.

Edgeworth, Francis Y. (1888) The Mathematical Theory of Banking. *Journal of the Royal Statistical Society,* 51 (1)**,** s. 113-127.

Fisher, Marshall og Raman, Ananth (1996) Reducing the Cost of Demand Uncertainty through Accurate Response to Early Sales. *Operations Research,* 44 (1)**,** s. 87-99.

Fudenberg, Drew og Tirole, Jean (1991) *Game theory,* Cambridge, Mass., MIT Press.

Gallego, Guillermo og Moon, Ilkyeong (1993) The Distribution Free Newsboy Problem: Review and Extensions. *The Journal of the Operational Research Society,* 44 (8)**,** s. 825-834.

Gruen, Thomas W. , Corsten, Daniel S. og Bharadwaj, Sundar (2002) Retail Out-of-Stocks: A Worldwide Examination of Extent, Causes and Consumer Responses. *Grocery Manufacturers of America*.

Herweg, Fabian (2013) The expectation-based loss-averse newsvendor. *Economics Letters,* 120 (3)**,** s. 429-432.

Ho, Teck-Hua, Lim, Noah og Cui, Tony Haitao (2010) Reference Dependence in Multilocation Newsvendor Models: A Structural Analysis. *Management Science,* 56 (11)**,** s. 1891-1910.

Kahneman, Daniel og Tversky, Amos (1979) Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica,* 47 (2)**,** s. 263-291.

Khouja, Moutaz (1999) The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. *Omega,* 27 (5)**,** s. 537-553.

Kõszegi, Botond og Rabin, Matthew (2006) A Model of Reference-Dependent Preferences. *The Quarterly Journal of Economics*, 121 (4)**,** s. 1133-1165.

Lippman, Steven A. og McCardle, Kevin F. (1997) The Competitive Newsboy. *Operations Research,* 45 (1)**,** s. 54-65.

Mehra, Rajnish og Prescott, Edward C. (1985) The equity premium: A puzzle. *Journal of Monetary Economics,* 15 (2)**,** s. 145-161.

Nash, John (1951) Non-Cooperative Games. *Annals of Mathematics,* 54 (2)**,** s. 286-295.

Netessine, Serguei og Rudi, Nils (2003) Centralized and competitive inventory models with demand substitution. *Operations Research,* 51 (2)**,** s. 329-335.

Nicholson, Walter og Snyder, Christopher (2012) *Microeconomic theory : basic principles and extensions,* Mason, Ohio, South-Western/Cengage Learning.

Ovchinnikov, Anton, Moritz, Brent og Quiroga, Bernardo F. (2015) How to Compete Against a Behavioral Newsvendor. *Production and Operations Management,* 24 (11)**,** s. 1783-1793.

Parlar, Mahmut (1988) Game theoretic analysis of the substitutable product inventory problem with random demands. *Naval Research Logistics (NRL),* 35 (3)**,** s. 397-409.

Petruzzi, Nicholas C. og Dada, Maqbool (1999) Pricing and the Newsvendor Problem: A Review with Extensions. *Operations Research,* 47 (2)**,** s. 183-194.

Qin, Yan, et al. (2011) The newsvendor problem: Review and directions for future research. *European Journal of Operational Research,* 213 (2)**,** s. 361-374.

Schweitzer, Maurice E. og Cachon, Gérard P. (2000) Decision Bias in the Newsvendor Problem with a Known Demand Distribution: Experimental Evidence. *Management Science,* 46 (3)**,** s. 404-420.

Slikker, Marco, Fransoo, Jan og Wouters, Marc (2005) Cooperation between multiple news-vendors with transshipments. *European Journal of Operational Research,* 167 (2)**,** s. 370-380.

Wang, Charles X. (2010) The loss-averse newsvendor game. *International Journal of Production Economics,* 124 (2)**,** s. 448-452.

Wang, Charles X. og Webster, Scott (2009) The loss-averse newsvendor problem. *Omega,* 37 (1)**,** s. 93-105.

Appendiks

A.1 Det sentraliserte maksimeringsproblemet for risikonøytrale selgere

$$X_a(s) = (Q_a - q_s)^+, \quad \forall\, s$$
$$Y_a(s) = (q_s - Q_a)^+, \quad \forall\, s$$
$$t_a(\boldsymbol{s}) = min((Q_a - q_s)^+, \alpha(q_{\hat{s}} - Q_{\hat{a}})^+), \qquad \forall\, \boldsymbol{s}$$
$$h_a(\boldsymbol{s}) = min((Q_{\hat{a}} - q_{\hat{s}})^+, \alpha(q_s - Q_a)^+), \qquad \forall\, \boldsymbol{s}$$

$$\max \sum_a (p-c)Q_a - \sum_a \sum_s \sigma_s\big(pX_a(s) + rY_a(s)\big) + \sum_a \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_s\big(pt_a(\boldsymbol{s}) + rh_a(\boldsymbol{s})\big)$$

Under sidevilkår

$$Q_a \le q_N, \quad \forall\, a$$
$$X_a(s_a) \ge Q_a - q_s, \quad \forall\, a, s$$
$$t_a(\boldsymbol{s}) \le X_a(s), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$t_a(\boldsymbol{s}) \le \alpha Y_{\hat{a}}(\hat{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$h_a(\boldsymbol{s}) \le X_{\hat{a}}(\hat{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$h_a(\boldsymbol{s}) \le \alpha Y_a(s), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$Q_a, X_a(s), t_a(\boldsymbol{s}), h_a(\boldsymbol{s}) \ge 0, \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$
$$Q_a - X_a(s) + Y_a(s) = q_s, \quad \forall\, a, s$$

A.2 Det sentraliserte maksimeringsproblemet for tapsaverse selgere

$$X_a(s) = (Q_a - q_s)^+$$

$$Y_a(s) = (q_s - Q_a)^+$$

$$t_a(\boldsymbol{s}) = min((Q_a - q_s)^+, \alpha(q_{\hat{s}} - Q_{\hat{a}})^+)$$

$$h_a(\boldsymbol{s}) = min((Q_{\hat{a}} - q_{\hat{s}})^+, \alpha(q_s - Q_a)^+)$$

$$L_a(\boldsymbol{s}) = \left(E\pi_a - \pi_a(\boldsymbol{s})\right)^+$$

$$max \sum_a (p-c)Q_a - \sum_a \sum_s \sigma_s\big(pX_a(s) + rY_a(s)\big) + \sum_a \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_s\big(pt_a(\boldsymbol{s}) + rh_a(\boldsymbol{s})\big) - \eta(\lambda - 1) \sum_a \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} L_a(\boldsymbol{s})$$

Under sidevilkår:

$$Q_a \leq q_N, \quad \forall\, a$$

$$X_a(s) \geq Q_a - q_s, \quad \forall\, a, s$$

$$t_a(\boldsymbol{s}) \leq X_a(s), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$

$$t_a(\boldsymbol{s}) \leq \alpha Y_{\hat{a}}(\hat{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$

$$h_a(\boldsymbol{s}) \leq X_{\hat{a}}(\hat{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$

$$h_a(\boldsymbol{s}) \leq \alpha Y_a(s), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$

$$L_a(\boldsymbol{s}) \geq E\pi_a - \pi_a(\boldsymbol{s}), \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$

$$Q_a, X_a(s), t_a(\boldsymbol{s}), h_a(\boldsymbol{s}), L_a(\boldsymbol{s}) \geq 0, \quad \forall a, \boldsymbol{s}$$

$$Q_a - X_a(s) + Y_a(s) = q_s, \quad \forall\, a, s$$

$$E\pi_a = (p-c)Q_a - \sum_s \sigma_s\big(pX_a(s) + rY_a(s)\big) + \sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_s\big(pt_a(\boldsymbol{s}) + rh_a(\boldsymbol{s})\big)\,, \quad \forall\, a, \boldsymbol{s}$$

A.3 Maksimeringsproblemet til en risikonøytral monopolist

$$X_M(s) = (Q_M - q_s)^+$$

$$Y_M(s) = (q_s - Q_M)^+$$

$$\max_{Q_M} (\mathrm{p} - c)Q - \mathrm{p}\sum_{s} \sigma_s X_M(\boldsymbol{s}) - r\sum_{s} \sigma_s Y_M(\boldsymbol{s})$$

Under sidevilkår:

$$0 \leq Q_M \leq 2q_N$$

$$Q_M - \mathrm{q}_{\mathbf{s}} \leq X_M(\boldsymbol{s}) \quad \forall\, \mathbf{s}$$

$$q_s - Q_M \leq Y_M(\mathbf{s}) \quad \forall\, \mathbf{s}$$

$$X_M(\mathbf{s}), Y_M(\mathbf{s}) \geq 0, \quad \forall\, \mathbf{s}$$

A.4 Maksimeringsproblemet til en risikonøytral monopolist

$$X_M(s) = (Q_M - q_s)^+$$

$$Y_M(s) = (q_s - Q_M)^+$$

$$L_M(\boldsymbol{s}) = \left(E\pi_M - \pi_M(\boldsymbol{s})\right)^+$$

$$\max E\pi_M - \eta(\lambda - 1)\sum_{s} \sigma_s L_M(\boldsymbol{s})$$

Under sidevilkår:

$$Q_M \leq 2q_N$$

$$Q_M - \mathrm{q}_{\mathbf{s}} \leq X_M(\boldsymbol{s}) \quad \forall\, \mathbf{s}$$

$$q_s - Q_M \leq Y_M(\mathbf{s}) \quad \forall\, \mathbf{s}$$

$$L_M(\boldsymbol{s}) \geq E\pi_M - \pi_M(\boldsymbol{s}), \quad \forall\, \boldsymbol{s}$$

$$Q_M, X_M(\boldsymbol{s}), Y_M(\boldsymbol{s}), L_M(\boldsymbol{s}) \geq 0, \quad \forall\, \boldsymbol{s}$$

$$E\pi_M = (p-c)Q_M - p\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} X_M(\boldsymbol{s}) - r\sum_{\boldsymbol{s}} \sigma_{\boldsymbol{s}} Y_M(\boldsymbol{s}), \quad \forall\, \boldsymbol{s}$$

A.5 Sannsynlighetstabeller

Konkurranse med α<1

Q	$\boldsymbol{Pr}(\mathbf{Q} < \mathbf{R_a})$
$\boldsymbol{Q = q_3}$	0
$\boldsymbol{Q} \in \left[\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}+\boldsymbol{a}}(\boldsymbol{q_2} + \boldsymbol{a q_3}), \boldsymbol{q_3}\right)$	σ_3
$\boldsymbol{Q} \in \left[\boldsymbol{q_2}, \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}+\boldsymbol{a}}(\boldsymbol{q_2} + \boldsymbol{a q_3})\right)$	$\sigma_3 + \sigma_{(2,3)}$
$\boldsymbol{Q} \in \left[\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}+\boldsymbol{a}}(\boldsymbol{q_1} + \boldsymbol{a q_3}), \boldsymbol{q_2}\right)$	$\sigma_3 + \sigma_2$
$\boldsymbol{Q} \in \left[\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}+\boldsymbol{a}}(\boldsymbol{q_1} + \boldsymbol{a q_3}), \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}+\boldsymbol{a}}(\boldsymbol{q_1} + \boldsymbol{a q_3})\right)$	$\sigma_3 + \sigma_2 + \sigma_{(1,3)}$
$\boldsymbol{Q} \in \left[\boldsymbol{q_1}, \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}+\boldsymbol{a}}(\boldsymbol{q_1} + \boldsymbol{a q_2})\right)$	$1 - \sigma_{(1,1)}$

Konkurranse med α=1:

Q	$\boldsymbol{Pr}\left(\mathbf{Q} < \frac{\boldsymbol{q_s}}{\mathbf{2}}\right)$
$\boldsymbol{Q = q_3}$	0
$\boldsymbol{Q} \in \left[\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}(\boldsymbol{q_2} + \boldsymbol{q_3}), \boldsymbol{q_3}\right)$	σ_3
$\boldsymbol{Q} \in \left[\boldsymbol{q_2}, \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}(\boldsymbol{q_2} + \boldsymbol{q_3})\right)$	$\sigma_3 + \sigma_{(2,3)}$
$\boldsymbol{Q} \in \left[\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}(\boldsymbol{q_1} + \boldsymbol{q_2}), \boldsymbol{q_2}\right)$	$\sigma_3 + \sigma_2 + \sigma_{(1,3)}$

$\boldsymbol{Q} \in \left[\boldsymbol{q_1}, \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}(\boldsymbol{q_1} + \boldsymbol{q_2})\right)$	$1 - \sigma_{(1,1)}$

Monopol:

Q	$\boldsymbol{Pr}\left(\mathbf{Q} < \frac{\boldsymbol{q_s}}{\boldsymbol{2}}\right)$
$\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{q_3}$	0
$\boldsymbol{Q} \in \left[\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}(\boldsymbol{q_2} + \boldsymbol{q_3}), \boldsymbol{q_3}\right)$	$\sigma_{(3,3)}$
$\boldsymbol{Q} \in \left[\boldsymbol{q_2}, \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}(\boldsymbol{q_2} + \boldsymbol{q_3})\right)$	σ_3
$\boldsymbol{Q} \in \left[\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}(\boldsymbol{q_1} + \boldsymbol{q_2}), \boldsymbol{q_2}\right)$	$\sigma_3 + \sigma_{(2,2)} + \sigma_{(2,3)}$
$\boldsymbol{Q} \in \left[\boldsymbol{q_1}, \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}(\boldsymbol{q_1} + \boldsymbol{q_2})\right)$	$1 - \sigma_{(1,1)}$

A.6 Matlab-koding

De numeriske løsningene i oppgaven er funnet ved å kjøre følgende programmer for alle de forskjellige kostnadskombinasjonene nevnt i oppgaven

```
% Det konkurrerende problemet er definert over to program. Et program for
% bestillinger over hundre og et program for bestillinger under hundre.
% Dette programmet er for bestillinger under hundre.

clear all
close all

s = 1/3; %sannsynlighet for realisering av tilstand
sik = s.*0.2; %sannsynlighet for realisering av assymetriske tilstander
sii = s.*0.6; %sannsynlighet for realisering av symetriske tilstander

p = 1; % Salgspris
c = 0.399999; % Innkjøpspris
r = 0.2; % Underskuddskostnad
l = 1; % Tapsaversjonskonstant
e = 1; % Tap-vinst-konstant

q1 = 50; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 1
q2 = 100; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 2
q3 = 150; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 3

Q2 = 150; % Bestilling til konkurrent
t = 0.9; % Lekkasjekonstant

v = [-(p-c),(0.8*s*p),(sik.*p),((0.8*s)*p),(sik.*p),sik*r,(0.8*s)*r,sik*r,(0.4*s)*r,
sii*r,0,(l-1)*0.8*s,(l-1)*sik,(l-1)*0.8*s,(l-1)*sik,(l-1)*0.4*s,(l-1)*sii];
A = [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 -1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0;-1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0
-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0
0 0;-(p-c) 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 -1 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 r 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 0;-(p-
c) 0 0 1 0 0 r 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 0;-(p-c) 0 0 0 1 0 0 r 0 0 1 0 0 0 -1 0 0;-(p-c) 0 0 0
0 0 0 0 r 0 1 0 0 0 0 0 -1 0;-(p-c) 0 0 0 0 0 0 0 0 r 1 0 0 0 0 0 -1];
a = [q3,q1,q1+t*(q3-Q2),q2,q2+t*(q3-Q2),-q1-t*(q3-Q2),-q2,-q2-t*(q3-Q2),-q3,-q3-t*(q3-
Q2),0,0,0,0,0,0,0]';
Aeq = [-(p-c),(0.8*s*p),(sik.*p),((0.8*s)*p),(sik.*p),sik*r,(0.8*s)*r,sik*r,(0.4*s)*r,
sii*r,1,0,0,0,0,0,0];
beq = [0];
lb = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -inf 0 0 0 0 0 0];
[Q,vval] = linprog(v,A,a,Aeq,beq,lb)
```

```matlab
% Det konkurrerende problemet for bestillinger under 100

clear all
close all

s = 1/3; %sannsynlighet for realisering av tilstand
sik = s.*0.2; %sannsynlighet for realisering av assymetriske tilstander
sii = s.*0.6; %sannsynlighet for realisering av symetriske tilstander

p = 1; % Salgspris
c = 0.78; % Innkjøpspris
r = 0; % Underskuddskostnad
l = 1; % Tapsaversjonskonstant
e = 1; % Tap-vinst-konstant

q1 = 50; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 1
q2 = 100; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 2
q3 = 150; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 3

Q2 = 73.6842; % Bestilling til konkurrent
t = 0.9; % Lekkasjekonstant


v = [-(p-c),(sii*p),(sik.*p),(sik.*p),(sik*p),(sii.*p),(sik.*p),sik*r,sik*r,sik*r,sii*r,↙
sik*r,sik*r,sik*r,sii*r,0,(l-1)*sii,(l-1)*sik,(l-1)*sik,sik*(l-1),(l-1)*sii,(l-1)*sik,(l-↙
1)*sik,(l-1)*sik,(l-1)*sii];
A = [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0;-1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;c-p 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0;c-p 0 1 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0;c-p 0 0 1 0 0↙
0 0 r 0 0 0 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0;c-p 0 0 0 1 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 0↙
0;c-p 0 0 0 0 1 0 0 0 0 r 0 0 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0;c-p 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 r 0 0 0 1↙
0 0 0 0 0 -1 0 0 0;c-p 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0;c-p 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 r 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0;c-p 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1];
a = [q3,q1,q1+t*(q2-Q2),q1+t*(q3-Q2),q2,q2+t*(q2-Q2),q2+t*(q3-Q2),-q1-t*(q2-Q2),-q1-t*↙
(q3-Q2),-q2,-q2-t*(q2-Q2),-q2-t*(q3-Q2),-q3,-q3-t*(q2-Q2),-q3-t*(q3-Q2),↙
0,0,0,0,0,0,0,0,0]';
Aeq = [-(p-c),(sii*p),(sik.*p),(sik.*p),(sik*p),(sii.*p),(sik.*p),sik*r,sik*r,sik*r,↙
sii*r,sik*r,sik*r,sik*r,sii*r,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0];
beq = [0];
lb = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -inf 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
[Q,vval] = linprog(v,A,a,Aeq,beq,lb)
```

```
% Nyttemaksimerende bestilling

clear all
close all

s = 1/3; %sannsynlighet for realisering av tilstand
sik = s.*0.2; %sannsynlighet for realisering av assymetriske tilstander
sii = s.*0.6; %sannsynlighet for realisering av symetriske tilstander

p = 1; % Salgspris
c = 0.8; % Innkjøpspris
r = 0.1; % Underskuddskostnad
l = 2; % Tapsaversjonskonstant


q1 = 50; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 1
q2 = 100; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 2
q3 = 150; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 3

Q2 = 50; % Bestilling til konkurrent
t = 0.9; % Lekkasjekonstant

v = [-(p-c),-(p-c),(s.*p),(s.*p),(s.*r),(s.*r),(s.*p),(s.*p),(s.*r),(s.*r),-sik.*(p),-↙
sik.*(p),-sik.*(p),-sik.*(p),-sik.*(p),-sik.*(p),sik*r,sik*r,sii*r,sik*r,sik*r,sii*r,↙
sik*r,sik*r,sii*r,sik*r,sik*r,sii*r,0,0,sii*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-↙
1),sik*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1),sii*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sii*↙
(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1)];
A = [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0↙
-0.900000000000000 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0;0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 -0.900000000000000 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 -0.900000000000000 0 0↙
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 -1 0↙
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0↙
-0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 -0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 -0.900000000000000 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 -1 0↙
0 0 0 0 0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 -1 0 0 0 0 0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0↙
```

```
0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 -1 0 0 0 0 0↙
0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0.900000000000000 0 -1 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0↙
0.900000000000000 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0.900000000000000 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 t 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0↙
0.900000000000000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1↙
0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1 r 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1↙
r 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0;-(p-c) 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0↙
0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 1↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0↙
0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0↙
0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0↙
0 0 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0↙
0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 -1 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 1 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 r 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 r 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1];
a = [q3,q3,q1,q2,q1,q2,↙
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]';
Aeq = [-(p-c) 0 s s s*r s*r 0 0 0 0 -sik -sik -sik 0 0 0 sik*r sik*r sii*r sik*r sik*r↙
sii*r 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 s s s*r s*r 0↙
0 0 -sik -sik -sik 0 0 0 0 0 0 sik*r sik*r sii*r sik*r sik*r sii*r 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
beq = [0,0,q2,q3,q2,q3];
lb = [0 0 0 0 -Inf -Inf 0 0 -Inf -Inf 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -Inf -Inf 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];

[Q,vval] = linprog(v,A,a,Aeq,beq,lb)
```

```
% Samarbeidende problem

clear all
close all

s = 1/3; %sannsynlighet for realisering av tilstand
sik = s.*0.2; %sannsynlighet for realisering av asymmetriske tilstander
sii = s.*0.6; %sannsynlighet for realisering av symmetriske tilstander

p = 1; % Salgspris
c = 0.3; % Innkjøpspris
r = 0.2; % Underskuddskostnad
l = 1; % Tapsaversjonskonstant


q1 = 50; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 1
q2 = 100; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 2
q3 = 150; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 3


v = [-(p-c),-(p-c),(s.*p),(s.*p),(s.*r),(s.*r),(s.*p),(s.*p),(s.*r),(s.*r),-sik.*(p+r),-↙
sik.*(p+r),-sik.*(p+r),-sik.*(p+r),-sik.*(p+r),-sik.*(p+r),0,0,sii*(l-1),sik*(l-1),sik*↙
(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1),sii*(l-1),sik*(l-1),↙
sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1)];
A = [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0↙
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0↙
0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0↙
0 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 0↙
0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0 -r 0 0 1 0 0 0 0 -1 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0;-(p-c) 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 -r 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c)↙
0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -r 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 0 0 r↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0↙
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 1 r 0 -r 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 -1 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1↙
```

```
0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0;0↙
-(p-c) 0 0 0 0 0 0 0 r 0 -r 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0;0 -(p-c) 0 0↙
0 0 0 0 0 r 0 0 -r 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 0 0↙
r 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1];
a = [q3,q3,q1,q2,q1,q2,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]';
Aeq = [-(p-c) 0 s s s*r s*r 0 0 0 0 -sik -sik -sik -sik*r -sik*r -sik*r 1 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 s s s*r s*r -sik*r -sik*r -sik*r -sik -sik -sik 0↙
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0;0 1 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0↙
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
beq = [0,0,q2,q3,q2,q3];
lb = [0 0 0 0 -Inf -Inf 0 0 -Inf -Inf 0 0 0 0 0 0 -Inf -Inf 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0];

[Q,vval] = linprog(v,A,a,Aeq,beq,lb)
```

```
% Samarbeidende problem med variasjon i fordeling av ekstrainntekt, n

clear all
close all

s = 1/3; %sannsynlighet for realisering av tilstand
sik = s.*0.2; %sannsynlighet for realisering av assymetriske tilstander
sii = s.*0.6; %sannsynlighet for realisering av symetriske tilstander

p = 1; % Salgspris
c = 1.1; % Innkjøpspris
r = 0; % Underskuddskostnad
l = 1; % Tapsaversjonskonstant


q1 = 50; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 1
q2 = 100; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 2
q3 = 150; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 3

Q2 = 50; % Bestilling til konkurrent
t = 0.9; % Lekkasjekonstant
n = 1/(2); % Fordelingskonstant

v = [-(p-c),-(p-c),(s.*p),(s.*p),(s.*r),(s.*r),(s.*p),(s.*p),(s.*r),(s.*r),-sik.*(p+r),-↙
sik.*(p+r),-sik.*(p+r),-sik.*(p+r),-sik.*(p+r),-sik.*(p+r),0,0,sii*(l-1),sik*(l-1),sik*↙
(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1),sii*(l-1),sik*(l-1),↙
sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sik*(l-1),sii*(l-1)];
A = [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0↙
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0↙
0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -n*↙
(p+r) 0 0 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -n*↙
(p+r) 0 0 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0↙
-(1-n)*(p+r) 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 -n*(p+r) 0 0↙
0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 -(1-n)*(p+r)↙
0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -(1-n)*↙
(p+r) 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-(p-c) 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0↙
```

```
0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -n*(p+r) 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 -1 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -n*(p+r) 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
-1 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 1 r 0 -(1-n)*(p+r) 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 -1 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0↙
0 0;0 -(p-c) 0 0 0 0 0 1 r 0 0 0 0 0 0 -n*(p+r) 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0;↙
0 -(p-c) 0 0 0 0 0 0 0 r 0 -(1-n)*(p+r) 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0;↙
0 -(p-c) 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 -(1-n)*(p+r) 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0;↙
0 -(p-c) 0 0 0 0 0 0 0 r 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1];
a = [q3,q3,q1,q2,q1,q2,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]';
Aeq = [-(p-c) 0 s s s*r s*r 0 0 0 0 -sik*(p+r)*n -sik*(p+r)*n -sik*(p+r)*n -sik*(p+r)*(1-↙
n) -sik*(p+r)*(1-n) -sik*(p+r)*(1-n) 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 -(p-c) 0 0↙
0 0 s s s*r s*r -sik*(p+r)*(1-n) -sik*(p+r)*(1-n) -sik*(p+r)*(1-n) -sik*(p+r)*n -sik*↙
(p+r)*n -sik*(p+r)*n 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
beq = [0,0,q2,q3,q2,q3];
lb = [0 0 0 0 -Inf -Inf 0 0 -Inf -Inf 0 0 0 0 0 0 -Inf -Inf 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0↙
0 0 0];

[Q,vval] = linprog(v,A,a,Aeq,beq,lb)
```

```
% Monopolistens bestilling

clear all
close all

s = 1/3; %sannsynlighet for realisering av tilstand
sik = s.*0.2; %sannsynlighet for realisering av asymmetriske tilstander
sii = s.*0.6; %sannsynlighet for realisering av symmetriske tilstander

s1 = sii;
s2 = 2*sik;
s3 = 2*sik + sii;
s4 = 2*sik;
s5 = sii;

p = 1; % Salgspris
c = 0.78; % Innkjøpspris
r = 0; % Underskuddskostnad
l = 1; % Tapsaversjonskonstant

q1 = 100; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 1
q2 = 150; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 2
q3 = 200; % Direkte etterspørsel ved realisering av tilstand 3
q4 = 250;
q5 = 300;

v = [-(p-c),(s1.*p),(s2.*p),(s3.*p),(s4.*p),(s2.*r),(s3.*r),(s4.*r),(s5.*r),0,s1*(l-1),
s2*(l-1),s3*(l-1),s4*(l-1),s5*(l-1)];
A = [1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0;1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 -1 0 0 0
0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0;-1 0 0 0 0 0
0 0 -1 0 0 0 0 0 0;c-p 1 0 0 0 0 0 0 0 1 -1 0 0 0 0;c-p 0 1 0 0 r 0 0 0 1 0 -1 0 0 0;c-p
0 0 1 0 0 r 0 0 1 0 0 -1 0 0;c-p 0 0 0 1 0 0 r 0 1 0 0 0 -1 0;c-p 0 0 0 0 0 0 0 r 1 0 0 0
0 -1];
a = [q5,q1,q2,q3,q4,-q2,-q3,-q4,-q5,0,0,0,0,0]';
Aeq = [-(p-c) s1 s2 s3 s4 s2*r s3*r s4*r s5*r 1 0 0 0 0 0];
beq = [0];
lb = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 -inf 0 0 0 0 0];

[Q,vval] = linprog(v,A,a,Aeq,beq,lb)
```