



Forord

Å skrive masteroppgave er en givende prosess, en reise inn i ditt eget indre. Det er en mulighet til å bli bedre kjent med deg selv, og å oppdage hvorvidt dine omgivelser er i stand til å støtte deg i motgang, og glede seg i din medgang. For min del har masteroppgaven lært meg at mine omgivelser er støttende, samtidig som de stiller krav. Dette har vært avgjørende for resultatet. Jeg har alltid ansett meg selv for å være rikelig velsignet med evner. Samtidig er jeg en livsnyter. Mennesker som meg trenger gjerne både en pisk og en gulrot. Når disse virkemidlene er på plass, Er det gode muligheter for suksess.

Det har det også blitt. Jeg vil takke min sønn, som har fått meg opp hver eneste morgen. Uten deg ville langt flere morgener blitt tilbrakt i sengen. Med ditt intense nærvær og varierende lynne har du pisket meg i gang.

Jeg vil takke Gud den allmektige, for livet, for mulighetene og for kaffen.

Jeg vil også takke min veileder, Knut Einar Rosendahl. Dine motiverende, konkrete og svært verdifulle tilbakemeldinger har vært helt avgjørende for kvaliteten på det arbeidet jeg her har fullført.

Til slutt vil jeg takke Siri. Med deg gir livet mening. Du er min pisk og min gulrot.

Ås, 15. mai 2015

Eirik Sandstø

Sammendrag

Kaffeproduksjon er svært klimasensitivt ettersom kaffeplanten hverken tåler frost eller vedvarende temperaturer over 30 grader celsius. Klimaendringer truer fremtidig produksjon og lønnsomhet i alle kaffeproduserende regioner. Samtidig som klimaet endrer seg foregår en kraftig vekst i befolkning, økonomi og teknologi. Disse fire faktorene, i kombinasjon med tiltak for tilpasning til klimaendringer, vil trolig medføre store endringer i verdens landbruksproduksjon.

I denne studien analyseres fire klimascenarier ved hjelp av et simuleringsprogram. Utfallet av disse simuleringene tilsier at kaffemarkedet vil preges av høyere priser og økt differensiering basert på kvalitet. Disse funnene blir tydeligere for sterkere klimapåvirkning. Simuleringene tilsier også at økende klimapåvirkning vil forsterke den eksisterende trenden hvor andelen Robusta i markedet øker.

Abstract

Coffee production is particularly climate sensitive, as it has zero tolerance for frost, as well as being sensitive to sustained temperatures above 30 degrees Celsius. It thereby demands very specific climatic conditions to thrive. Climate change is increasingly creating problems for coffee farmers in all producing regions. Parallel to climate change, the ongoing growth in population, economy and technology, combined with adaptation to climate change, are also going to affect agricultural production significantly.

In this study, I analyze four climate scenarios with a program for market simulation. These simulations indicate higher prices and increasing diversification in the coffee market, based on quality. The simulations also indicate that increasing climate change strengthen the observed trend that Robusta market shares are increasing over time.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
1.1	Forskningsspørsmål	2
1.2	Studiens oppbygning.....	2
2	Produksjon av kaffe	3
2.1	Forutsetninger for produksjon.....	3
2.2	Tradisjonell og moderne produksjon	5
2.3	Produksjonskostnader	6
2.3.1	Land.....	6
2.3.2	Vann	6
2.3.3	Gjødsel	7
2.3.4	Arbeidskraft.....	7
2.4	Teknologisk utvikling og klimatilpasning	8
2.5	Skadedyr og pest.....	9
2.6	Ekstremvær	10
3	Kaffemarkedet	11
3.1	Handel med kaffe.....	12
3.2	Historisk markedsstruktur	12
3.3	Ett marked?.....	14
3.4	Etterspørsel.....	18
3.4.1	Økonomisk vekst.....	19
4	Klimaendringer.....	20
4.1	Konsekvenser av klimaendringer for kvalitet	21
4.2	Forventet utvikling i regioner	21
4.3	Representative Concentration Pathways - RCP.....	24
5	Teoretisk rammeverk og modell	27
5.1	Modell	28
5.1.1	Tilbud	28
5.1.2	Tilbudsfunksjon	29
5.2	Etterspørsel.....	30
5.2.1	Etterspørselsfunksjon	30

5.3	Import- og eksportregioner	31
5.4	Markedssituasjon i 2013	31
5.5	Valg av elastisiteter for markedet i 2013	32
5.5.1	Produsentregioner	32
5.5.2	Importregioner.....	33
5.6	Scenarier	34
5.6.1	Scenario 8.5.....	35
5.6.2	Scenario 6.0.....	37
5.6.3	Scenario 4.5.....	39
5.6.4	Scenario 2.6.....	40
5.6.5	Klimapåvirkning på tilbudselasititeter.....	42
6	Metode.....	44
7	Analyse og diskusjon.....	45
7.1	Generelt om presentasjon av funn	45
7.2	Scenario 8.5.....	46
7.2.1	Sammenligning av 2013 med 2050 uten klimaendringer	46
7.2.2	Klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet.....	47
7.2.3	Sammenligning av 2013 og 2050 med klimaendringer.....	48
7.3	Scenario 6.0.....	49
7.3.1	Sammenligning av 2013 med 2050 uten klimaendringer	49
7.3.2	Klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet.....	50
7.3.3	Sammenligning av 2013 og 2050 med klimaendringer.....	50
7.4	Scenario 4.5.....	51
7.4.1	Sammenligning av 2013 med 2050 uten klimaendringer	51
7.4.2	Klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet.....	52
7.4.3	Sammenligning 2013 og 2050 med klimaendring.....	52
7.5	Scenario 2.6.....	52
7.5.1	Sammenligning av 2013 med 2050 uten klimaendringer	52
7.5.2	Klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet.....	53
7.5.3	Sammenligning av 2013 og 2050 med klimaendring.....	53
7.6	Fellestrekk i simuleringene.....	54
7.7	Sensitivitetsanalyse	54

7.7.1	Scenario 8.5 med dobling av scenariospesifikke tilbudselasticiteter.....	55
7.7.2	Scenario 8.5 med halvering av scenariospesifikke tilbudselasticiteter.....	56
7.7.3	Scenario 8.5 ved dobling av etterspørselselasticiteter.....	56
7.7.4	Scenario 8.5 ved halvering av etterspørselselasticiteter.....	57
7.7.5	Scenario 8.5 ved dobling av inntektselasticitet.....	57
7.7.6	Scenario 8.5 ved halvering av inntektselasticitet.....	57
7.7.7	Scenario 8.5 ved dobling av produktivitetsindeks.....	58
7.7.8	Scenario 8.5 ved halvering av produktivitetsindeks.....	58
7.8	Styrker og svakheter ved modell og metode.....	58
7.9	Forslag til videre studier.....	60
7.9.1	Videre studier av det fremtidige kaffemarkedet.....	60
7.9.2	Videre studier basert modellering av fremtidig pris, produksjon og konsum.....	60
8	Konklusjon.....	61
9	Kilder.....	62
10	Vedlegg.....	A
10.1	Felles GAMS-fil for alle scenarier i henhold til markedssituasjon 2013.....	A
10.1.1	GAMS 2.6.....	D
10.1.2	GAMS 4.5.....	F
10.1.3	GAMS 6.0.....	G
10.1.4	GAMS 8.5.....	I
10.2	Sensitivitetsanalyse.....	K
10.2.1	Scenario 8.5 med dobling av klimaspesifikke tilbudselasticiteter.....	K
10.2.2	Scenario 8.5 med halvering av klimaspesifikke tilbudselasticiteter.....	K
10.2.3	Scenario 8.5 ved dobling av etterspørselselasticiteter.....	L
10.2.4	Scenario 8.5 ved halvering av etterspørselselasticiteter.....	L
10.2.5	Scenario 8.5 ved dobling av inntektselasticitet.....	M
10.2.6	Scenario 8.5 ved halvering av inntektselasticitet.....	M
10.2.7	Scenario 8.5 ved dobling av produktivitetsindeks.....	N
10.2.8	Scenario 8.5 ved halvering av produktivitetsindeks.....	N

Figur 1 - Produksjon av ulike kaffetyper i to tidsperioder, millioner sekker.. (ICO, 2014).....	4
Figur 2 - Forventet befolkningsutvikling i millioner frem til 2050. (Verdensbanken, 2015)	5
Figur 3 - Rural andel av befolkning i produksjonsområder, i prosent. (Verdensbanken, 2015).....	7
Figur 4 - Spotpris Arabica og Robusta 1983-2014, cent per pund (Quandl.com, 2015)	13
Figur 5 - Spotpris for ulike typer kaffe 1990-2004. Ghosray (2010).....	15
Figur 6 – Historisk kaffeproduksjon i regioner. Millioner sekker (ICO, 2014)	15
Figur 7 – Største arabicaproducenter i 2014, i tusen sekker. (indexmundi.com, 2015a).....	16
Figur 8 – Største robustaproducenter i 2014, i tusen sekker. (Indexmundi.com, 2015b).....	16
Figur 9 - Markedsandel Arabica og Robusta 2001-2014, i millioner sekker (ibtimes.com, 2015) ..	17
Figur 10 - Utvikling i kaffekonsum, millioner sekker 1990-2012. (ICO, 2014)	18
Figur 11 - Forventet endring i egnet areal i Mellom-Amerika. (J. Haggard & Schepp, 2012).....	22
Figur 12 - RCP-anslag for strålingspådriv frem til år 2100. (Wayne, 2013)	25
Figur 13- RCP-anslag for økonomisk vekst frem til år 2100. (Vuuren et al., 2011)	25
Figur 14- RCP-anslag for tilgang på dyrkbar mark frem til år 2100. (Vuuren et al., 2011)	26
Figur 15 - RCP-befolkningsanslag frem til år 2100. (Vuuren et al., 2011).....	26

Tabell 1 - Forutsetninger for produksjon av Arabica og Robusta. (J. Haggard & Schepp, 2012).....	4
Tabell 2 - Forventet årlig økonomisk vekst frem til 2050. (Chateau et al., 2011)	19
Tabell 3 – Endring i egnethet for Arabica-produksjon i 2012 og 2050. (J. Haggard & Schepp, 2012)	22
.....	22
Tabell 4 - Elastisiteter for etterspørselssiden i 2013.....	34
Tabell 5 - Parametere for markedet i 2013	34
Tabell 6 - Parametere for scenario 8.5.....	37
Tabell 7 - Parametere for scenario 6.0.....	39
Tabell 8 - Parametere for scenario 4.5.....	40
Tabell 9 - Parametere for scenario 2.6.....	42
Tabell 10 - Scenariospesifikke tilbudselasititeter.....	43
Tabell 11 - Pris i 2050 i henhold til scenario 8.5.....	46
Tabell 12 - Produksjon og konsum i 2050 i henhold til scenario 8.5	46
Tabell 13 - Pris i 2050 i henhold til scenario 6.0.....	49
Tabell 14 - Produksjon og konsum i 2050 i henhold til scenario 6.0	49
Tabell 15 - Pris i 2050 i henhold til scenario 4.5.....	51
Tabell 16 - Produksjon og konsum i 2050 i henhold til scenario 6.0	51
Tabell 17 - Pris i 2050 i henhold til scenario 2.6.....	52
Tabell 18 - Produksjon og konsum i 2050 i henhold til scenario 2.6	53
Tabell 19- Estimert produksjon og import fra sensitivitetsanalysen	55
Tabell 20- Estimerte priser fra sensitivitetsanalysen	55

1 Innledning

Kaffe nytes av millioner av mennesker hver eneste dag, og skaper inntekter for små og store produsenter i en rekke fremvoksende økonomier og utviklingsland. Kaffe er verdens mest verdifulle tropiske landbruksråvare og har i lang tid vært den nest mest omsatte råvaren i det finansielle futures-markedet, etter olje. Kaffeindustrien omsetter årlig for omtrent 700 milliarder kroner (Jaramillo et al., 2011). Kaffe er dermed både en viktig råvare og et viktig finansielt instrument.

Det anslås at det finnes omtrent 25 millioner produsenter, og at nærmere 100 millioner mennesker, direkte eller indirekte, får sin daglige inntekt fra kaffeproduksjon. (Jaramillo et al., 2011). Disse produsentene blir i økende grad påvirket av endrede klimatiske forutsetninger og skadedyr. Denne utviklingen forventes å fortsette, og forverres i tiden fremover (J. Hagggar & Schepp, 2012; Jaramillo et al., 2011; Zullo, Pinto, Assad, & de Ávila, 2011). 70% av verdens kaffeprodusenter driver i liten skala og kaffeavlingen er i så måte en viktig kilde til inntekt i lavinntektsland (J. Hagggar & Schepp, 2012; ICO, 2014; Schroth et al., 2009). Det er naturlig å anta at disse produsentene vil få betydelige problemer med å tilpasse seg endringer i klimatiske forutsetninger for kaffeproduksjon.

Selv om kaffe handles som standardisert råvare på råvarebørser er det ikke et homogent gode. Kaffe produseres under ulike forutsetninger, og tilbys dermed i en rekke kvaliteter og varianter. Arabica og Robusta utgjør omtrent 99% av kaffemarkedet og rommer flere underarter. Arabica er mer ettertraktet enn Robusta, ettersom den anses å ha en mildere smak og fordi den har lavere koffeininnhold. Ny teknologi har i økende grad gjort det mulig å blande de to typene, uten å forringe kvaliteten betydelig. Dermed er andelen Robusta i markedet økende (ICO, 2014).

Endringer i klima er ikke det eneste som vil påvirke kaffemarkedet i fremtiden. Sosioøkonomiske forhold vil være vel så viktige. Særlig demografisk og økonomisk utvikling vil ha stor betydning. Globalisering, tilpasning til et lav-utslipp samfunn og økt konkurranse om begrensede ressurser vil alle bidra til en endret markedssituasjon. Hensikten med denne studien er å belyse hvordan kaffemarkedet i år 2050 vil bli påvirket av klimaendringer, økonomisk utvikling og befolkningsvekst. Dette vil gi bedre forutsetninger for interessenter å tilpasse sin virksomhet.

1.1 Forskningsspørsmål

Hvordan vil endringer i klima, befolkning og økonomi påvirke kaffemarkedet på lang sikt?

- *Hvordan vil økt etterspørsel fra nye markeder påvirke etterspørselen etter Arabica og Robusta?*
- *Hvordan vil produksjonsforholdet mellom Robusta og Arabica være i 2050?*
- *Hvordan vil klimaendringer påvirke kaffemarkedet?*

1.2 Studiens oppbygning

I denne studien presenteres først forutsetninger for og utviklingen innen global kaffeproduksjon. Deretter gjennomgås markedet ved å se nærmere på tilbud og etterspørsel, samt markedsmekanismene.

Studien bygger på en egenutviklet modell hvor antagelser om fremtidige forutsetninger for tilbud og etterspørsel benyttes til å simulere fremtidig markedssituasjon. For å modellere det fremtidige kaffemarkedet er det nødvendig å ta utgangspunkt i scenarier som omfatter mer enn klimaendringer, ettersom en rekke variabler vil endres parallelt med klimaet. For å utvikle disse scenariene benyttes eksisterende litteratur innen økonomisk og demografisk utvikling, klimaendringer i regioner og deres potensielle påvirkning på kaffemarkedet. Fundamentet for scenariene er de såkalte «Representative Concentration Pathways» (RCP) (Vuuren et al., 2011). Disse scenariene viser den generelle overordnede utviklingen innen økonomi, demografi, landbruk og klimaeffekter. RCPene er utviklet av uavhengige forskningsinstitusjoner etter ønske fra FNs klimapanel (IPCC) i den hensikt å tilrettelegge for sammenlignbare resultater innen klimamodellering. Med utgangspunkt i scenariene modelleres kaffemarkedet ved bruk av et generelt algebraisk modelleringssystem (GAMS)(Brooke, Kendrick, Meeraus, & Rosenthal, 1988). Resultatene fra denne analysen danner grunnlaget for diskusjon og konklusjon.

2 Produksjon av kaffe

Kaffe produseres i en rekke land i det tropiske beltet nær ekvator. I 2013 ble det produsert 146 millioner sekker kaffe à 60 kg. Av dette utgjorde Arabica omtrent 55% mens Robusta utgjorde i all hovedsak de resterende 45% (ICO, 2014). Produksjonen av de ulike artene foregår i ulike geografiske områder, under ulike klimatiske forutsetninger. Arabica er ansett å være av høyere kvalitet, mens Robusta er mer bestandig mot sykdom og har lavere produksjonskostnader (ICO, 2014). Det eksisterer en rekke underarter av hver art, som enten forekommer naturlig eller gjennom krysning av planter. Disse kryssningene utføres i den hensikt å tilpasse buskene til distinkte klimatiske forutsetninger, og for å gjøre dem motstandsdyktige mot trusselen fra skadedyr og plantepest. Krysning vil også gi kaffen smaksdistinksjon, som kan sørge for høyere pris for produsenter (ICO, 2014; Laderach et al., 2013).

Produksjonsvolumet er preget av variasjoner i vær og utbrudd av pest samt angrep fra skadedyr. Historisk har det vært mulig å påvise et mønster hvor høy produksjon i ett år tilsier at det vil bli lav produksjon i det neste. Dette skyldes at kaffeplanten trenger tid til å komme seg etter en stor avling. Dette mønsteret har blitt mindre synlig i senere år, etter hvert som teknologisk utvikling har gjort produsenter i stand til å øke buskens avling ved bruk av gjødsling og vanning (ICO, 2014). Det at den teknologiske utvikling i hovedsak går ut på å øke potensialet for bruk av innsatsfaktorer som gjødsel og vann kan føre til økt sårbarhet for endringer i klimatiske forutsetninger (J. Haggard & Schepp, 2012).

2.1 Forutsetninger for produksjon

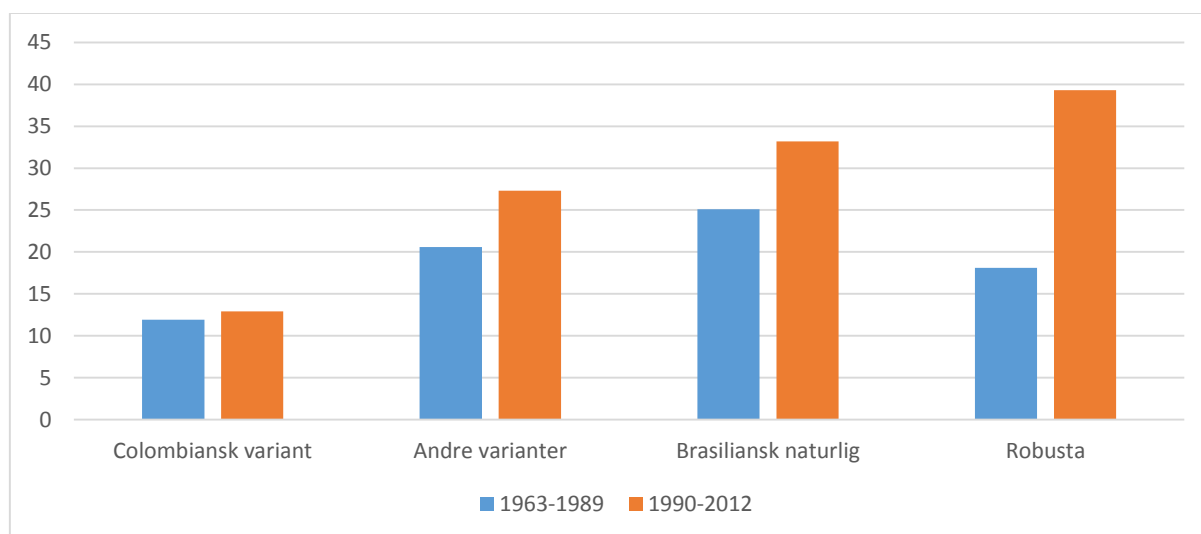
Grunnlag for dyrking av Arabica er gitt ved to alternative klimatiske forutsetninger. Et alternativ er produksjon i høyder mellom 600 og 1000 meter over havet, med temperaturer mellom 15 og 24 grader celsius og årlig nedbør bør ligge omkring 1500 til 2000 mm (J. Haggard & Schepp, 2012; ITC, 2010). Dette komplementeres ofte med vanningsystemer, og legger dermed press på fordeling av vannressurser. Dette alternativet beskriver klimaet i de kaffeproduserende områdene i store deler av Mellom-Amerika og Brasil, med enkelte unntak. I land som Colombia, Kenya og Etiopia, som ligger på eller svært nær ekvator, vil de mest gunstige forholdene forekomme ved høyder mellom 1000 og 2000 meter over havet. Jevn nedbør året rundt sørger for tilnærmet kontinuerlig blomstring. For at land skal kunne anses som egnet for arabicaproduksjon bør det ha lav klimatisk risiko. Dette oppfylles ved tre kriterier. Disse innebærer årlig gjennomsnittstemperatur mellom 18 og 22 grader celsius, mindre enn 100 mm negativt avvik fra normalt nedbør i året, og mindre enn 25% sannsynlighet for temperaturer under 1 grad celsius årlig (Zullo et al., 2011).

Av tabell 1 fremgår det at temperatur og nedbør er svært viktige forutsetninger for produksjon av både Arabica og Robusta. Både produktivitet og kvalitet blir påvirket av endringer i disse forutsetningene. Arabica og Robusta reagerer ulikt på endringer i de ulike forutsetningene. Arabica er spesielt sårbar for endringer i temperatur, og årlig gjennomsnittstemperaturer over 23°C vil hindre kaffebærets utvikling. Ved langvarig temperatur rundt 30°C vil arabicaplanten gulne og miste blader. Dermed mister bønnene viktig skygge fra solen, og treet kveles (J. Haggag & Schepp, 2012). Kaffe av typen Robusta dyrkes i lavereliggende områder, særlig i Vietnam og Brasil, og tåler varmere og fuktigere klimatiske forhold enn Arabica. Robustaplanten er avhengig av jevn tilgang på vann i form av nedbør eller vanning gjennom hele året. Dette skyldes at røttene ikke går langt ned i jorden. Optimal temperatur ligger mellom 20 og 30 grader celsius (J. Haggag & Schepp, 2012).

Tabell 1 - Forutsetninger for produksjon av Arabica og Robusta. (J. Haggag & Schepp, 2012)

	Arabica				Robusta			
	Optimal		Absolute		Optimal		Absolute	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Temperature	14	28	10	34	20	30	12	36
Rainfall	1,400	2,400	750	4,200	1,700	3,000	900	4,000

Variasjonen i produksjonsforhold og klimatiske forutsetninger samt prosesseringsmetoder gir utslag i pris og kvalitet. Høyest rangert er «Colombiansk variant». I denne gruppen inngår Arabica fra Colombia, Kenya og Tanzania. Etter dette følger gruppen «Andre varianter». I denne gruppen inngår Arabica fra en rekke land. De største produsentene blant disse er Costa Rica, Guatemala, Mexico, Nicaragua, India og Peru. Den rimeligste arabicakaffen produseres i Brasil, Etiopia og Paraguay, og går under navnet «Brasiliansk naturlig Arabica» (ITC, 2010).

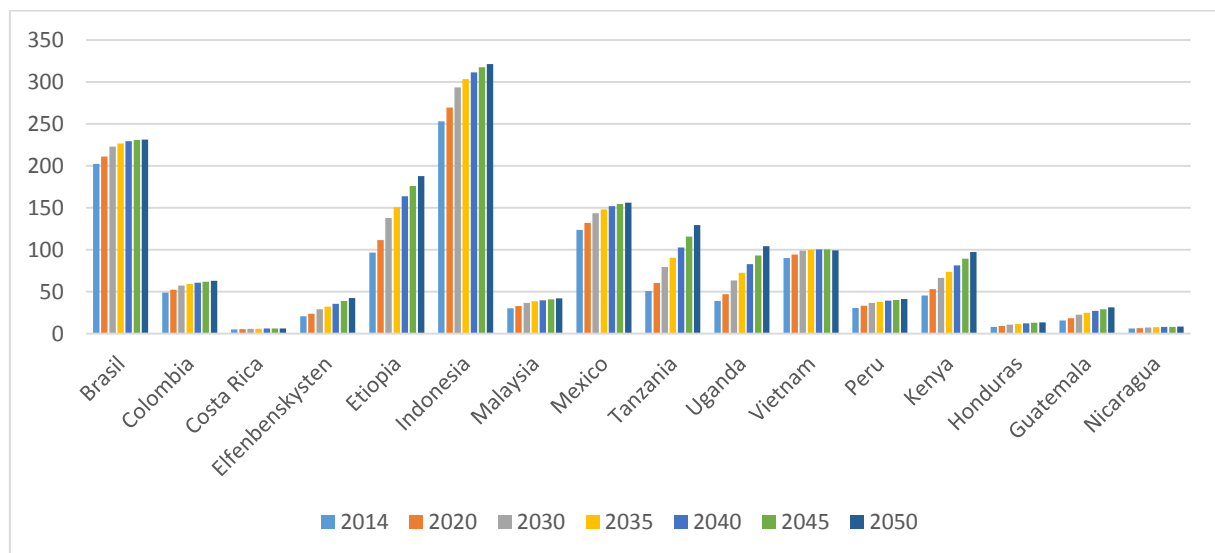


Figur 1 - Produksjon av ulike kaffetyper i to tidsperioder, millioner sekker.. (ICO, 2014)

Innenfor disse gruppene kan man generalisere pris (Ghoshray, 2010), selv om det i utstrakt grad forekommer avvik også her, avhengig av kvalitetsforskjeller fra produsent til produsent. Robusta klassifiseres i én samlet gruppe, hvor de største produsentene er Vietnam, Brasil, Indonesia, India, Uganda og Elfenbenskysten. Av figur 1 fremgår det at samtlige kaffetyper har hatt økende produksjon siden 1963. Det er særlig Robusta som øker, mens den høyeste kvaliteten, Colombiansk variant, har hatt svært liten vekst.

2.2 Tradisjonell og moderne produksjon

Tradisjonell kaffeproduksjon innebærer større avhengighet av naturgitte forhold som skygge fra annen vegetasjon, naturlig nedbør og tradisjonelle gjødslingsmetoder (Laderach et al., 2013). Denne metoden er ansett for å være mer bærekraftig enn industriell produksjon hvor bruk av kunstgjødsel, vanning og kunstig solskjerming er brukt i utstrakt grad. Kostnadene er langt lavere ved tradisjonell produksjon, men samtidig produserer tradisjonelle produsenter i stor grad i liten skala, og har dermed mindre evne til tilpasning til klimaendringer ettersom de ikke vil være i stand til å kompensere for endrede klimatiske forutsetninger (ICO, 2014). Denne metoden sørger også for betydelig lagring av karbon, hindrer erosjon og bevarer jordsmonnets kapasitet til å holde på vann og næring (Jha et al., 2014; Laderach et al., 2013). IPCC påpeker at forvaltning av land vil bli den viktigste faktoren i bevaringen av organisk materie i landbruksjord i nær fremtid (Porter et al., 2014).



Figur 2 - Forventet befolkningsutvikling i millioner frem til 2050. (Verdensbanken, 2015)

I henhold til estimatene for befolkningsutvikling i figur 2 kan det antas at kombinasjonen av befolkningsvekst og klimaendringer vil kunne føre til at landbruksområder i større grad benyttes til matproduksjon, som dermed utkonkurrerer kaffeproduksjonen.

Befolkningen i kaffeproduserende land som Kenya, Tanzania, Uganda, Rwanda og Etiopia forventes å dobles innen 2050. Kombinasjonen av befolkningsvekst og klimaendringer forventes også å få store konsekvenser for fattigdomsbekjempelse (Jaramillo et al., 2011).

2.3 Produksjonskostnader

Ettersom tilbudsfunksjonen vil være lik summen av produsentenes marginale kostnadskurver, vil fremtidig pris være lik den marginale kostnaden, i form av land, vann, arbeidskraft og gjødsel, for å øke tilbudet med en enhet, utover den langsiktige markedsliveekten i de ulike scenariene.

2.3.1 Land

I henhold til Ricardos lov om avtagende grensenytte (Ricardo, 1827), er det naturlig å anta at det mest produktive jordbrukslandet allerede er i bruk, og at det å ta i bruk nytt land impliserer å ta i bruk mindre produktivt land. Dette må kompenseres med kostnadskrevede tiltak som drenering, vanningsystemer, arealtilpasning, gjødsel og arbeidskraft.

Klimaendringene vil trolig føre til at land som i dag brukes til kaffeproduksjon blir uegnet, og at land som i dag er uegnet, blir egnet. Dette skyldes forskyvning av klimasoner, hvor nye områder vil oppfylle kriteriene som ble beskrevet i 2.1.1, samtidig som områder som tidligere oppfylte disse kriteriene blir uegnet for produksjon (J. Haggan & Schepp, 2012; Jaramillo et al., 2011; Zullo et al., 2011). Sistnevnte kan virke dempende på konsekvensen av tap av egnet areal, selv om det trolig vil være større areal som blir uegnet enn det er som blir egnet (J. Haggan & Schepp, 2012; Zullo et al., 2011). Dermed må trolig land med avtagende avkastning tas i bruk, ved at de impliserer betydelige kostnader for etablering av produksjon. Samtidig kan man anta at land som tidligere har blitt brukt får redusert avkastning (Jaramillo et al., 2011). Dette fører til en tosidig effekt, og således vil kostnaden for land trolig være den viktigste prisdriveren på tilbudssiden.

En annen konsekvens av klimaendringenes effekt på egnet areal for kaffeproduksjon er en økende grad av geografisk konsentrasjon av produksjon (J. Haggan & Schepp, 2012). Dermed kan det også ventes at ekstremvær vil ramme en større andel av det totale produksjonsområdet, når dette inntreffer. Samtidig forventes en økning i ekstremvær generelt (Porter et al., 2014).

2.3.2 Vann

Kunstig vanning har i stadig økende grad blitt en nødvendighet for kaffeprodusenter (ICO, 2014; Porter et al., 2014; Zullo et al., 2011). Det er forventet at en temperaturøkning vil gjøre det hydrologiske kretsløpet mer intenst, med større variasjon og lengre våte og tørre perioder (Glenn, Kim, Ramirez-Villegas, & Läderach, 2013). Ved endrede nedbørsmønstre vil produsenter trolig fortsette å tilpasse seg ved bruk av kunstig vanning.

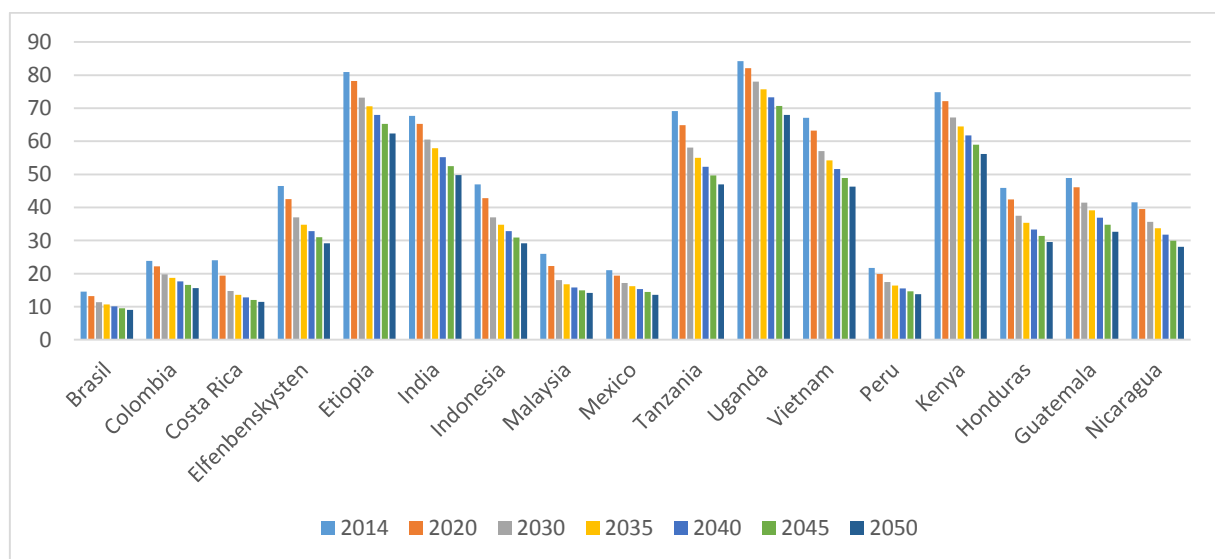
Det forventes også en økning i utstrekningen av områder med lite nedbør på lang sikt (Jaramillo et al., 2011). Summen av disse faktorene tilsier at småskala produsenter vil rammes hardere av klimaendringer, ettersom deres evne til å ta i bruk kostnadskrevede produksjonsmidler er begrenset.

2.3.3 Gjødning

Et viktig grunnstoff i kunstgjødning er fosfat, som stort sett utvinnes fosforstein. De største reservene ligger i Vest-Sahara, okkupert av Marokko. Reservene i Vest-Sahara er estimert til å utgjøre 85% av totale jordskorpereserver (ICO, 2014). Nitrogen, fosfat og kalium er de mest brukte stoffene for å berike jordsmonnet og øke avlingen. Prisen for de tre stoffene har økt med henholdsvis 301%, 275% og 325% i perioden 2000-2013 (ICO, 2014).

2.3.4 Arbeidskraft

Arbeidskraft er forventet å bli dyrere etter hvert som globaliseringen sørger for økt vekst i utviklingsland og fremvoksende økonomier, noe de fleste kaffeproduserende land anses for å være (Chateau, Rebolledo, & Dellink, 2011). Kaffeproduksjon er arbeidsintensiv, da deler av produksjonen foregår i ulendt terreng hvor maskiner ikke kommer til, og hver kaffebønne plukkes for hånd. Dette gjelder særlig kaffe av høy kvalitet, som produseres i fjellsidene i Colombia, Kenya og Tanzania (ICO, 2014). Enhver økning i produksjonen av høykvalitets kaffe vil trolig måtte skje i tilsvarende områder. I Mexico, som i kaffesammenheng er et høykostland, utgjør arbeidskraft 80% av totale produksjonskostnader (Gay, Estrada, Conde, Eakin, & Villers, 2006). Den store andelen småskala produsenter er også en faktor som begrenser bruken av mekanisert arbeidskraft. I Etiopia produseres 95% av all kaffe av småskala produsenter, og omtrent hver tredje person i rurale områder er tilknyttet kaffeproduksjonen (Trends, 2012).



Figur 3 - Rural andel av befolkning i produksjonsområder, i prosent. (Verdensbanken, 2015)

Urbaniseringen i utviklingsland spiller en særlig viktig rolle for tilgangen på arbeidskraft. Det er i særlig stor grad de unge som flytter fra rurale strøk. Dette skaper en aldringseffekt blant de gjenværende. Innhøstingen av kaffe innebærer tungt fysisk arbeid (Glenn et al., 2013).

Av figur 3 ser vi en generell trend på tvers av kaffeprodusenter ved at den ruralt bosatte andelen av befolkningen er minkende.

2.4 Teknologisk utvikling og klimatilpasning

Teknologisk utvikling vil måtte kompensere for økende temperatur, endrede nedbørmønstre, overforbruk av vannressurser og utarming av jordsmonn. Utvikling er nødvendig innen skadedyr- og temperaturresistente busker, motmidler mot skadedyr, samt kunnskapsoverføring om metoder for forvaltning av jordsmonn og vannressurser, samt klimatilpasning og klimasmart produksjon (J Hagggar et al., 2011; Laderach et al., 2013; Schroth et al., 2009).

Teknologisk utvikling er ikke begrenset til utvikling av ny kunnskap eller nye produksjonsmidler. Den store andelen småskala produsenter medfører at kaffeproduksjonen globalt er preget av lite bruk av teknologi. Dermed vil teknologisk utvikling i stor grad foregå ved økt anvendelse av eksisterende kunnskap og produksjonsmidler.

Økende kostnader for arbeidskraft og andre innsatsfaktorer kan føre til en generell overgang fra småskala produksjon til større plantasjer. Det kan også føre til en økning i bruk av mekanisert arbeidskraft, kunstgjødsel, og kunstig vanning samtidig som økende konsentrasjon av produksjon vil kunne øke kunnskapsnivået blant produsentene. Økt bruk av innsatsfaktorer og mindre andel småskala produsenter vil trolig føre til økte avlinger uten økning i areal. En slik utvikling vil samtidig virke kostnadsdrivende.

Økt bruk av naturlig skygge i form av blandet vegetasjon kan hindre temperaturøkningens ødeleggende effekt på kaffebuskene. Ved å hindre direkte sollys minskes risikoen for sol- og varmeskader på bladene som beskytter kaffebærene. Som nevnt vil skyggetrær holde på vann og næring i jordsmonnet, samt hindre erosjon. (J Hagggar et al., 2011; Jha et al., 2014; Schroth et al., 2009). Klimasmart produksjon som i større grad bidrar til lagring av CO₂, ved økt beplantning av skyggetrær, vil kunne bidra til å gjøre kaffeproduksjon mer lønnsomt dersom produsenter kompenseres for tiltakene gjennom programmer for finansiering av karbonlagring i landbruk (Trends, 2012).

Teknologisk utvikling anses som den eneste muligheten for å bevare fremtidig produksjon i Mellom-Amerika, ettersom regionen allerede har betydelige utfordringer knyttet til bladpest og kaffeborebille. Disse problemene forventes å øke etter hvert som temperaturen stiger og nedbørmønstre endres (Glenn et al., 2013; J Haggart et al., 2011).

De viktigste kostnadene på lang sikt vil altså trolig være land, vann, arbeidskraft og gjødsel. Det forventes at alle disse innsatsfaktorene vil bli dyrere, enten grunnet knapphet i tilgang på vann, land og gjødsel, eller som konsekvens av økt konkurranse fra alternative inntektskilder for arbeidstakere. Teknologisk utvikling vil ha betydelig påvirkning på behovet for, og kombinasjonen av innsatsfaktorer på lang sikt. Dette diskuteres videre i 5.1.2. Det antas videre at økonomisk vekst er en viktig forklaringsvariabel ved at det bidrar til økt konkurranse om arbeidskraft, land og andre ressurser, samtidig som det bidrar til økt teknologisk utvikling og lønnsomhet for produsenter. Dermed vil økonomisk vekst påvirke både tilbuds- og etterspørselssiden i en fremtidig markedsituasjon.

2.5 Skadedyr og pest

Kaffeproduksjonen i Mellom-Amerika har i løpet av de siste årene blitt betydelig redusert grunnet plantepesten bladrust. Det største utbruddet skjedde i 2012/13, med utbredelse på over 50% av plantene i regionen (Glenn et al., 2013). Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua og El Salvador er særlig hardt rammet. Denne pesten er ventet å ha stor negativ effekt for kaffeproduksjonen i lang tid fremover (Laderach et al., 2013). Det pågår kontinuerlig utvikling av nye kaffeplanter, ved å krysse eksisterende planter, med sikte på å utvikle pestresistente planter. Det er antatt at det totale tapet etter utbruddet i 2012/13 var på omkring 2,7 millioner sekker, til en verdi av en halv milliard USD. I dette området er det relativt stor andel småskala produsenter, og den sosiale kostnaden for samfunnet er antatt å være langt større enn det direkte tapet i omsetning. Omtrent 375 000 arbeidsplasser forsvant som følge av pestutbruddet (ICO, 2014).

Kaffeborebillaen antas å kunne bli den største trusselen for global kaffeproduksjon (Jaramillo et al., 2011). Billens utbredelse har i løpet av de seneste tiår økt, og den er nå påvist i alle kaffeproduiserende land, bortsett fra Kina og Nepal. I enkelte regioner har billens utbredelse blitt begrenset av den lave temperaturen i høyereliggende områder, men klimaendringer er i ferd med å endre dette, og det observeres stadig billeangrep ved høyere beliggenhet. Før 1984 var det umulig for kaffeborebillaen å forplante seg i arabicabønnene i Etiopia. Dette skyldtes for lav temperatur. Siden 1984 har stadig varmere klima ført til at kaffeborebillene er i stand til å overleve to generasjoner i løpet av en avling (Jaramillo et al., 2009).

Det har blitt påvist økt utbredelse i høyereliggende områder i Indonesia og Øst-Afrika. På Kilimanjaro i Tanzania har billen blitt observert i områder som ligger 300 meter høyere enn der den ble observert for 10 år siden. Denne utviklingen ventes å fortsette (Jaramillo et al., 2011). Det antas at billen først angrep robustaplantar i lavereliggende områder, for deretter å spre seg til Arabica i høyereliggende strøk. Når en avling blir angrepet av kaffeborebiller ødelegges store deler av avlingen. Under normale forhold vil forholdet mellom mengden plukkede kaffebær og mengden vaskede bønner være 5:1, mens det under et pestangrep i snitt vil være 17:1 (Jaramillo et al., 2011). Dette har betydelige konsekvenser for produsenter, og er særlig alvorlig for småskalaprodusenter med få alternativer og liten evne til omstilling og tilpasning. Det antas at selv små endringer i temperatur vil ha store konsekvenser for utbredelsen av billen (Jaramillo et al., 2009), og at særlig høykvalitets Arabica vil være utsatt (Jaramillo et al., 2011).

Dermed står kaffeproduksjonen overfor to utfordringer med samme årsak. Den økende temperaturen, og endringer i nedbørmønstre, vil lede til at egnet areal for kaffeproduksjon forflyttes. Samtidig vil et varmere og tørrere klima være gunstig for skadedyr og pest. Disse effektene antas å ramme ulike regioner i varierende grad.

2.6 Ekstremvær

Ekstremvær er kjent for sin ødeleggende effekt på kaffeavlinger. Det er særlig det kjente værphenomenet El Nino som har hatt størst påvirkning på kaffeproduksjonen (ITC, 2010). Dette fenomenet er karakterisert ved omfattende oppvarming av overflatevann i Stillehavet. Dette skjer med ujevne mellomrom på mellom 3 og 6 år. Fenomenet varer ofte i 9-12 måneder. Konsekvensen av El Nino er ulik i de forskjellige kaffeproduserende områdene, men både Afrika, Asia og Latin-Amerika blir påvirket, enten ved tørke eller økt nedbør. Vannmangel i de kritiske fasene av kaffebærets utvikling øker risikoen for pest, insektangrep og avvik fra korrekt bønnestørrelse (ITC, 2010).

Risikoen for pestutbrudd, klimaendringer, økende kostnader til arbeidskraft og gjødsel, i kombinasjon med stadig synkende tilgang på landbruksjord gjør at veksten i den globale kaffeproduksjonen kan bli vanskelig å opprettholde. Allikevel kan den økende etterspørselen i vekstmarkedene være med på å gjøre kaffeproduksjon mer lønnsomt, skape økte insentiver for teknologisk utvikling, og dermed øke potensialet for klimatilpasning i kampen mot skadedyr og klimaendringer (ICO, 2014; Jaramillo et al., 2011).

3 Kaffemarkedet

De viktigste prisdriverne i kaffemarkedet på kort sikt er lager og forventet produksjon (ICO, 2014). Ekstremvær som forekommer både under og lang tid før innhøsting får store konsekvenser for markedsprisen. Flere historiske prisoppganger har vært forårsaket av frost og tørke, men også sykdommer og skadedyr har påvirket prisen. Det at det tar flere år å øke produksjonskapasiteten fører til store variasjoner i pris i tider hvor tilbudet faller som følge av kortvarige sjokk (Ghoshray, 2010). Den marginale kostnaden for å øke produksjonen i situasjoner hvor tilbudet har blitt utsatt for et sjokk vil være høy og økende. Å øke produksjonen på kort sikt vil kun være mulig ved kostnadskrevenne tiltak som bedre plukking av kaffebær for å unngå svinn, samt økt bruk av innsatsfaktorer som gjødsel, vann og arbeidskraft. Dette vil ha begrenset effekt. Substitusjon mellom Arabica og Robusta kan dempe prisoppgangen noe (Ghoshray, 2010).

Generelt er det registrert høyest volatilitet i månedene mai, juni, juli og august (Ghoshray, 2010). I disse månedene er det høyest risiko for frost i Brasil, som er den eneste kaffe produsenten som er utsatt for dette (Zullo et al., 2011). Volatiliteten var særlig stor i 1994, 1997 og 1999, 2011 og 2014 (Ghoshray, 2010). I disse årene inntraff klimasjokk i Brasil, i form av frost, tørke eller skadedyr. Det skilles mellom hvit og svart frost, hvor hvit frost er kortvarig og kun ødelegger årets avling mens svart frost dreper kaffebusken. Ved svart frost vil det ta mange år før produksjonen kommer tilbake til normale nivåer (ICO, 2014).

I 1994 og 1999 ble omtrent 40% av den brasilianske avlingen ødelagt grunnet en kombinasjon av tørke og frost (Ghoshray, 2010). I 2011 ble store deler av Colombias produksjon ødelagt av bladpest, og prisen gikk fra omtrent 150 cent per pund til over 300 cent per pund. I 2014 ble Brasil utsatt for en omfattende tørke som senket total kaffe produksjon med 7,7% fra 2013, med en økning i arabicaprisen på 100%. Arabicaproduksjonen ble redusert med 15%. Tørken som rammet Brasil vinteren 2013/14 drev prisene på Arabica opp fra 122 til over 220 cent per pund i løpet av mars, mens det ved innhøstingen i september/oktober ble handlet til 180 cent per pund.

På lang sikt er de fundamentale prisdriverne etterspørsel og kostnader. Endring i etterspørsel vil i hovedsak drives av økonomisk vekst i vekstmarkeder, og endringer i kaffens popularitet i disse markedene ettersom de vestlige markedene er ansett for å være mettet (Ponte, 2002).

3.1 Handel med kaffe

Det meste av den internasjonale handelen med kaffe foregår med grønn kaffe (Ponte, 2002). Grønn kaffe er betegnelsen for kaffebønnene, etter at fruktkjøttet er fjernet og bønnene er tørket. Denne kaffen kan lagres i opptil fem år, og bidrar dermed til å dempe prisvariasjonene fra år til år, samtidig som lagerbeholdning dermed blir den viktigste indikatoren for pris på kort sikt (ICO, 2014). Bønnene kan kjøpes direkte fra opprinnelsessted eller i spot- og futuresmarkedet via råvarebørsene.

Kaffen omsettes stort sett utenom råvarebørsene. Børsenes funksjon er først og fremst risikotilpasning ved bruk av futuresmarkedet og som utgangspunkt for prissetting ved hjelp av spotmarkedet. Det at hver kaffeplantasje leverer unik kvalitet, fordi ingen plantasjoner er identiske, gjør at prisen for hver enkelt leveranse ofte vil variere. Kaffebønner er preget av geografisk distinksjon. Dette innebærer særegenheter i smak som følge av spesifikke forutsetninger for produksjon. Eksempler på dette er mineralinnhold i jordsmonn, høyde over havet og vanningsmetode. Også prosesseringen i etterkant av innhøsting vil ha betydning for smak. Den store andelen småskala produsenter tilsier at det er stor variasjon på dette området (Ponte, 2002).

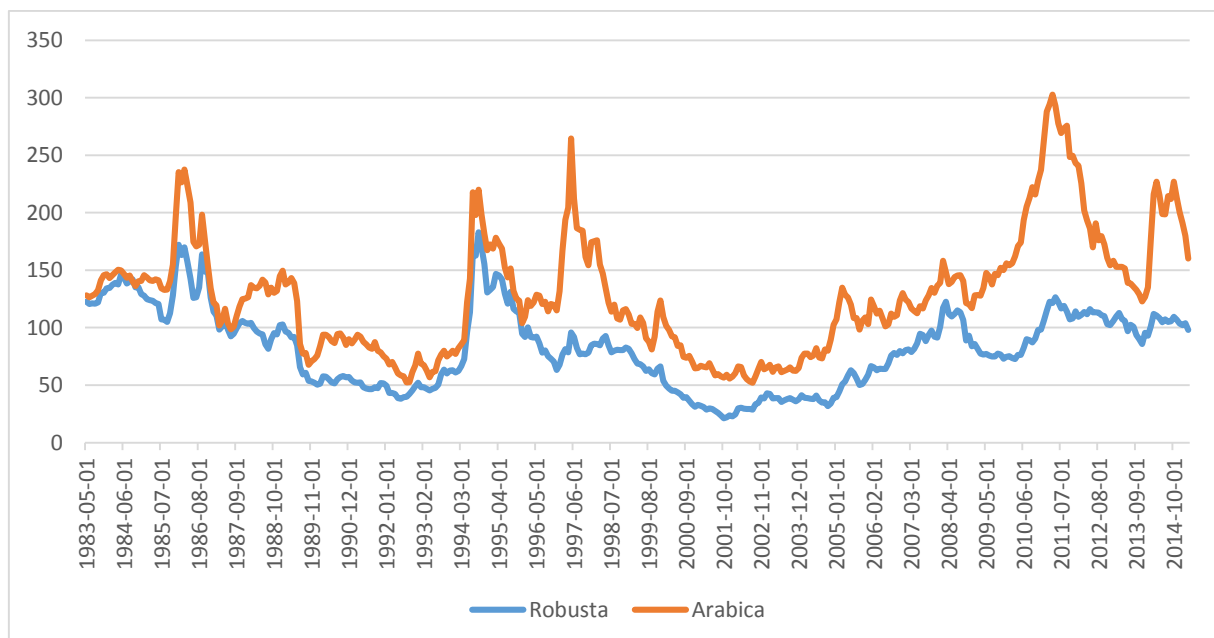
Kaffe handles ved en rekke råvarebørser. De største volumene handles gjennom «The Intercontinental Exchange» (The ICE) i New York og London, hvor det handles henholdsvis Arabica og Robusta. Det geografiske skillet mellom disse markedsplassene er i ferd med å forsvinne ettersom handelen kun foregår elektronisk, og markedene i økende grad harmoniseres tidsmessig. Kaffen som handles gjennom spot- og futuresmarkedet er generalisert ved bruk av spesifikke kvalitetskrav. Disse kravene definerer akseptabel bønnestørrelse og maksimal andel dårlige bønner.

3.2 Historisk markedsstruktur

Det har blitt gjort en rekke forsøk på å kontrollere kaffemarkedet ved hjelp av internasjonale produksjonsavtaler. Avtalene ble ofte inngått mellom produsenter og importland for å sikre forutsigbare priser og produksjon. Disse avtalene kollapset ofte innen fem til syv år. Avtalene varte dermed omtrent like lang tid som det tar å produsere nye kaffebusker, og det antas derfor at avtalene i for liten grad var i stand til å hindre produksjonsøkning ved høye priser (Mehta & Chavas, 2008). Fra 1962 til 1989 ble produksjonen av kaffe regulert gjennom internasjonale kaffeavtaler. Avtalen sørget for høye og stabile priser ved at produsentene ble gitt produksjonskvoter, men også ved at importland forpliktet seg til kun å handle med de godkjente eksportlandene innenfor tildelt kvote. Kvotene gjorde det mulig å manipulere prisene på en måte som var fordelaktig for produsentlandene (ICO, 2014). Avtalen ble opprettholdt fordi USA sørget for at partene oppfylte sine forpliktelser.

Det antas at USA hadde interesse i å holde prisene oppe, for på den måten å sørge for gunstige betingelser for den store andelen småskala produsenter i Mellom- og Sør-Amerika. På denne måten ville de hindre økende oppslutning om sosialismen, og den medfølgende dreining i opinion til fordel for Sovjetunionen (Mehta & Chavas, 2008). Da den kalde krigen gikk mot slutten mistet USA interessen i markedet, og avtalen mistet den autoriteten som var nødvendig for å regulere markedet.

Vietnam økte sin produksjon betydelig omkring 1989 og dumpet store mengder kaffe i markedet. I det uelastiske kaffemarkedet resulterte dette i et kraftig fall i kaffeprisen. I fravær av en internasjonal kvoteavtale ble markedet et fritt marked. Dette førte til langt større volatilitet (Ghoshray, 2010), samt lengre perioder med svært lave priser. Dette fremgår av figur 4 som viser prisutviklingen i spotmarkedet for henholdsvis Arabica og Robusta i perioden 1983-2014.



Figur 4 - Spotpris Arabica og Robusta 1983-2014, cent per pund (Quandl.com, 2015)

Det er hovedsakelig to perioder som skiller seg ut med vedvarende lave priser. Disse strekker seg fra 1989 til 1993 og 1999 til 2004. Sistnevnte ble kalt kaffe-krisen (ICO, 2014; Mehta & Chavas, 2008). Kaffe-krisen hadde betydelig negativ effekt for kaffeeksporterende land. Perioder med lave priser tvinger produsenter til å skaffe inntekter fra andre kilder. Dette fører til mindre oppfølging av avlingen som igjen fører til redusert kvalitet og avling (Mehta & Chavas, 2008; Schroth et al., 2009).

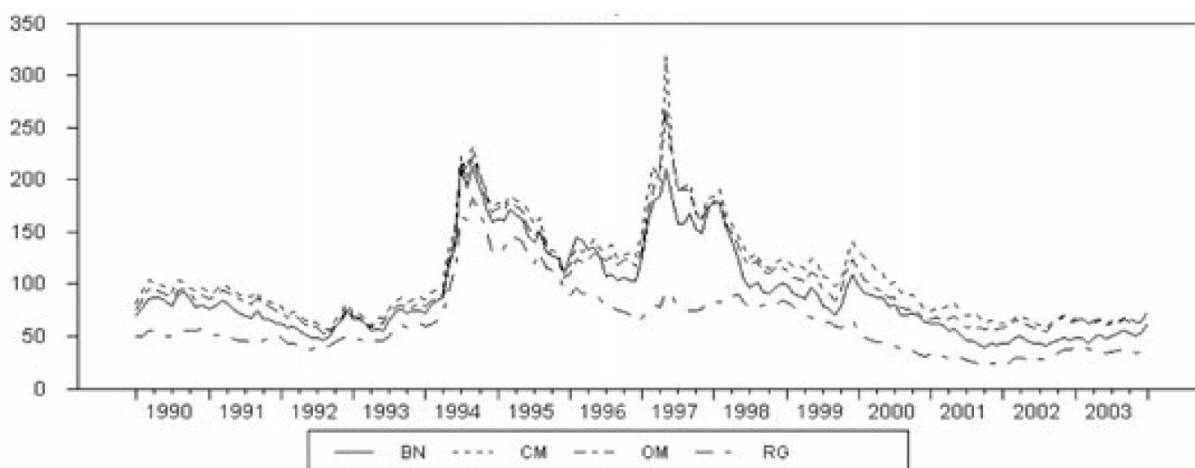
3.3 Ett marked?

Når vi ser på hvorvidt de ulike kaffetyperne utgjør ett marked over tid er det nødvendig å utforske de fundamentale egenskapene som utgjør prisene, og hvorvidt prisdifferansen er systematisk over tid. For at kaffemarkedet skal være «ett» marked er de ulike kaffetyperne nødt til å skilles prismessig kun ved kvalitet og transportkostnader. Transportkostnader antas i dette tilfellet å være ubetydelig. Dersom prisene avviker på usystematisk vis over tid, uten noen klar felles trend, vil dette indikere at de ulike kvalitetene ikke er substitutter og at det dermed ikke er et felles marked. Dersom de er kointegrert over tid, altså at avvik fra gjennomsnittlig prisdifferanse utjevnes raskt, er kaffemarkedet ett marked (Ghoshray, 2010). Substitusjonseffekten vil være avgjørende i definisjonen av markedet. Et marked kan defineres som et område hvor prisen for samme vare tenderer mot samme pris, korrigert for transportkostnad (Marshall, 1920). Dette kan utvides til at markedets utstrekning er begrenset til priser for varer som har felles trend, altså at de beveger seg sammen over tid.

Videre kan man endre fokus fra transportkostnader til kvalitetsforskjeller, og dermed se på et marked av imperfekte substitutter (Stigler & Sherwin, 1985). Loven om én pris holder når priser for ulike kvaliteter er kointegrert over tid.

Mehta og Chavas (2008) testet langsiktig prisdynamikk i kaffemarkedet. De brukte femårige etterslep i estimeringen av langsiktig prisutvikling. Dette tilsvarer tiden det tar fra kaffebusken plantes til den produserer kaffebær. I estimeringen påføres sjokk, som i størrelse tilsvarer Oxfams forslag om brenning av fem millioner sekker kaffe for å holde prisen oppe (Mehta & Chavas, 2008). Dette forslaget ble lansert under kaffekrisen, da de lave kaffeprisene førte til økende fattigdom i kaffeproduserende områder. Ved å bruke data på total verdensproduksjon, råvarepris og en etterspørselstetisitet på $-0,3$, finner de at produsenter til en viss grad tilpasser den langsiktige produksjonen til kortsiktig prisvariasjon i verdensmarkedet. Dermed vil kaffemarkedet være preget av systematiske underliggende variasjoner hvor perioder med lav pris følges av perioder med høyere pris og motsatt grunnet forsinkede effekter av produsentens tilpasning. En regulering av produksjonsvolum ville dermed kunne bidratt til å sikre langsiktig forutsigbarhet for produsentene.

Prisforholdet mellom arabicatypene Brasiliansk variant, Colombiansk variant, andre varianter og Robusta illustreres i figur 5. Den viser at kaffetyperne i stor grad er korrelert over tid med visse unntak for Robusta. Både Brasiliansk variant og Robusta er preget av substitusjonseffekt mot Colombiansk variant (Ghoshray, 2010; Otero & Milas, 2001). Dette innebærer at prisøkning i en kaffetype i stor grad følges av prisøkning i andre kaffetyper.

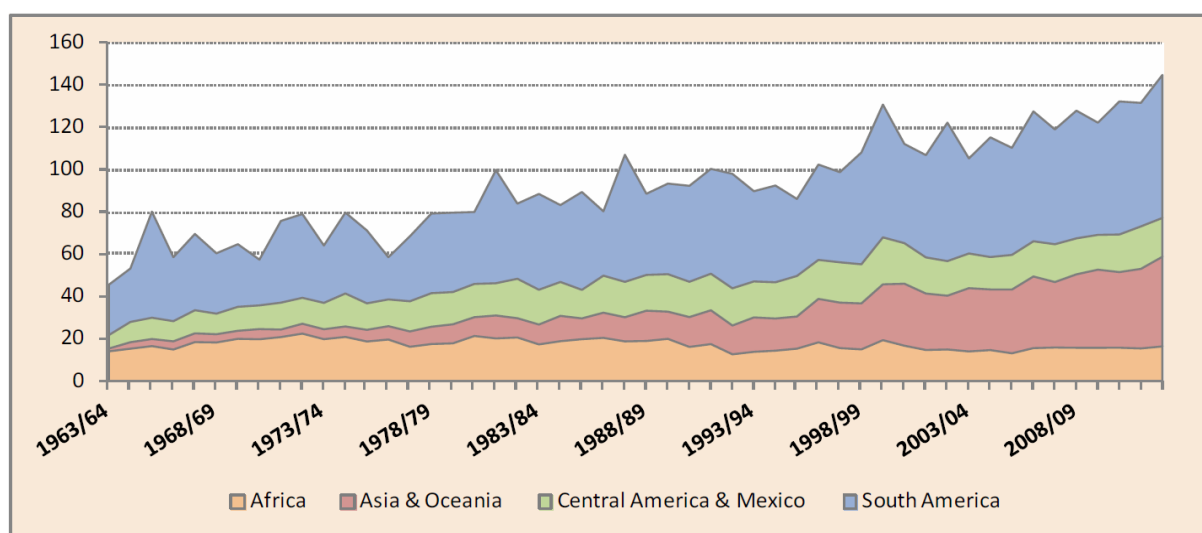


Figur 5 - Spotpris for ulike typer kaffe 1990-2004. Ghosray (2010)

Årsaken til dette er substitusjonseffekter hvor prisoppgang i en type vil føre til økt etterspørsel etter andre typer. Dermed virker de ulike typene dempende på potensielle prisfluktasjoner innen enkelttyper.

Kaffemarkedet er vurdert til å være ett marked over tid, men med noe treghet i substitusjonseffekten (Ghosray, 2010; ITC, 2010; Mehta & Chavas, 2008). Tilbud

Av figur 6 fremgår det at kaffeproduksjonen i løpet av de siste 50 år har økt i alle regioner, med unntak av Afrika (ICO, 2014).



Figur 6 – Historisk kaffeproduksjon i regioner. Millioner sekker (ICO, 2014)

Utviklingen innen produksjon i ulike regioner kan muligens forklares ved forskjeller i kostnader for produksjon. Brazil antas å ha lavest produksjonskostnader for både Robusta og Arabica. Colombia og Mellom-Amerika har høyest kostnader blant arabicaprodusentene og Afrika har middels

kostnadsnivå for arabicaproduksjon. Innen robustaproduksjon antas de asiatiske produsentene å ha et middels kostnadsnivå, mens Afrika har høyest kostnader (Gilbert, 2005).

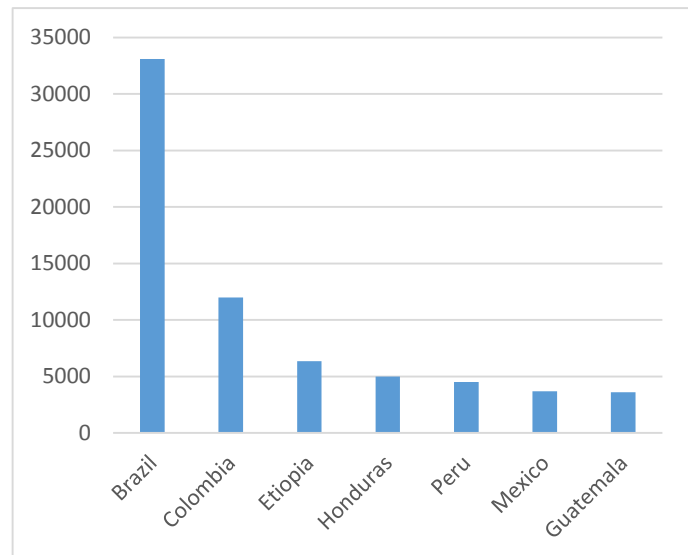
De ti største produsentene av kaffe er Brasil, Vietnam, Colombia, Etiopia, Indonesia, India, Honduras, Peru, Guatemala og Mexico (USDA, 2011). Total produksjon i 2012/13-avlingen var 145 millioner sekker (ICO, 2014).

Figur 7 viser at Arabica hovedsakelig produseres i Brasil, Colombia, Etiopia, Honduras, Peru, Mexico og Guatemala. Robusta produseres hovedsakelig i Vietnam, Brasil, Indonesia, India, Uganda og Elfenbenskysten, som det fremgår av figur 8.

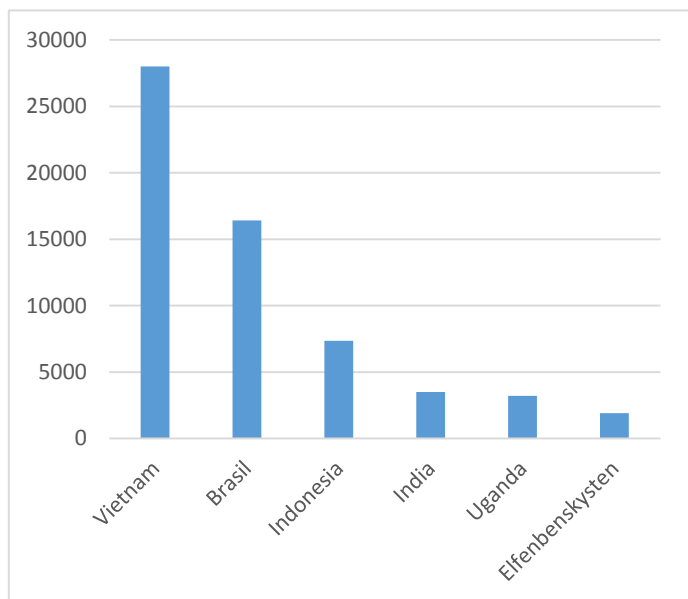
Brasil har vært største produsent av kaffe siden midten av 1800-tallet.

Total eksport har økt jevnt de siste 50 årene, med enkelte kortvarige unntak. Den høyeste eksporten under den internasjonale kaffe-avtalen var på 81 millioner sekker. Dette skjedde i 1989/90. En stund etter avtalens sammenbrudd falt eksporten til 65 millioner sekker i 1994/95, for så å stige jevnt til toppåret 2012/13 da det ble eksportert 113 millioner sekker. Eksportnedgangen i 1994 kan i stor grad tilskrives frostangrepet i Brasil, hvor 40% av avlingen gikk tapt (ICO, 2014).

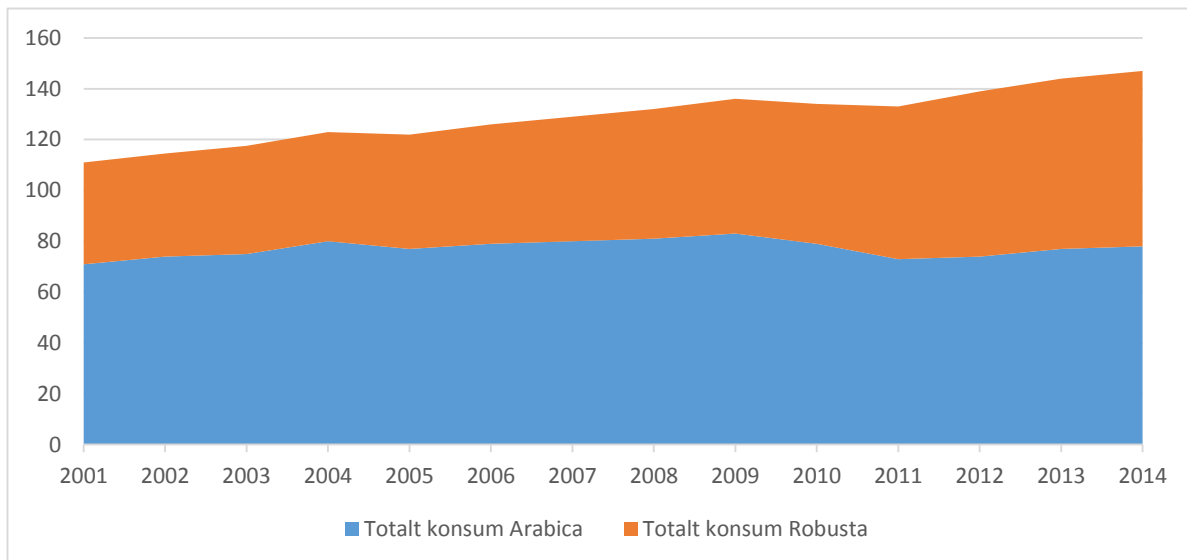
Figur 9 illustrerer produksjon av Arabica og Robusta over tid. Robustaens markedsandel er tydelig økende, og det fremgår at produksjonen av Arabica ikke har hatt noen betydelig økning siden 2001.



Figur 7 – Største arabicaprodusenter i 2014, i tusen sekker. (indexmundi.com, 2015a)



Figur 8 – Største robustaprodusenter i 2014, i tusen sekker. (Indexmundi.com, 2015b)



Figur 9 - Markedsandel Arabica og Robusta 2001-2014, i millioner sekker (ibtimes.com, 2015)

I 2012/13 utgjorde Robusta 42 millioner sekker. Dette er en økning fra 23 millioner i 1990/91, som gir en årlig vekstrate på 2,7%. Arabica hadde i denne perioden en årlig vekst på 1,4%. Den største årlige veksten har skjedd i Vietnam (13,9%), Nicaragua (7,3%), Peru (6,2%), Etiopia (6,2%), India (5,7%) og Honduras (5,2%). Vietnam eksporterte 1,1 millioner sekker i 1990/91. Dette hadde økt til 20 millioner sekker i 2012/13 (ICO, 2014).

Kaffeforedlere har forsket frem nye metoder for brenning og blanding og har dermed blitt i stand til å bruke stadig mer Robusta uten betydelig forringelse av kvaliteten på produktet. Robustaens fordel i form av lavere produksjonskostnader og større potensielt egnet område grunnet klimatiske forutsetninger, tilsier at balansen mellom produksjon av Arabica og Robusta vil fortsette i robustaens favør på lang sikt (ICO, 2014).

Tilbudselastisiteten er antatt å være lav på kort sikt men høyere på lang sikt (Akiyama & Varangis, 1990; Mehta & Chavas, 2008). Dette skyldes at det tar 3-5 år fra et tre plantes, til det kan forventes å produsere kaffebær. Dermed er det et svært begrenset potensiale for å øke tilbudet på kort sikt. En kortsiktig produksjonsøkning vil kunne oppnås ved å øke innsatsfaktorer som gjødsel og arbeidskraft, men effekten av dette vil være begrenset (Ponte, 2002). Lagerbeholdning vil virke dempende på volatiliteten ved tilbudsunderskudd og er dermed en viktig indikator på pris på kort sikt. På lang sikt er potensialet for produksjonsøkning begrenset av tilgang på egnet areal for produksjon.

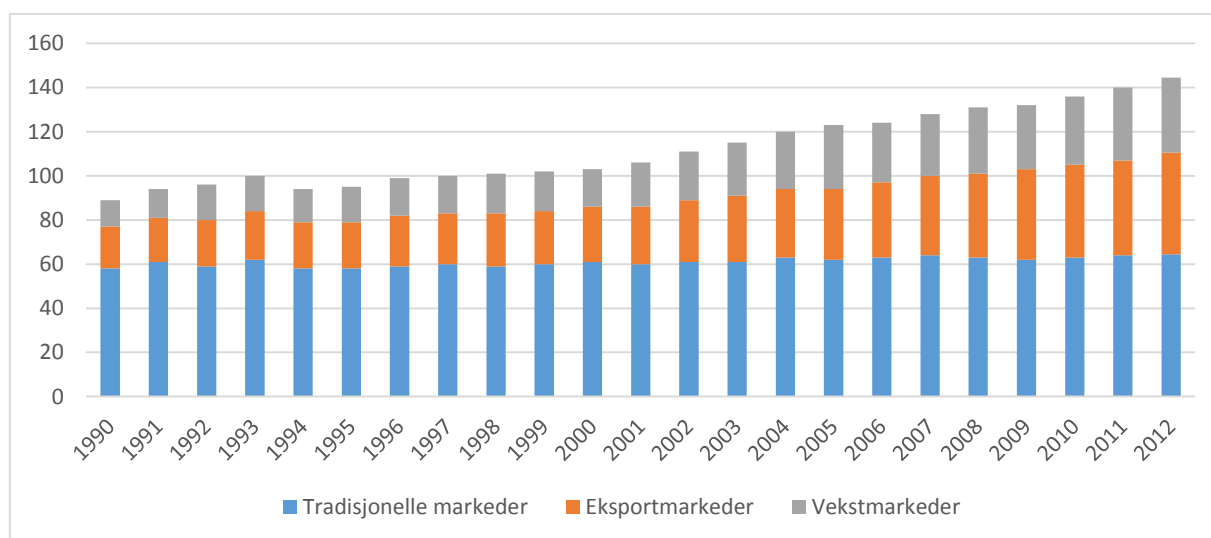
Den økende marginale kostnaden for dyrkbar mark, i kombinasjon med antagelsen om avtagende grenseproduktivitet (Ricardo, 1817) ved bruk av innsatsfaktorer, tilsier at tilbudet ikke er elastisk på lang sikt.

3.4 Etterspørsel

De tradisjonelle markedene i EU, USA og Japan har historisk sett stått for det meste av det globale kaffeforbruket. De skandinaviske landene har høyest forbruk per innbygger, og det er særlig Arabica som etterspørres her, det samme gjelder Tyskland. USA og Storbritannia etterspør også i størst grad Arabica, samtidig som disse markedene er de mest varierte i kvalitet.

Robusta brukes i mørke blandinger, som espresso. Dermed er Robusta mer etterspurt i Sør-Europa hvor mørk og kraftig kaffe som espresso og varianter av espresso med melk er særlig populært (Ponte, 2002). Robusta benyttes også i stor grad i frysetørket kaffe, samt i økende grad i kapselkaffe, og er således i ferd med å få et mer eksklusivt bruksområde.

Kaffeforbruket har en tendens til å øke der hvor inntekten øker, men det når etter hvert et metningspunkt hvor etterspørselen stabiliseres. Dette skyldes delvis den lave befolkningsveksten i industrialiserte land (Ponte, 2002). Etterspørselsveksten i industrialiserte land var på omtrent 1% årlig i perioden 1987-1997. Den lave veksten førte til en oppblomstring i spesialkaffe-industrien. Kaffe ble i økende grad diversifisert basert på kvalitet og produksjonsområde (Ponte, 2002). Av figur 10 fremgår det at det meste av etterspørselsveksten har vært i eksportmarkeder og vekstmarkeder siden 1990.



Figur 10 - Utvikling i kaffekonsum, millioner sekker 1990-2012. (ICO, 2014)

Det globale kaffeforbruket har økt med en årlig vekstrate på omtrent 1,9% de siste 50 årene. Denne utviklingen fremgår av figur 10 (ICO, 2014). I 1964 ble det konsumert 58 millioner sekker.

Dette økte til 142 millioner sekker i 2012. Etter 1990 har veksten akselerert noe, med en global vekst på 2,1% frem til 2000, og en vekst på 2,4% etter 2000. I senere tid har vekst-markeder som Russland, Brasil og Sør-Korea i økende grad drevet etterspørselsveksten. Det er særlig forbruket i Brasil, hvor de i 2012 konsumerte 20 millioner sekker, som har endret kaffemarkedet.

I 1964 konsumerte eksportlandene samlet 10,4 millioner sekker, mens de i 2012 konsumerte 43,5 millioner sekker. Dette gir en årlig vekstrate på omtrent 3%. Veksten i konsum har vært tiltagende over tid, og konsumet ble tilnærmet doblet mellom 2000 og 2012. Konsum i eksportland utgjorde omtrent 30% av den globale produksjonen i 2012. Av dette konsumerte Brasil 46% (ICO, 2014). Dette gjør Brasil til den nest største konsumenten i verden, etter USA. En rekke produsentland har økt forbruket betraktelig de siste årene. Dette gjelder særlig Indonesia, Etiopia, Mexico og India. Selv om disse landene har relativt lavt forbruk i global sammenligning, er det et stort potensiale for forbruksvekst i disse landene, gitt den økonomiske utviklingen.

Kina produserte 750 000 sekker Arabica i 2012, og har hatt en årlig økning i produksjon på 15% siden 1998. Forbruket per innbygger er fortsatt veldig lavt i Kina. Men med inneværende vekst på 13% årlig vil Kina i løpet av 2020 ha et forbruk tilsvarende Storbritannia på omtrent 2,8 millioner sekker årlig. Forbruksveksten har vært betydelig i vekst-markedene Russland, Brasil og Sør-Korea. I 1964 ble det konsumert 2,9 millioner sekker i vekst-markedene. I 2012 konsumerte disse landene 28 millioner sekker. Dette innebærer en vekst på 855%, mens veksten i perioden 1990 til 2012 har vært på 173%. Dette gir en årlig vekstrate på 4,7%. Det ventes at en tilsvarende vekst kan forekomme i India og Kina, med store konsekvenser for det internasjonale kaffemarkedet (ICO, 2014).

3.4.1 Økonomisk vekst

Økonomisk vekst er den viktigste faktoren i endring i etterspørsel. Veksten vil ikke være lik i ulike regioner, men vil trolig være særlig sterk når det gjelder vekstøkonomier hvor etterspørselen etter kaffe forventes å øke (ICO, 2014; Ponte, 2002). I tabell 2 nedenfor, fremgår OECDs anslag for global vekst frem til 2050. Det forventes lav til moderat vekst i viktige importmarkeder som Europa, USA og Japan. Resten av verden vil trolig oppleve langt høyere vekst. Dette vil trolig føre til at veksten på etterspørselssiden i kaffemarkedet fortsetter å komme fra nye markeder. En konsekvens av dette er en stadig større spredning av konsumet globalt. OECDs vekstanslag anses for å være moderate (Chateau et al., 2011).

Tabell 2 - Forventet årlig økonomisk vekst frem til 2050. (Chateau et al., 2011)

Land	% Vekst 2010-2020	% Vekst 2020-2030	% Vekst 2030-2050
Japan	2,1	1,6	1,0
USA	2,2	2,3	2,1
EU27 & EFTA	2,1	2,0	1,7
Resten av verden	4,4	4,5	4,5

4 Klimaendringer

IPCC antar en generell reduksjon på opptil 10-20% i globale avlinger grunnet klimaendringer innen 2050, og at landbruksproduksjon som ikke benytter kunstig vanning vil reduseres med opptil 50% innen 2020 (Porter et al., 2014).

Den internasjonale kaffeorganisasjonen (ICO) antar at verdens kaffeproduksjon kan bli redusert med opptil 10% innen 2050 ved enkelte klimascenarier (Jaramillo et al., 2011). I analysen tar de ikke hensyn til påvirkning fra skadedyr og pest, men kun endring i klimatiske forutsetninger som temperatur og nedbør. Klimaendringenes påvirkning i form av økt regn og vind vil være viktige drivere av erosjon og utarming av jordsmonn (Porter et al., 2014). Økning i regn og vind kan redusere jordas evne til å holde på vann, hvilket vil få særlig store konsekvenser produksjon i områder med lite nedbør (ITC, 2010).

Det er særlig kvalitet, størrelse på avling og geografisk utbredelse av produksjon som vil påvirkes av pest, skadedyr samt endring i nedbørmønstre og temperatur. Kaffeboenen er ømfintlig for endringer i temperatur, fordi dette påvirker modningsprosessen. Høyere temperatur fører til raskere modning, og dermed dårligere kvalitet (J. Haggard & Schepp, 2012). Dette understøttes av at Arabica fra lavtliggende områder ofte har lavere kvalitet og pris enn tilsvarende bønner fra fjellområdene, som er tilfellet i prisdifferensieringen som har etablert seg i forholdet mellom brasiliansk og colombiansk Arabica. Det antas at en økning i temperatur på 3°C vil kunne føre til at områder egnet for arabicaproduksjon forflytter seg 3 høydemeter per år frem til år 2100. Dermed vil høytliggende områder som i dag er uegnet, bli egnet for produksjon. Det er allikevel grunn til å anta at dette fører til mindre egnet areal, og større konsentrasjon av produksjonen globalt. Dette igjen øker potensialet for ødeleggelse av avlinger og markedsforstyrrelser ved ekstremvær (ITC, 2010). Produksjonen kan bli redusert ved tilfeller av ekstrem hete, særlig i blomstringsfasen. Kunstig vanning vil kunne bli nødvendig i områder hvor dette tidligere har vært overflødig (ITC, 2010).

En økning i CO₂-konsentrasjonen har flere effekter enn økning i temperatur. Planter er avhengig av CO₂ for å vokse, og en økning av konsentrasjonen kan dermed ha en positiv effekt på plantens utvikling, isolert sett (J. Haggard & Schepp, 2012). Det kan også påvirke balansen mellom skadedyr og naturlige fiender av skadedyrene, som parasitter. Denne påvirkningen er antatt å være negativ for kaffeproduksjonen (Jaramillo et al., 2011).

4.1 Konsekvenser av klimaendringer for kvalitet

Arabicaproduksjon som foregår i høyereliggende områder er ansett for å være av høyest kvalitet. Den viktigste årsaken til dette er lav temperatur som sørger for at kaffebæret modnes sakte (Jaramillo et al., 2011). En økning i temperatur vil dermed føre til at områdene som produserte Arabica av høyest kvalitet før temperaturøkningen, vil produsere Arabica av noe lavere kvalitet ved økning i temperatur. Den høyeste kvaliteten vil da kun være mulig å oppnå ved å ta i bruk nye produksjonsområder, som ved temperaturøkning ikke lenger er utsatt for frost. Temperaturøkning fører til at produksjonsområder som tidligere produserte middelmådig kaffe i økende grad vil produsere Arabica av lav kvalitet. Der hvor det tidligere ble produsert Arabica av lav kvalitet vil produksjonen opphøre. Et alternativ for disse produsentene er å produsere Robusta, som tåler høyere temperaturer (J. Haggard & Schepp, 2012).

4.2 Forventet utvikling i regioner

Forskningsmiljøer i ulike produsentland har utviklet scenarier for sannsynlig klimatisk utvikling i kafferegionene. I Brasil, landet som er mest utsatt for frost, vil en økning i temperatur gjøre nye områder tilgjengelig for dyrking, særlig sør i landet (Zullo et al., 2011). Lokale meteorologiske institutt melder om temperaturer som holder seg jevnt over historisk gjennomsnitt. Dette har vært tilfelle siden 1990. Det antas allikevel at for høy temperatur vil redusere egnet areal for arabicaproduksjon (Zullo et al., 2011). Kaffeproduksjonen i Minas Gerais og Sao Paulo, de to største arabicaproduserende regionene, vil trolig reduseres med 33% av egnet areal innen 2050 (J. Haggard & Schepp, 2012). Det forventes samtidig en økning i dyrkbart areal i de sørlige regionene Parana, Santa Catarina og Rio Grande do Sul (Zullo et al., 2011). Dette skyldes økende temperatur som reduserer risikoen for frost. Summen av dette tilsier allikevel et netto tap av egnet areal (J. Haggard & Schepp, 2012). Temperaturøkning er også forventet å føre til særlig økning i tilfeller av kaffeborebille i Brasil. Det har ikke blitt observert tiltak for klimatilpasning av betydning. Dette anses som essensielt dersom kaffeproduksjonen skal videreføres i Brasil. Allikevel anses brasilianske produsenter å være blant de mest omstillingsdyktige da store deler av produksjonen foregår ved større plantaser med betydelig bruk av vanningsystemer og mekanisert arbeidskraft. Dette kan føre til en økning av Brasils andel av produksjonen ettersom andre regioner vil være i stand til å tilpasse seg klimaendringer i mindre grad (Jaramillo et al., 2011).

I Colombia forventes produksjonskostnader å øke grunnet klimaendringer som er gunstige for insekter, pest og sykdommer. Det antas også at balansen mellom pest og naturlige motstandsorganismer vil endres med en påfølgende oppblomstring av pest. Det ventes en mulig økning i behov for mekanisk vanning ettersom nedbørsmonstre som i utgangspunktet er gunstige, endres.

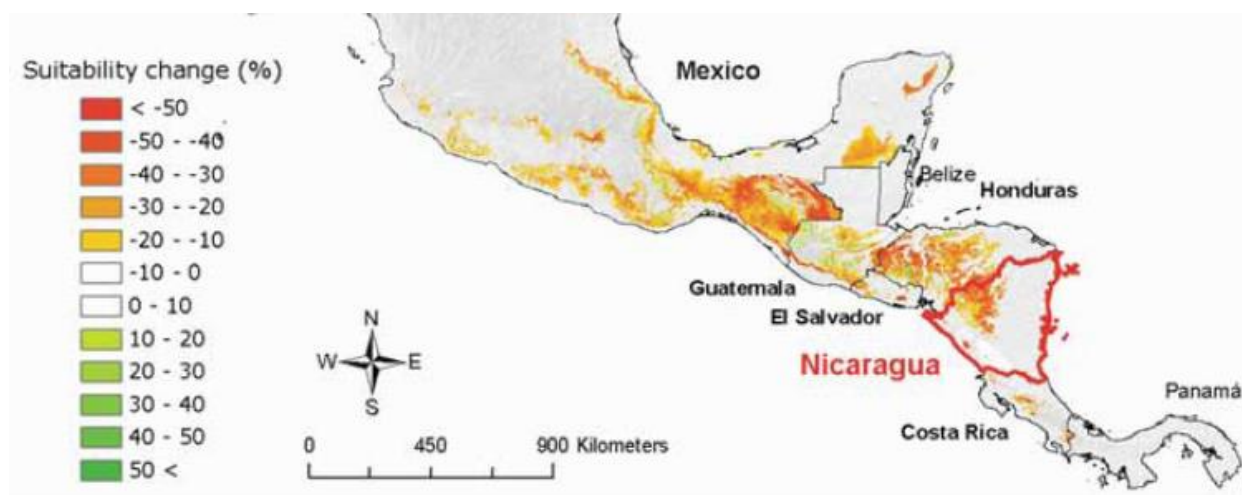
I Colombia forventes det at egnede produksjonsområder vil forskyves mot stadig høyere liggende områder (Ramirez-Villegas et al. 2012). Dette skyldes i stor grad endring i klimatiske forutsetninger, men også angrep fra bladpest og kaffeborebiller. Dette vil medføre økte kostnader til tilpasning ved bruk av vanning og motmidler. Det ventes dermed at produsenter som har mulighet til å flytte sin produksjon vil forsøke å ta i bruk områder som ligger høyere enn tidligere produksjonsområder (ITC, 2010). Det antas at arabicaproduksjonen i Colombia må flyttes 167 høydemeter for hver grads økning i temperatur (Jaramillo et al., 2011).

Mellom-Amerika er den kaffeproduserende regionen som allerede rammes hardest av klimaendringer i form av økt utbredelse av skadedyr. Denne utviklingen forventes å fortsette (Baker & Hagggar, 2007; Glenn et al., 2013). Kaffeproduksjonen i Mellom-Amerika

Tabell 3 – Endring i egnethet for Arabicaproduksjon i 2012 og 2050. (J. Hagggar & Schepp, 2012)

Country	Actual		2050	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Chiapas/Mexico	700 m	1,950	1,000	2,150
Nicaragua*	600	1,600	1,000	n/d

kan bli kraftig redusert som følge av klimaendringer. Produksjonen i Costa Rica, Nicaragua og El Salvador estimeres å kunne bli redusert med mer enn 40% innen 2025 (Baker & Hagggar, 2007; Glenn et al., 2013; Schroth et al., 2009), og at den kan forsvinne fullstendig innen 2050 (J. Hagggar & Schepp, 2012; Schroth et al., 2009). Sistnevnte baserer seg i større grad på påvirkning fra skadedyr, hvilket kan forklare avvikende funn i eksisterende litteratur.



Figur 11 - Forventet endring i egnet areal i Mellom-Amerika. (J. Hagggar & Schepp, 2012)

I Costa Rica forventes det at temperaturøkning vil øke egnede produksjonsområder i høytliggende områder. Dette kan gi en økning i produksjon av kvalitetskaffe i områder opp mot 2000 meter over havet (ITC, 2010). I både Costa Rica og El Salvador forventes en 50% nedgang i egnet areal innen 2050, mens Guatemala forventes en moderat økning i egnet areal, i henhold til figur 11. Av figuren fremgår det at klimaendringer vil ha størst påvirkning på kaffeproduksjon i Nicaragua.

I Mexico blir plantasjer som tidligere ble ansett for å være beskyttet fra skadedyr takket være høyde over havet, angrepet av pest og insekter (ITC, 2010). Det antas at all kaffeproduksjon i Mexico kan bli angrepet, og at det er en reell risiko for at kaffeproduksjonen vil opphøre (Schroth et al., 2009) og det forventes en reduksjon i produksjon på omtrent 34% innen 2020 (Gay et al., 2006). I hele regionen forventes det at gunstige dyrkingsforhold forflyttes betydelig høyere.

I India har endrede nedbørsmønstre allerede forårsaket dramatiske endringer i vekstforhold og øko-systemer. Pest og insekter har økt i geografisk omfang. I enkelte områder har produsentenes tilpasning ført til betydelig reduksjon i grunnvannsnivåer (ITC, 2010).

I Uganda, Kenya og Tanzania forventes egnet område for kaffeproduksjon å forflyttes mot høyereliggende strøk. Dette vil trolig skje på bekostning av skogområdene på Mount Kenya, som igjen vil føre til tap av karbonlagring (ITC, 2010). Omfang og hyppighet av pest og sykdom forventes å øke også her (Jaramillo et al., 2011). Det forventes endringer i nedbørsmønstre med ulikt utfall i forskjellige områder. Det forventes økt intensitet i regntiden i nord, og mer ekstreme tørkeperioder i høyereliggende områder i sør. Enkelte studier finner at produktiviteten i Tanzania kan øke med 16-18% ved en temperaturøkning på 2°C. Ved en økning på 4°C ville produksjonen i sørlige områder av Tanzania reduseres. I Kenya og Uganda forventes betydelige konsekvenser ved temperaturoppgang grunnet kombinasjon av klimatiske forutsetninger og skadedyr. Dette vil lede til en betydelige endring i dyrkbart område, og vil påkrevne flytting av produksjon. En planlagt høydeforflytning av arabicaproduksjon i Øst-Afrika anses som usannsynlig. Dette skyldes i stor grad at det er lite tilgjengelig dyrkbar jord i høyereliggende områder. Øst-afrikanske produsenter har begynt å plante trær for å hindre erosjon. Dette øker jordas evne til binde vann og gir skygge til kaffebuskene (Mehta & Chavas, 2008). Uganda har vært særlig utsatt for angrep fra kaffeborebille (Jaramillo et al., 2011). Den høye befolkningsveksten vil trolig føre til økt konkurranse fra andre avlinger for å dekke økt matetterspørsel.

I Peru har temperaturøkning i kombinasjon med uforutsigbare værmønstre forårsaket endringer i produksjonsområder. Avlingene blomstrer tidligere enn før, og høytliggende avlinger utvikler seg svært likt som de lavtliggende gjorde tidligere. Det har vært en særlig økning i temperatur-variasjon, med hete og kulde om hverandre.

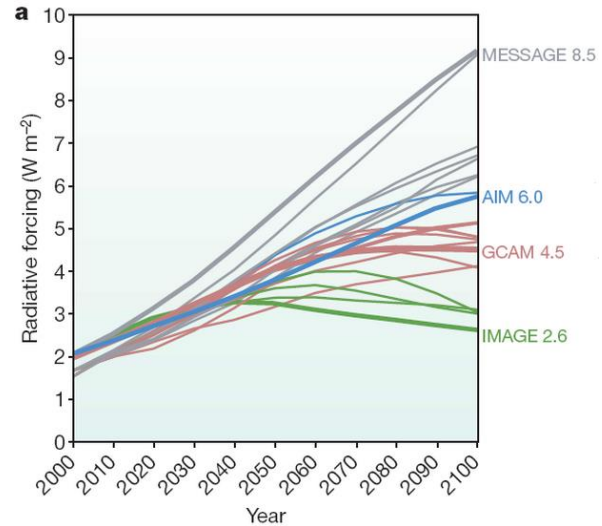
Også nedbørsmønstre er endret. Nedbøren kommer i samme mengde som tidligere, men langt mer konsentrert. Dette har ført til en økning i flom og erosjon (ITC, 2010).

I Vietnam utgjør Robusta 95% av avlingen (J. Hagggar & Schepp, 2012). Temperaturen i Vietnams kafferegion forventes å stige med 1,4°C til 4,2°C, med en økning i antall dager med temperatur over 25°C på mellom 23 og 55%. De varme dagene vil særlig forekomme i regnesongen. Den direkte påvirkningen på robustaproduksjonen er ikke kartlagt (J. Hagggar & Schepp, 2012). Det forventes en vridning i nedbørsmonstre hvor stadig mer nedbør vil komme i regntiden, med tilsvarende nedgang i tørkeperioden. En slik vridning vil ramme Robusta i større grad enn Arabica ettersom Robusta er mer sårbar for tørke. Vietnams robustaproduksjon dyrkes hovedsakelig i det sentrale høylandet og er den mest produktive produksjonen i verden med høyest avkastning i forhold til areal. Dette oppnås i stor grad takket være betydelig bruk av gjødsel og kunstig vanning. Produksjonen er preget av monokultur og går på bekostning av naturlig vegetasjon, samt overutnyttelse av vannressurser. Det antas at slik drift er lite bærekraftig og særlig sårbar for klimaendringer, hvor hovedutfordringen ligger i utnyttelsen av vann. Kombinasjonen av endret nedbørsmonster, overforbruk av vann og fall i grunnvannstanden forventes å fremtvinge tilpasning og endret praksis i regionen (J. Hagggar & Schepp, 2012). Vietnams robustaproduksjon kan trolig opprettholdes gitt tilstrekkelig teknologisk utvikling og klimatilpasning. Bedre forvaltning av vannressurser, land og gjødsling vil trolig kunne motvirke moderate klimaendringers potensiale for ødeleggelse (J. Hagggar & Schepp, 2012).

4.3 Representative Concentration Pathways - RCP

Det er betydelig usikkerhet rundt konsekvensene av klimaendringene. Samtidig er det knyttet enda større usikkerhet til hvordan stater, produsenter og konsumenter vil tilpasse seg klimaendringene, og hvordan disse tilpasningene igjen vil påvirke klimaet. Hypotesen om at menneskelig aktivitet påvirker klimaet impliserer at menneskenes tilpasning vil være en viktig forklaringsvariabel for fremtidig klima. Dermed er det nyttig å utlede scenarier for fremtidig klimautvikling. RCP-scenariene er utviklet av uavhengige forskningsinstitusjoner etter ønske fra IPCC for å styrke fremtidig klimaforskning (Vuuren et al., 2011). Scenariene er utviklet slik at ulike forskningsmiljøer skal kunne ha like utgangspunkt og sammenlignbare resultater når de modellerer fremtidige konsekvenser av klimaendringer. Og skal således være representative for den eksisterende litteraturen innen klimamodellering. Utslippsnivåer, konsentrasjonsnivåer og data for bruk av land er harmonisert og utledet fra eksisterende litteratur. Dette legges til grunn i de forskjellige RCPene i den hensikt å sikre konsistente funn ved modellering, både historisk og fremtidig (Vuuren et al., 2011). Sosioøkonomiske forhold er også utledet fra eksisterende litteratur. På dette området har hver enkelt forskningsgruppe gjort sine egne antagelser. Disse antagelsene er ikke harmonisert og vil dermed ikke være konsistente på tvers av scenarier.

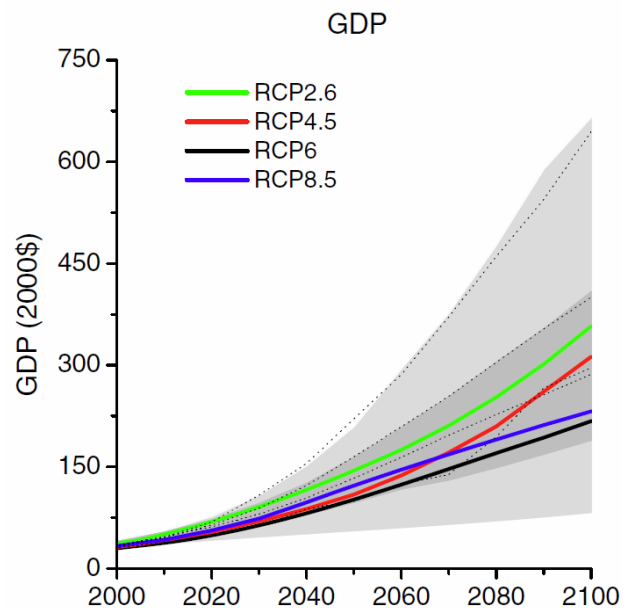
RCP-scenariene kalles RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 og RCP 8.5, som vist i figur 12, hvor tallet representerer forventet strålingspådriv i år 2100, målt i W/m^2 . Det er ikke forventet lineær utvikling i strålingspådriv. Dette blir tydelig ved å sammenligne scenarienes forventede strålingspådriv i år 2050. Det fremgår da at det i RCP 4.5 forventes noe høyere strålingspådriv enn i RCP 6.0. Ettersom denne masteroppgaven ser på utviklingen frem til 2050, er slike funn viktige for den videre analysen. RCP-scenariene er utledet ved bruk av en kombinasjon av integrerte vurderingsmodeller (Integrated Assessment Models), klimamodeller, økosystemmodeller og ekspertmiljøer innen utslippmåling (emission inventory) (Vuuren et al., 2011).



Figur 12 - RCP-anslag for strålingspådriv frem til år 2100. (Wayne, 2013)

Hver RCP dekker tidsintervallet 1850-2100, med forlengelser. Av figur 12 fremgår det at ulike simuleringer med sammenlignbar data gir ulikt utfall. De sammenlignbare simuleringene har samme farge i figuren. Den tykke stripen viser det representative utfallet. Scenariene beskriver også utviklingen innen utslippskonsentrasjon, demografi, økonomi, landutnyttelse og forbruk og produksjon av energi.

Av figur 13 fremgår det at det forventes økonomisk vekst i alle scenarier frem til år 2100. RCP 2.6 har høyest vekstanslag frem til år 2050, fulgt av RCP 8.5, 4.5 og 6.0. Det grå området viser 90 og 98 persentiler fra IPCC AR 4 databasen (Hanaoka & Sentā, 2006). Det grå området i figur 13 tilsvarer FN's høye og lave anslag for befolkningsutvikling (Economic, 2004).



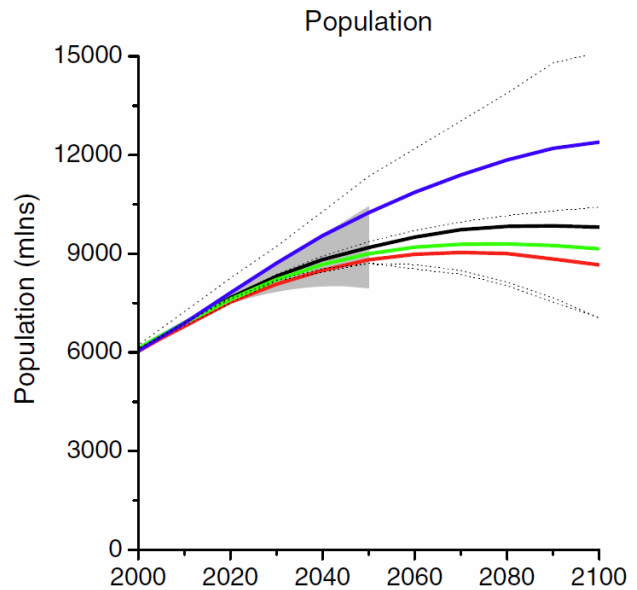
Figur 13- RCP-anslag for økonomisk vekst frem til år 2100. (Vuuren et al., 2011)

Det forventes ulik grad av teknologisk utvikling ide ulike scenariene. I RCP 2.6. forventes høy teknologisk utvikling, mens den i 4.5 og 6 forventes å bli moderat. I Scenario 8.5 forventes lavest teknologisk utvikling.

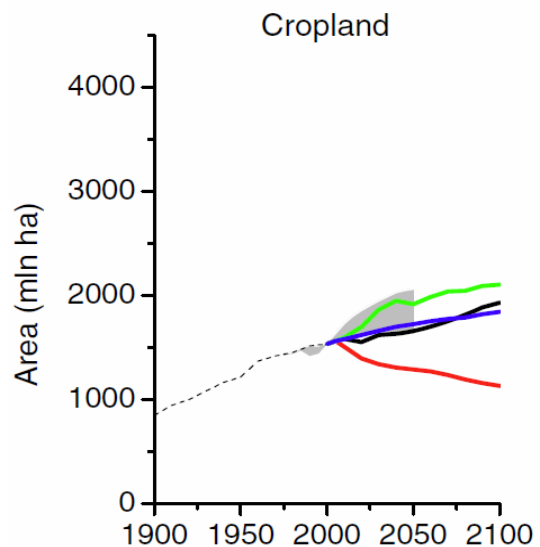
Av Figur 14 fremgår det at det forventes befolkningsvekst i alle scenarier, men veksten forventes å være avtagende og negativ for RCP 4.5 og 2.6 etter 2070. Frem til 2050 er veksten in RCP 2.6, 4.5 og 6 svært lik.

Utnyttelse av land er en svært viktig faktor for vurdering av klimapåvirkning. Scenarier for utviklingen innen omforming av skogområder til dyrkbar mark har stor betydning for vurderingen av vegetasjonens potensiale for karbonfangst og lagring, og knapphet på land i form av alternativ nytte. De ulike antagelsene om befolkningsvekst, betydning av vegetasjon i internasjonal klimapolitikk, utviklingen innen teknologi og organisering av matproduksjon gir ulikt utsalg i hva arealet vil brukes til. Av figur 15 fremgår det at det i de ulike scenariene er svært ulike antagelser på utviklingen innen bruk av land. Det er særlig dyrket mark som har betydning for kaffeproduksjonen. Av figuren fremgår det at det

vil skje en økning i dyrkbar mark i RCP 2.6, 8.5 og 6. Økningen er størst i RCP 2.6 og relativt lik i 8.5 og 6. I RCP 4.5 antas en betydelig reduksjon i dyrkbar mark. Dette forventes å påvirke produktiviteten innen kaffeproduksjon ettersom det fører til at prisen for innsatsfaktoren land øker.



Figur 15 - RCP-befolkningsanslag frem til år 2100. (Vuuren et al., 2011)



Figur 14- RCP-anslag for tilgang på dyrkbar mark frem til år 2100. (Vuuren et al., 2011)

5 Teoretisk rammeverk og modell

Denne studien baseres i stor grad på betydningen av tilgang på egnet areal for kaffeproduksjon, og avtagende marginalproduktivitet ved økt bruk av innsatsfaktorer. Dermed er David Ricardos teori om avtagende avkastning ved økt bruk av innsatsfaktorer sentral i denne studien. «The Law of Rent» sier at avkastningen fra land er lik den økonomiske fordelingen en kan oppnå ved å bruke landet til dets mest produktive formål, relativt til fordelingen en kan få ved å bruke det beste fritt tilgjengelige landet til samme formål, gitt like innsatsfaktorer i form av arbeidskraft og kapital (Ricardo, 1817). Det beste fritt tilgjengelige landet vil da antas å inneha lavere produksjonspotensial, ettersom det beste landet blir utnyttet først.

Det antas videre at avkastningen ved investering i land som innehar ulikt produksjonspotensial vil være lik, ettersom land som innehar høyere produksjonspotensial vil være dyrere å anskaffe enn land med mindre produksjonspotensial. Ved prisoppgang vil det lønne seg å ta i bruk nytt land til kaffeproduksjon. Dette innebærer å ta i bruk land med lavere produksjonspotensial. Dette bidrar til å øke verdien av det landet som allerede er i bruk. Gitt et valg mellom å investere i kjøp av egnet jord med høyt produksjonspotensial, versus egnet jord med lavt produksjonspotensial, vil avkastningen av investeringen, ifølge Ricardo, være lik. Konkurransen om land vil resultere i at profitten i markedet går til produsentene med den mest produktive jorden. Denne profitten gjenspeiler verdien av landet, og dermed investeringskostnaden som kreves for å anskaffe dette landet. Det at det tar 5 år før kaffebusken produserer kaffe bær tilsier at produsenter vil være varsomme med å skifte til alternative avlinger basert på kortsiktige prissvingninger. Dette tilsier at Ricardos antagelser ikke nødvendigvis holder på kort sikt. Dette gjelder i særlig grad småskala produsenter.

Prinsippet om avtagende grenseproduktivitet tilsier at dersom en produksjonsfaktor øker jevnt, mens de andre holdes konstant, vil veksten i total produksjon avta. Videre antas det at konkurranse mellom produsenter vil sørge for at markedspris blir lik den marginale kostnaden for den omsatte enheten med høyest produksjonskostnader.

Endringer i egnet areal som følge av klimaendringer fanges ikke direkte opp i Ricardos antagelser. I kaffemarkedet er det beste landet allerede i bruk, men ved en betydelig klimaendring vil nytt land kunne bli bedre egnet enn land som allerede benyttes til produksjon (Zullo et al., 2011). Dermed faller verdien av det mest verdifulle landet, mens områder som blir egnet for kaffeproduksjon øker i verdi. Denne effekten tilsier at flere faktorer vil påvirke grenseproduktiviteten.

Produktiviteten vil være avtagende på tidligere egnet areal som er i bruk, og økende på nytt egnet areal som ikke er i bruk. Det vil være kostbart å ta i bruk det nye landet. Dette vil skyldes både den økende verdien av landet, grunnet potensiale for kaffeproduksjon, men også kostnader for etablering av produksjon. Verdien av det gamle landet antas å bli redusert ettersom produktiviteten innen kaffeproduksjon er fallende, gitt stigende temperatur. Dette betinger at landets produktivitet innen produksjon av andre landbruksråvarer ikke øker mer enn reduksjonen i produktivitet innen kaffeproduksjon.

Kaffeproduksjon foregår på land som kan benyttes til annen landbruksproduksjon, og landet har dermed en alternativ nytte. Verdien av denne alternative nytten varierer med råvareprisene, og den potensielle produktiviteten man kan oppnå ved å dyrke en viss type avling. Gitt at klimaendring reduserer landets evne til kaffeproduksjon, vil den samme endringen potensielt kunne tilsi økt produktivitet av andre, mer temperaturtolerante råvarer. Dermed er endringen i produktivitet tosidig.

5.1 Modell

For å analysere dette markedet utledes en markedslukevektmodell med tilbuds- og etterspørselsfunksjoner for hver enkelt kaffetype, i tilbuds- og etterspørselsregioner. Hensikten er å modellere fremtidig pris og produsert mengde, basert på forventninger til fremtidig markedssituasjon. Først kalibreres markedet i 2013 basert på tilgjengelig data. Deretter korrigeres parameterne i den hensikt å vise konsekvensene av forventede endringer i tilbud og etterspørsel i 2050. Dette vil hovedsakelig være endringer i klimatiske forutsetninger, produktivitet og inntekt.

5.1.1 Tilbud

I et fritt marked med konkurranse mellom tilbydere vil tilbudskurven til hver produsent være lik den marginale kostnadskurven, og det totale tilbudet vil være summen av produsentenes tilbudskurver. Dette vises i formlene nedenfor hvor tilbudet er en funksjon av pris, og er lik summen av tilbud av kaffetype Arabica, a , eller Robusta, r , gitt pris i de ulike regionene R .

$$T_a(P_a) = \sum_{R=1}^n T_{a,R}(P_a)$$

$$T_r(P_r) = \sum_{R=1}^n T_{r,R}(P_r)$$

En kostnadsfunksjon er resultatet av en kostnadsminimering, hvor den optimale kombinasjonen av innsatsfaktorer blir kombinert ved lavest kostnad. Det vil eksistere en slik funksjon for hver av kaffetyperne. Konkurransen mellom produsenter vil sørge for at markedspris blir lik den marginale kostnaden for den omsatte enheten med høyest produksjonskostnader. Derfor vil kaffeprisen på lang sikt være lik den marginale kostnaden for å produsere en enhet til med kaffe, utover den kaffen som omsettes i markedet.

5.1.2 Tilbudsfunksjon

$$T_{a,R} = T_{a,R}^0 * P_a^{\lambda,R} * Pr_{a,R}$$

$$T_{r,R} = T_{r,R}^0 * P_r^{\delta,R} * Pr_{r,R}$$

Tilbudet i region R er gitt ved en regionspesifikk klimaparameter T^0 , endogen pris P og regionspesifikk tilbudselasticitet λ for Arabica og δ for Robusta, og en regionspesifikk produktivitetsindeks Pr .

T^0 viser mengden kaffe som ville blitt produsert i tilbudsregioner ved endringer i klimatiske forutsetninger i henhold til scenariene for 2050, gitt markedsprisen i 2013. T^0 er altså en klimaparameter som viser hvordan forventede klimaendringer ville påvirke produksjonen i dagens marked, alt annet holdt konstant. Denne parameteren settes i henhold til funn i eksisterende studier av forventet fremtidig produksjon, tilpasset scenariene i RCPene.

Produktivitetsindeksen, Pr , viser hvordan kostnader for innsatsfaktorer som land, vann, arbeidskraft og gjødsel samt endring i teknologisk utvikling vil påvirke avkastning fra kaffeproduksjon. Den beskriver i hvilken grad en kaffeproduserende region vil være i stand til å øke produktiviteten innen kaffeproduksjonen, uavhengig av klimaendringer.

Pris er opphøyd i tilbudselasticiteten for på den måten å vise hvordan produsenten vil tilpasse sin produksjon gitt endring i pris. δ og λ antas å være større enn 0, og høyere på lang sikt enn på kort sikt. En høy tilbudselasticitet, over 1, tilsier at tilbudet er elastisk. Dette betyr at en endring i prisen fører til en like stor, eller større, prosentvis endring i tilbudt mengde. Tilbudselasticitetene δ og λ antas å være konstant over tid, men tilpasses scenariene for klimaendring.

Tilbudselastisitetene vil påvirkes av klimaendringer ved at endring i klimatiske forutsetninger endrer tilgangen på egnet areal, og produktiviteten av arealet, for kaffeprodusenter. Dermed fanger tilbudselastisitetene opp konsekvensen av at potensialet for økning i kaffeproduksjon vil variere i samsvar med variasjoner i forventet klima.

Både tilbuds- og etterspørselssiden i kaffemarkedet er funnet å være uelastisk på både kort og lang sikt (Ghoshray, 2010; Mehta & Chavas, 2008). Dette skyldes den økende marginale kostnaden for produksjonsøkning. På lang sikt vil tilbudet være mer elastisk ettersom produsentene i større grad kan tilpasse seg endret etterspørsel. Tilbudet vil trolig ikke bli helt elastisk på lang sikt, ettersom knapphet på innsatsfaktorer som land, arbeidskraft, gjødsel og vann trolig fører til en økende marginal kostnadskurve også på lang sikt.

5.2 Etterspørsel

Ettersom de tradisjonelle importmarkedene anses for å være mettet i kvantitet (Ponte, 2002), vil økning i etterspørsel etter kaffe generelt bestemmes av inntektselastisitet og økonomisk vekst i områder hvor kaffens popularitet øker. De viktigste etterspørselsdriverne er således pris, som bestemmes endogent i modellen, økonomisk vekst, krysspriselastisitet, priselastisitet og inntektselastisitet. Alle elastisitetene er eksogene. Prisen for de ulike kaffetyper vil settes i markedet. Studier viser at prisene for ulike kaffetyper er kointegrert over tid, det eksisterer altså en substitusjonseffekt og de utgjør dermed ett felles marked (Ghoshray, 2010; Stigler & Sherwin, 1985). Dette tas det høyde for i modellen.

5.2.1 Etterspørselsfunksjon

Etterspørsel Arabica

$$E_{a,R} = E_{a,R}^0 * P_a^{\gamma a,R} * P_r^{\tau r,R} * I_R^{\theta r,R}$$

Etterspørsel Robusta

$$E_{r,R} = E_{r,R}^0 * P_r^{\gamma r,R} * P_a^{\tau a,R} * I_R^{\theta a,R}$$

Etterspørselen etter Arabica i region R er gitt ved en etterspørselskonstant for Arabica, E_a^0 , i region R, arabicapris P_a , direkte etterspørselsetlastisitet for Arabica γa i region R, robustapris P_r , krysspriselastisitet for Robusta τ i region R, inntekt I og inntekstelastisitet θ for Arabica i region R.

Etterspørselskonstanten viser import i region R i 2013. Etterspørselstettheten viser hvordan en endring i pris vil påvirke etterspørselen etter kaffe. Denne er unik for Arabica og Robusta i hver importregion. Etterspørselen etter kaffe antas å synke når prisen øker, derfor er etterspørselstettheten negativ for både Robusta og Arabica.

I henhold til funnene i litteraturen, og som diskutert i 3.2.1, antas positiv substitusjonseffekt mellom Arabica og Robusta (Ghoshray, 2010). Dette betyr at prisøkning i en kaffetype fører til etterspørselendring i den andre. Dette gjelder begge veier.

Inntektstettheten viser i hvilken grad økende inntekt påvirker etterspørselen etter kaffe. Det defineres en inntektstetthet for hver kaffetype i hver importregion. Dermed kan inntektøkning ha ulik betydning for etterspørselen etter Robusta og Arabica.

Disse etterspørselsfunksjonene er gyldige for samtlige etterspørselsregioner. Ettersom ulike regioner har ulike preferanser vil tetthetene variere mellom regioner. Dette skyldes hovedsakelig at regioner har ulik tradisjon og forventet utvikling innen kaffekonsum (Ponte, 2002).

5.3 Import- og eksportregioner

Eksportmarkedet er delt opp i regioner i henhold til kvalitet for Arabica, og geografisk beliggenhet i forhold til ekvator for robustaproducentene. I modellen kalles arabicaregionene lav, middels og høy. Robusta kalles ekvator og tropisk. I regionen lav inngår Brasil og Etiopia, i middels inngår Mellom-Amerika og India og i høy inngår Colombia, Kenya og Tanzania. I ekvatorregionen inngår Brasil, Indonesia, Uganda og Elfenbenskysten. I Tropisk inngår Vietnam og India.

Importregionene er like for Robusta og Arabica. Disse regionene kalles USA og Japan «USJap», Europa «EU» og resten av verden «ROW».

5.4 Markedssituasjon i 2013

Parameterne i tabell 4 og 5 benyttes som utgangspunkt i modellen, og er utledet ved bruk av informasjonen som er tilgjengelig i kapitlene om kaffemarkedet. Av tabellene fremgår produksjon og konsum i de definerte import og eksportregionene av henholdsvis Arabica og Robusta, i år 2013. Produktivitet og inntekt er satt lik 1. Dermed vil forventninger til fremtidig produktivitet og inntekt vises som endring fra 1.

5.5 Valg av elastisiteter for markedet i 2013

Elastisitetene i modellen er funnet i eksisterende litteratur, og omtalt i 3.2 under tilbud og etterspørsel. I litteraturen har jeg funnet langsiktige tilbudselasititeter på mellom 0,06 og 0,68 i forskjellige produsentland, og etterspørselelasititeter mellom -0,2 til -0,4 (Akiyama & Varangis, 1990; Ghoshray, 2010; Mehta & Chavas, 2008). I litteraturen finner jeg at Mellom-Amerika har særlig lav 10-årig tilbudselasititet på omtrent 0,2. Robustaprodusenter nær ekvator ligger delvis i samme område, mens Elfenbenskysten ligger på 0,84 (Akiyama & Varangis, 1990). Det er altså betydelige avvik mellom produsentland innenfor de definerte regionene i min modell. Dermed tilpasses elastisitetene tilbudsregionene i henhold til produsentenes størrelse og elastisitet, og ved bruk av skjønn. Det forventes noe høyere tilbudselasititeter enn studiene tilsier, ettersom produktivitetsvekst trolig har økt potensialet for økt tilbud ved prisoppgang.

Elastisitetene for markedet i 2013 hentes hovedsakelig fra studien til Varangis og Akiyama (1990), og tar utgangspunkt i deres tiårige tilbudselasititeter. Jeg antar at produktiviteten har økt innen kaffeproduksjon siden 1990, og dermed at det vil være noe høyere tilbudselasititet enn funnene i denne studien tilsier. Inntekts- og priselastisiteter i importregioner er antatt med utgangspunkt i samme studie. Generelt finner Varangis og Akiyama (1990) høyere inntekts- enn priselastisitet. Allikevel settes disse like for «EU» og «USJap», mens inntektselasititet settes noe høyere enn priselastisitet for «ROW». Dette begrunner jeg med markedsutviklingen siden 1990, som diskutert i 3.2.3, hvor det fremgår at de tradisjonelle markedene anses for å ha lite potensiale for økt konsum (Ponte, 2002). Inntekt vil trolig føre til økt konsum av kaffe av høyere kvalitet. Dette testes ikke direkte i denne studien. Inntektselasititetene antas dermed å være lavere enn det som Varangis og Akiyama (1990) finner.

5.5.1 Produsentregioner

Det forventes at tilbudsregionene vil reagere ulikt på endring i pris. Dette gjenspeiler hovedsakelig regionenes potensiale for produksjonsøkning ved økning i markedspris. En høyere kaffepris tilsier at det i større grad vil lønne seg å benytte land til kaffeproduksjon fremfor konkurrerende landbruk.

«Lav»

Brasil og Etiopia har ifølge studien tilbudselasititeter på 0,36 og 0,2. Jeg antar noe høyere elastisitet ettersom denne studien har lengre horisont, men også grunnet teknologisk utvikling og dermed økt produktivitet siden 1990. Denne økningen i produktivitet sier ingenting om forventning til fremtidig endring i produktivitet, men er et anslag på hvordan teknologisk vekst har påvirket potensialet for produksjonsøkning, gitt prisøkning, i perioden 1990-2013. På bakgrunn av dette anslås elastisiteten til 0,5 for regionen samlet.

«Middels»

I Mellom-Amerika har skadedyr forårsaket stor skade, og det forventes nedgang i tilgang på egnet areal for produksjon fra dagens nivå. I litteraturen finner jeg elastisiteter på mellom 0,16 og helt opp til 0,78. De fleste produsentene ligger rundt 0,2. Dermed antas 0,2 for regionen på lang sikt.

«Høy»

Varangis og Akiyama (1990) finner tilbudselastisitet for Colombia og Kenya på henholdsvis 0,75 og 0,45. Ettersom Colombia er største produsent forventes tilbudselastisitet på 0,6 her.

«Ekvator» og «Tropisk»

Robusta er rimeligere å produsere og er mindre kresen på klima enn Arabica. Dermed antas tilbudselastisitet på 0,65 på lang sikt for disse regionene.

5.5.2 Importregioner

Region «USJap» og «EU» forventes å ha svært lav langsiktig inntekts- og etterspørselastisitet. Dette skyldes forventninger om jevn moderat økonomisk vekst og antagelsen om at markedet er mettet (Ponte, 2002). Det forventes også relativt lav krysspriselastisitet mellom Arabica og Robusta ettersom markedene har klare preferanser og kaffetradisjoner, og fordi råvareprisen utgjør en svært liten andel av kaffeprisen for konsumentene (Ponte, 2002). Sistnevnte tilsier en endring i råvarepris ikke påvirker konsumentenes tilpasning i betydelig grad. Dermed er det også naturlig at å anta at krysspriselastisiteten er lik for begge kaffesorter.

Region «ROW» forventes å ha noe høyere inntekts- og etterspørselastisitet ettersom landene som inngår i regionen er i økonomisk endring, og etterspørselen etter kaffe har vist seg å være korrelert med økende inntektsnivå i vekstmarkeder (ICO, 2014; Ponte, 2002). Jeg antar høyere krysspriselastisitet i «ROW» ettersom kaffetradisjonene ikke er like fastlåst, og inntektsnivået er lavere. Sistnevnte tilsier at konsumentene i «ROW» er noe mer prissensitive, og dermed i større grad villig til å ta fordel av et relativt prisfall i en kaffesort i forhold til en annen på lang sikt. Jeg antar at det i region «ROW» vil være lik krysspriselastisitet mellom Arabica og Robusta.

«EU» og «USJap»

I disse importregionene antar jeg en langsiktig pris- og inntektselastisitet på henholdsvis -0,25 og 0,25. Krysspriselastisitet antas å være symmetrisk på 0,15.

«ROW»

For «ROW» antar jeg en langsiktig pris- og inntektselastisitet på henholdsvis -0,5 og 0,6. Krysspriselastisitet antas å være symmetrisk på 0,4.

Tabell 4 - Elastisiteter for etterspørselsiden i 2013

Region	Priselastisitet		Inntekts- elastisitet		Krysspris- elastisitet	
	Arabica	Robusta	Arabica	Robusta	Arabica	Robusta
USJap	-0,25	-0,25	0,25	0,2	0,15	0,15
EU	-0,25	-0,25	0,25	0,2	0,15	0,15
ROW	-0,5	-0,5	0,6	0,5	0,4	0,4

Tabell 5 - Parametere for markedet i 2013

Region	Arabica	Robusta	Produktivitet	T-Elastisitet
Produsentregioner				
Lav	40	-	1	0,5
Middels	20,75	-	1	0,3
Høy	13	-	1	0,6
Ekvator	-	30,5	1	0,65
Tropisk	-	31	1	0,65
Importregioner				
USJap	30,35	23	-	-
Eu	32,6	26	-	-
ROW	10,8	12,5	-	-

5.6 Scenarier

Scenariene beskriver utgangspunktet for modellering av kaffemarkedet. Fundamentet for scenariene er RCPene. Funnene i litteraturen tilpasses disse generelle scenariene. På bakgrunn av dette utledes parameterne som benyttes i modellen. Regionspesifikk økonomisk vekst er hentet fra OECDs anslag for økonomisk vekst frem til 2050, beskrevet i 3.2.3 (Chateau et al., 2011).

All data om RCPene er hentet fra Van Vuuren et. al (2011). Tilgjengelige simuleringer og analyser av fremtidig kaffeproduksjon i regioner benytter i stor grad scenarier som korresponderer med RCP 6 og 4.5 (Bjørnæs, 2012; Gay et al., 2006; J. Haggard & Schepp, 2012; Jaramillo et al., 2011; Schroth et al., 2009; Zullo et al., 2011). Dermed må disse funnene tilpasses andre scenarier og regioner ved bruk av skjønn. Scenariene presenteres først ved direkte bruk av relevant litteratur, deretter ved antagelser som er gjort i denne studien. Egne antagelser er i stor grad tilpasninger av funn fra annen litteratur. Klimatilpassede tilbudselasticiteter presenteres samlet etter gjennomgangen av scenariene.

5.6.1 Scenario 8.5

RCP og litteratur

Klimaparameter

RCP 8.5 korresponderer med SRES scenario A1 FI (Bjørnæs, 2012; Kolshus, 2000), og forespeiler et strålingspådriv på omtrent $5,5 \text{ W/m}^2$ i 2050. Dette er mer pessimistisk enn scenariene som mange kaffestudier baserer sine simuleringer på (J. Hagggar & Schepp, 2012; Jaramillo et al., 2011; Zullo et al., 2011). Den sterke økningen i strålingspådriv medfører at klimapåvirkningen forventes å være svært betydelig i dette scenariet. Egnen areal for kaffeproduksjon forventes å reduseres i alle regioner, og at det fører til at nesten all kaffeproduksjon forsvinner i viktige produksjonsområder i Brasil, og det meste av Mellom-Amerika (J. Hagggar & Schepp, 2012; Jaramillo et al., 2011; Schroth et al., 2009; Zullo et al., 2011). Det antas at kaffeproduksjonen må migrere mot områder som blir egnet for produksjon som følge av varmere klima. Dette er typisk i retning høyere liggende strøk, og mot sør eller nord i forhold til ekvator (Zullo et al., 2011). Summen av dette blir et netto tap i egnet areal for kaffeproduksjon (J. Hagggar & Schepp, 2012; Zullo et al., 2011). I dette scenariet blir angrep fra kaffeborebiller og bladpest særlig omfattende ettersom spredningen og omfang av skadedyr er sterkt korrelert med hete og tørke (Jaramillo et al., 2011).

Produktivitetsparameter

I RCP-scenariet forventes voksende befolkning og lav teknologisk utvikling. Det forventes også en moderat økning i dyrkbar mark, på bekostning av beitemark og annen vegetasjon, og moderat økonomisk vekst frem mot 2050.

Inntekt

Ettersom dette RCP-scenariet forutsetter middels vekst frem til 2050, forventes inntektsveksten å bli tilsvarende OECDs moderate anslag frem til 2050 (Chateau et al., 2011).

Antagelser basert på RCPer og litteratur

Klimaparameter

Jeg antar generelt noe lavere klimaparametere enn funnene i litteraturen, ettersom de siterte studiene baserer seg på mildere klimaeffekter enn dette scenariet tilsier. Det er hovedsakelig endringen i strålingspådriv som vil påvirke klimaparameteren. Dette vil skje i form av reduksjon av egnet areal og utbredelse av skadedyr. De fleste andre forhold påvirker produktivitet. I henhold til funnene i litteraturen antar jeg at den kraftige økningen i strålingspådriv fører til en omfattende nedgang i egnet areal for kaffeproduksjon. Robustaplantens toleranse for høyere temperaturer tilsier at mangel på vann og trussel fra skadedyr vil være de største risikofaktorene.

Basert på funn i litteraturen som tilsier et potensiale for migrasjon mot sør i Brasil, antar jeg at produksjonen i region «Lav» kan opprettholdes i noen områder, men at den vil reduseres med over 60% ved uendret pris og produktivitet (J. Haggan & Schepp, 2012; Zullo et al., 2011). «Middels» vil kun produseres i Guatemala, ettersom forutsetningene for arabicaproduksjon forsvinner i resten av Mellom-Amerika (Gay et al., 2006; Glenn et al., 2013; Schroth et al., 2009). Dermed blir klimaparameteren i denne regionen lik Guatemalas produksjon i 2013. I region «Høy» forventes migrasjon mot høyreliggende områder som blir egnet for kaffeproduksjon ved høyere temperaturer. Dermed forventes klimaparameteren å bli redusert med omtrent 55%.

Generelt vil høyere tolelans for varmere klima tilsa at egnet areal for Robusta trolig ikke vil reduseres i like stor grad som for Arabica. Det antas at områder som blir uegnet for Arabica grunnet høyere temperatur vil kunne bli egnet for produksjon av Robusta (Schroth et al., 2009). Enhver produksjonsøkning av Robusta vil dermed ikke nødvendigvis forekomme i regionene «Ekvator» og «Tropisk», som er definert som produksjonsområder for Robusta. Det anses allikevel som mest hensiktsmessig for min modell å tillegge «Ekvator» og «Tropisk» potensialet for produksjonsøkning i områder som tidligere ble benyttet til arabicaproduksjon, i andre regioner. På bakgrunn av forventningen om at Robusta vil kunne produseres under varmere klima i nye områder antas en reduksjon i klimaparameteren på omtrent 18%.

Produktivitetsindeks

Jeg antar at kraftig befolkningsvekst i kombinasjon med moderat økonomisk vekst vil bidra til å holde kostnaden for arbeidskraft nede. Samtidig vil etterspørselen etter land og konkurranse fra annen landbruksproduksjon øke, ettersom behovet for matproduksjon øker. Summen av dette, i kombinasjon med lav teknologisk utvikling tilsier lav produktivitsvekst i forhold til dagens nivå. Det forventes ujevn produktivitsvekst i ulike regioner. Dette skyldes varierende potensiale for å ta i bruk eksisterende teknologi og omstilling til mer klimasmart produksjon. Lav teknologisk utvikling tilsier også at Vietnam og de andre robustaprodusentene i liten grad vil forbedre forvaltningen av vann og landressurser (J. Haggan & Schepp, 2012). Dermed antas lav produktivitsvekst også her. Det antas at lav teknologisk utvikling rammer småskala produsenter mer enn større produsenter. Dette skyldes mindre kapasitet blant småskala produsenter til å tilpasse sin produksjon til et stadig varmere og ustabilt klima, med større og hyppigere angrep fra skadedyr. Dette vil særlig påvirke områder med relativt høyere andel småskala produsenter, som Etiopia og Mellom-Amerika, med få muligheter for migrasjon (Jaramillo et al., 2011; Reichhuber & Requate, 2012; Schroth et al., 2009; Trends, 2012). Dermed forventes ulik produktivitsvekst i produsentregionene.

I region «middels» forventes ingen produktivitetsvekst grunnet få muligheter for migrasjon og lite teknologisk utvikling i kampen mot skadedyr. I region «høy», hvor det antas at det er et potensiale for migrasjon til nye egnede områder frie for skadedyr og lavere alternativ nytte enn lavereliggende områder, forventes en produktivitetsvekst på 20% (Jaramillo et al., 2011). Dette skyldes forventning til teknologisk utvikling samt mindre problemer med skadedyr. I alle andre regioner forventes en produktivitetsvekst på 10%.

Tabell 6 - Parametere for scenario 8.5

Region	Produksjon 2013	Klimaparameter	Produktivitetsindeks	Inntekt
Lav	40	15	1,1	-
Middels	20,75	3	1,0	-
Høy	13	6	1,2	-
Ekvator	30,5	25	1,1	-
Tropisk	31	25	1,1	-
USJap	-	-	-	1,85
Europa	-	-	-	1,8
ROW	-	-	-	4,6

5.6.2 Scenario 6.0

RCP og litteratur

Klimaparameter

RCP 6-scenariet tilsier et strålingspådriv på omtrent 3,6 W/m² i 2050, og dermed noe lavere reduksjon i fremtidig egnet areal for kaffeproduksjon i forhold til scenario 8.5. Også i dette scenariet forventes økning i utbredelse av skadedyr (Jaramillo et al., 2011). Scenariet er sammenlignbart med SRES scenario B2 (Bjørnæs, 2012). Mye av bakgrunnen i denne studien er hentet fra simuleringer som benytter B2 scenariet (J. Hagggar & Schepp, 2012; Jaramillo et al., 2011; Schroth et al., 2009). Disse simuleringene finner betydelige endringer i areal egnet for arabicaproduksjon. Det forventes en reduksjon på 33% i egnet areal i Brasil, samt at det meste av kaffeproduksjonen i Mellom-Amerika opphører (Glenn et al., 2013; J. Hagggar & Schepp, 2012; Jaramillo et al., 2011; Schroth et al., 2009; Zullo et al., 2011). I region «Høy» forventes ikke betydelig tap av areal, men heller økende omfang og hyppighet av angrep fra skadedyr (Jaramillo et al., 2011).

Produktivitetsindeks

I RCP-scenariet antas moderat økning i dyrket mark generelt, og en stabilisering av befolkningen på omtrent 9 milliarder i år 2050.

Dette scenariet forutsetter lavest økonomisk vekst av de fire scenariene frem til år 2050, og dermed lavest økning i evne til kostbar klimatilpasning for småskala kaffeprodusenter (Jaramillo et al., 2011). Det forventes også lite teknologisk utvikling, men allikevel mer enn i RCP 8.5.

Dermed kan økt kunnskap om klimasmart kaffeproduksjon og utvikling av skadedyrresistente kaffebusker trolig kompensere for noe av den klimarelaterte produksjonsreduksjonen i form av økt produktivitet.

Inntekt

Det antas lavere vekstrater enn OECDs anslag, i henhold til RCP-scenariet (Chateau et al., 2011).

Antagelser basert på RCP'er og litteratur

Klimaparameter

I henhold til funnene i litteraturen antar jeg betydelige utslag i klimaparameterne. Jeg antar generelt noe lavere klimapåvirkning enn i scenario 8.5. Dette skyldes den noe lavere forventningen til strålingspådriv, og dermed færre angrep fra skadedyr og mindre tap av egnet areal. Antagelsen om en reduksjon på 33% i Brasil tar ikke hensyn til markedspris, men kun til hvor mye areal som vil være egnet for arabicaproduksjon. Dermed er det naturlig å anta at prisen for land vil gå opp, og at produksjon gitt samme markedspris som i 2013 vil reduseres med mer enn 33% i Brasil. På bakgrunn av dette antar jeg at produksjonen i region «Lav», gitt samme markedssituasjon som i 2013, vil reduseres med 50%. Klimaparameter i «Middels» settes omtrent lik Guatemalas produksjon på 4 millioner sekker per år. Egnet areal for Arabica i «Høy» vil i ikke reduseres like mye som i 8.5, men heller oppleve mer angrep fra kaffeborebillen og andre skadedyr (Jaramillo et al., 2011). Dermed antar jeg at det fortsatt vil være gode klimatiske forutsetninger for produksjon i dette området, men at økt omfang og hyppighet av angrep fra skadedyr vil bli den viktigste årsaken til produksjonsreduksjon. Produksjon i «Høy» reduseres her med 23%.

Produktivitetsindeks

Økt produktivitet i form av teknologisk utvikling og klimasmart produksjon kan kompensere noe for økende knapphet på dyrkbar mark. Også i dette scenariet er trusselen fra skadedyr særlig stor. Det forventes også økt alternativnytte av dyrkbar mark og dermed økende kostnader for land. Dette skyldes i stor grad den sterke befolkningsveksten og behovet for å bruke dyrkbar mark til matproduksjon. Summen av befolkningsveksten, moderat teknologisk vekst, lav økonomisk vekst og økende alternativnytte av land tilsier svak produktivitetsvekst og liten evne til klimatilpasning blant småskala produsenter. Allikevel antas noe høyere produktivitetsvekst enn i scenario 8.5 grunnet noe høyere teknologisk utvikling og noe mindre knapphet på land. Derfor antar jeg en produktivitetsvekst på 15% i regionene «lav», «ekvator», og «tropisk». Jeg antar 10% produktivitetsvekst i region «middels. Dette begrunner jeg med at denne regionen vil ha størst fordel ved utvikling av ny teknologi i form av klimasmart produksjon og skadedyrresistente kaffebusker.

Dermed antar jeg en noe lavere differanse i produktivitetsvekst i forhold til andre regioner. Som i scenario 8.5 antar jeg en noe høyere produktivitetsvekst i region «høy» enn i andre regioner, på 25%.

Tabell 7 - Parametere for scenario 6.0

Region	Produksjon 2013	Klimaparameter	Produktivitetsindeks	Inntekt
Lav	40	20	1,15	-
Middels	20,75	4	1,1	-
Høy	13	10	1,25	-
Ekvator	30,5	27	1,15	-
Tropisk	31	27	1,15	-
USJap	-	-	-	1,4
Europa	-	-	-	1,3
ROW	-	-	-	3,5

5.6.3 Scenario 4.5

RCP og litteratur

Klimaparameter

I RCP 4.5-scenariet antas en noe sterkere økning i strålingspådrivet enn i RCP 6 frem til 2050. Det antas et strålingspådriv på omtrent 4 W/m². 4.5-scenariet er sammenlignbart med SRES scenario B1 (Bjørnæs, 2012). B1 scenariet benyttes i flere simuleringer av fremtidig kaffeproduksjon (J. Haggan & Schepp, 2012; Jaramillo et al., 2011). Strålingspådrivet tilsier en svært lik utvikling i klimaparametere for scenario 4.5 som for 6.0.

Produktivitetsindeks

Dette scenariet forutsetter lavest vekst i befolkning og nest lavest vekst i økonomi frem til 2050. Befolkningsveksten er allikevel svært lik den i RCP 2.6 og 6. Dyrket mark reduseres kraftig grunnet høyere verdsetting av vegetasjon takket være dens nytte i global klimapolitikk. Dette fører til en økning i alternativkostnaden for land og dermed øker kostnaden for innsatsfaktoren land. Det antas samtidig høy teknologisk utvikling som gir større avlinger innen landbruket generelt. Denne teknologiske utviklingen tilsier en økning i kunnskap og virkemidler i møte med skadedyr og varmere klima (Jaramillo et al., 2011; Trends, 2012).

Inntekt

I henhold til RCP-scenariet anslås inntektsveksten å være noe lavere enn OECDs anslag frem mot 2050 (Chateau et al., 2011).

Antagelser basert på RCPer og litteratur

Klimaparameter

Strålingspådrivet er noe lavere enn i RCP 8.5, men marginalt høyere enn i RCP 6. Dermed er tapet av egnet areal noe større enn i RCP 6, og klimaparameterne vil i dette scenariet være marginalt lavere enn de i scenario 6.0.

Produktivitetsindeks

De viktigste forskjellene mellom scenario 6.0 og 4.5 vil være endring i andre forhold enn klimatiske forutsetninger for kaffeproduksjon. Jeg antar at den lave økonomiske veksten frem til 2050 holder kostnader til arbeidskraft nede. Samtidig vil økt alternativ nytte av land i global klimapolitikk og reduksjon i dyrkbar mark globalt bidra til å øke knappheten på land betydelig. Dyrkbar mark vil trolig i større grad benyttes til matproduksjon. Økt produktivitet i form av teknologisk utvikling og klimatilpasning kan kompensere for deler av økningen i knapphet på land. Jeg antar at teknologisk vekst får en relativt større effekt for region «Middels», ettersom denne regionen har størst potensiale for økt produksjon gitt økning av skadedyrbejkjempende teknologi. Økte kostnader for land og teknologisk utvikling antas å utjevne hverandre, hvilket tilsier svak vekst i produktivitet. På bakgrunn av dette antar jeg noe høyere produktivitetsvekst i dette scenariet enn i scenario 6.0. Region «Middels» antas å oppleve samme produktivitetsvekst som region «Lav», «Tropisk» og «Ekvator». Region «Høy» antas noe høyere produktivitet grunnet større betydning av teknologisk utvikling som reduserer risikoen for angrep fra skadedyr.

Tabell 8 - Parametere for scenario 4.5

Region	Produksjon 2013	Klimaparameter	Produktivitetsindeks	Inntekt
Lav	40	19	1,2	-
Middels	20,75	3,5	1,2	-
Høy	13	9	1,3	-
Ekvator	30,5	26	1,2	-
Tropisk	31	26	1,2	-
USJap	-	-	-	1,5
Europa	-	-	-	1,4
ROW	-	-	-	3,6

5.6.4 Scenario 2.6

RCP og litteratur

Klimaparameter

RCP 2.6 er det mest optimistiske scenariet og hvor det forventes lavest økning i strålingspådriv. I 2050 forventes et strålingspådriv på omtrent 3 W/m². Dette reduseres deretter og når 2.6 W/m² i år 2100. Det finnes ingen sammenlignbare SRES scenarier (Bjørnæs, 2012).

Produktivitetsindeks

Det forventes sterk økonomisk vekst, sterk vekst i teknologi og moderat befolkningsvekst. Dyrket mark øker mer enn for andre scenarier grunnet økt produksjon av bioenergi.

Inntekt

I henhold til RCP-scenariet forventes en noe sterkere inntektsvekst enn OECDs anslag (Chateau et al., 2011).

Antagelser basert på RCPer og litteratur

Klimaparameter

Økningen i strålingspådriv tilsier at det må påregnes en moderat reduksjon i klimaparameteren for den temperaturfølsomme arabicaproduksjonen. Det er særlig produksjonen i Mellom-Amerika som vil bli skadelidende (Glenn et al., 2013; Schroth et al., 2009), men også andre regioner vil påvirkes (Jaramillo et al., 2011). Jeg antar at tapet av egnet areal i Mellom-Amerika vil være langt mindre i dette scenariet enn i andre scenarier. Utbredelsen av skadedyr vil ha større konsekvenser enn tap av egnet areal, ettersom temperaturen ikke endrer seg like mye som i andre scenarier. Robustaproduksjonen tåler høyere temperaturer, men er også utsatt for angrep av skadedyr. Jeg antar derfor liten påvirkning på robustaproduksjonen.

Produktivitetsindeks

Jeg antar at produksjon av bioenergi vil mulig være en alternativ inntektskilde for mange kaffeprodusenter, særlig i Brasil som allerede har en betydelig bioenergiproduksjon (Khatiwada, 2013), og kan bidra til å øke kostnad for land. Allikevel forventes en betydelig økning i dyrkbar mark. Dette, i kombinasjon med moderat befolkningsvekst tilsier mindre knapphet på land i dette scenariet. Småskala produsenter vil i økende grad være i stand til å tilpasse produksjonen til endrede klimatiske forutsetninger takket være teknologisk utvikling og økonomisk vekst. Dette vil trolig bidra til å hindre spredning av skadedyr. Jeg antar at teknologisk vekst og økning i dyrkbar mark fører til at produktiviteten øker, ettersom kostnader for innsatsfaktorer faller og klimasmarte produksjonsmetoder i kombinasjon med klima- og skadedyrresistente kaffebusker utvikles. Jeg antar derfor høyere produktivitet i dette scenariet. Region «middels» forventes å få størst produktivitetstilvekst fra veksten i teknologi og vil ha større produktivitetsvekst enn regionene «lav», «ekvator» og «tropisk». Jeg antar at de sistnevnte regionene får en produktivitetsvekst på 30%. Regionene «middels» og «høy» antas oppleve en produktivitetsvekst på 40%.

Tabell 9 - Parametere for scenario 2.6

Region	Produksjon 2013	Klimaparameter	Produktivitetsindeks	Inntekt
Lav	40	30	1,3	-
Middels	20,75	10	1,4	-
Høy	13	10	1,4	-
Ekvator	30,5	30	1,3	-
Tropisk	31	30	1,3	-
USJap	-	-	-	2,4
Europa	-	-	-	2,3
ROW	-	-	-	5

5.6.5 Klimapåvirkning på tilbudselasticiteter

Klimapåvirkningene vil påvirke tilgjengeligheten av egnet areal. Dette er i stor grad fanget opp i klimaparameteren som viser klimaendringens direkte påvirkning på produksjonsregioner gitt markedssituasjon lik år 2013. Konsekvensen av en slik påvirkning vil være et skift i tilbudskurven. I tillegg til denne effekten kan det tenkes at de ulike scenariene vil påvirke potensialet for produksjonsøkning, gitt prisøkning, i produsentregioner ulikt. Sistnevnte vil påvirke tilbudselasticiteten. En kafferegion som tvinges til å migrere i høyderetning vil bevege seg oppover en fjellside, mot en topp. Dermed er arealet som potensielt kan omdannes til kaffeproduksjon avtagende. Jeg antar at en region som vil måtte ta i bruk ukultivert land, men som ikke er begrenset til en fjellside, i større grad vil være i stand til å øke produksjonen ved en prisoppgang, også ved endrede klimatiske forutsetninger. Dette tilsier at det kan eksistere forskjellig grad av langsiktig tilbudselasticitet mellom regioner, og at disse vil variere ved ulike klimascenarier.

Region «Lav» vil ha potensiale for utvidelse av produksjonsområder, hovedsakelig i Brasil. Dette er en av regionene med størst kapasitet til produksjonsøkning, ettersom kaffeproduksjonen forventes å migrere sørover, i retning Argentina, og ikke i høyden (J. Haggard & Schepp, 2012). Jeg antar at forskjellen mellom elasticitetene er forklart ved økning i strålingspådriv, og at tilbudselasticiteten er avtagende ved økende strålingspådriv. Som nevnt i 4.1.4 er det forventet høyest strålingspådriv i scenario 8.5. Deretter følger 4.5, 6.0 og 2.6. Dermed antar jeg at tilbudselasticitetene er 0.35, 0.45, 0.4 og 0.5 for scenario 8.5, 6.0, 4.5 og 2.6 henholdsvis.

Jeg antar at region «Middels» i liten grad vil være i stand til å øke produksjonen gitt en økning i pris. Dette skyldes hovedsakelig manglende potensiale for migrasjon, med unntak av produsentlandet Guatemala, som kan migrere i høyden (J. Haggard & Schepp, 2012). En økning vil måtte skje som følge av teknologisk utvikling. Denne effekten fanges opp i variabelen produktivitet. Dermed antas tilbudselasticiteten å være 0.1, 0.2, 0.15, 0.25 for scenario 8.5, 6.0, 4.5 og 2.6 henholdsvis.

I Region «Høy» antar jeg en avtagende tilgjengelighet på egnet areal etter hvert som temperaturen stiger. Dette skyldes at produksjonen skjer i høyereliggende områder rundt Kenyafjellet, Kilimanjaro og de Colombianske Andesfjellene, hvor migrasjonen vil måtte skje i høyderetning, med avtagende potensiale for produksjonsøkning som konsekvens (J. Haggard & Schepp, 2012). Dermed antar jeg tilbudselasticiteter på 0,4, 0,5, 0,45 og 0,55 for scenario 8.5, 6.0, 4.5 og 2.6 henholdsvis.

Region «Tropisk» er dominert av Vietnam, men noe av produksjonen kommer også fra India. Jeg antar relativt høy tilbudselasticitet ettersom både India og Vietnam har store områder tilgjengelig for produksjon. Derfor antar jeg relativt små endringer i tilbudselasticitet på tvers av scenariene. Elastisiteten antas å være 0,5, 0,6, 0,55 og 0,65 for scenario 8.5, 6.0, 4.5, og 2.6 henholdsvis. Den relativt lave variasjonen i tilbudselasticitet på tvers av scenarier forklares ved at Robusta vil tåle økning i temperatur bedre enn Arabica (J. Haggard & Schepp, 2012).

Region «Ekvator» er dominert av Brasil, men også Elfenbenskysten, Uganda og Indonesia har betydelig produksjon. Også her er det potensiale for produksjonsøkning. Uganda er i særlig stor grad utsatt for kaffeborebille og antas å ha lite potensiale for produksjonsøkning. Jeg antar samme tilbudselasticiteter som for region «tropisk».

Dermed er elastisitetene antatt å være som i tabell 10 på lang sikt.

Tabell 10 - Scenariospesifikke tilbudselasticiteter

Region/Scenario	8.5	6.0	4.5	2.6
Lav	0,3	0,4	0,35	0,45
Middels	0,1	0,2	0,15	0,25
Høy	0,35	0,45	0,40	0,55
Ekvator	0,45	0,55	0,5	0,6
Tropisk	0,45	0,55	0,5	0,6

6 Metode

GAMS er et modelleringsprogram utviklet av verdensbanken i den hensikt å tilrettelegge for avansert økonomisk modellering og forskning (Brooke et al., 1988). Programmet tillater brukeren å definere et marked med de nødvendige parametere og variabler for deretter å endre parameterne, og på den måten simulere et utfall av en antatt endring i markedets forutsetninger. Dermed kan mulige konsekvenser av potensielle endringer i produksjon og etterspørsel avdekkes.

Ved bruk av dette programmet kan fremtidige scenarier for kaffemarkedet simuleres. For å oppnå dette benyttes parameterne utledet i 5.2.3. I modellen utledes markedslikevekten for basisåret 2013. Parameterne for inntekt, produktivitet og pris settes lik 1 slik at endringer i disse parameterne er prosentvise i forhold til utgangspunktet. På bakgrunn av parameterne fra basisåret estimeres fremtidig markedslikevekt basert på forventede endringer i hvert scenario.

Ettersom endring i produktivitet, befolkning og inntekt endres parallelt med klimatiske forutsetninger, vil det være nyttig å skille effektene i simuleringen. Dette gjøres ved først å utlede forventet fremtidig markedssituasjon uten klimaendringer. I denne simuleringen tas det kun hensyn til endring i etterspørsel og produktivitet i de ulike scenariene. I dette scenariet må det benyttes elastisiteter som er upåvirket av klimaendringer. Deretter legges klimaparameteren og de scenariotilpassede elastisitetene til, og simuleringen utføres på nytt. På denne måten kan den forventede klimaeffekten identifiseres, og konsekvensene for kaffemarkedet blir tydelige.

7 Analyse og diskusjon

Funnene presenteres i tabeller som viser parameterverdier for 2013, 2050 uten klimaendringer og 2050 med klimaendringer. Delspørsmålene gientas her.

Forskningsspørsmål:

1. *Hvordan vil klimaendringer påvirke kaffemarkedet?*
2. *Hvordan vil økt etterspørsel fra nye markeder påvirke etterspørselen etter Arabica og Robusta?*
3. *Hvordan vil produksjonsforholdet mellom Robusta og Arabica være i 2050?*

7.1 Generelt om presentasjon av funn

Resultatene fra simuleringene har en rekke fellestrekk. Dette skyldes at scenariene påvirkes i økende grad av høyere strålingspådriv, og at forskjellen i teknologisk utvikling er negativt korrelert med dette. Dermed vil utfallene fra scenariene til dels gjenspeile konsekvensene av en slik utvikling, ved at forskjellen mellom scenariene i stor grad kan forklares ved ulik grad av påvirkning, i samme retning.

Det som er mest interessant å sammenligne på tvers av scenariene er funn som ikke støtter opp om denne uniforme utviklingen. Av den grunn vil funnene i scenario 8.5 forklares i størst detalj. Deretter vil fokuset i de resterende scenariene være på funn som avviker fra de generelle utviklingstrekkene som påpekes i scenario 8.5

7.2 Scenario 8.5

Scenario 8.5 er preget av lav teknologisk utvikling, høy befolkningsvekst, kraftig økning i strålingspådriv og moderat økonomisk vekst.

Tabell 11 - Pris i 2050 i henhold til scenario 8.5

	2050 Uten klimaendringer	2050 Med klimaendringer	% Forskjell
Arabica	1,43	13,9	872
Robusta	1,325	3,7	179

Tabell 12 - Produksjon og konsum i 2050 i henhold til scenario 8.5

	2013	2050 Uten klimaendringer	2050 Med klimaendringer	% differanse med /uten klimaendring
Produksjon Arabica				
Lav	40	52,61	36,3	-31,0
Middels	20,75	23,1	3,9	-83,1
Høy	13	19,3	18,1	-6,2
Konsum Arabica				
ROW	10,8	26,9	12,2	-54,6
USJap	30,35	33,8	22,3	-34
EU	32,6	36	23,8	-33,9
Produksjon Robusta				
Ekvator	30,5	40,3	49,5	22,8
Tropisk	31	40,9	49,5	21
Konsum Robusta				
ROW	12,5	26,9	39,9	48,3
USJAP	23	25,6	27,9	9
EU	26	28,8	31,3	8,7

7.2.1 Sammenligning av 2013 med 2050 uten klimaendringer

Dersom klimatiske forutsetninger i produsentregioner ikke endres frem mot 2050 tilsier estimatene i tabell 12 at kaffeproduksjonen ville økt med 30% til 175 millioner sekker, og at forholdet mellom Robusta og Arabica ville holdt seg tilnærmet konstant i forhold til 2013. En slik utvikling tilsier at trenden med en stadig økende andel Robusta stanser (Ponte, 2002). Dette skyldes trolig økonomisk vekst og lav substitusjonseffekt fra Arabica til Robusta. Sistnevnte skyldes den svært begrensede differansen i prisstigning mellom de to typene. Økonomisk vekst øker etterspørselen etter Arabica mer enn Robusta, ettersom jeg har antatt høyere inntektselastisitet for Arabica enn Robusta i «ROW». I 2013 var forholdet 55% Arabica og 45% Robusta.

Produksjon og konsum øker i alle regioner. Dette kan tilskrives inntekts-, pris- og produktivitsvekst. Førstnevnte tilsier at produsentene vil tilpasse sin produksjon til høyere priser i henhold til tilbudselasticitetene for 2013, korrigert for økende produktivitet. Økning i produktivitet vil lede til høyere avkastning uten økning i bruk av innsatsfaktorer. Dermed kan produksjonen økes uten betydelig økning i marginale kostnader. Størst er veksten i produksjon av «Lav», «Høy», «Ekvator» og «Tropisk», med vekst på henholdsvis 30%, 50%, 33% og 33%. Økningen i «Middels» er på omtrent 15%.

Konsum øker mest i «ROW», hvor Arabica øker med 150% og Robusta øker med 116%. Dette skyldes kombinasjonen av høy inntektselasticitet og høyere forventet inntektsvekst. Dermed er det et større potensial for vekst i konsum generelt. Priselastisiteten tilsier at konsumet reduseres ved økende pris, og at Robusta da vil foretrekkes i økende grad. Veksten i konsum i «EU» og «US/JP» er liten. Disse resultatene er som ventet, ettersom det ble antatt at de tradisjonelle markedene var mettet, og at økt etterspørsel ville komme fra «ROW» (Ponte, 2002).

Prisen stiger grunnet etterspørselsøkning og økende marginalkostnad for produksjon. Produktivitsøkningen er ikke tilstrekkelig til å kompensere for økende etterspørsel i «ROW». Økonomisk vekst tilsier både økt etterspørsel og økende kostnader for innsatsfaktorer. Dette gjelder særlig kostnad for arbeidskraft og land, ettersom det ventes befolkningsvekst og økende urbanisering. Den høye forventede befolkningsveksten, i kombinasjon med økonomisk vekst, tilsier at en økende andel av landbruksjorda vil bli benyttet til matproduksjon. Et luksusgode som kaffe vil dermed øke i pris. Prisøkningen er allikevel svært moderat.

7.2.2 Klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet

Av tabell 11 fremgår det at ved klimaendringer i 2050 vil prisen for Arabica og Robusta øke med henholdsvis 872% og 179% i forhold til estimatet for 2050 uten klimaendringer. På grunn av substitusjonseffekten bidrar dette til en vridning av etterspørselen til fordel for Robusta. Denne effekten er størst i «ROW». I tabell 12 vises endringen i produksjon og konsum i regionene. Det forventes en total kaffeproduksjon på 158 millioner sekker, og andelen Robusta fortsetter å øke på bekostning av Arabica. I 2050, med klimaendringer, utgjør Robusta 63% og Arabica utgjør 37%.

Tabell 12 viser at klimapåvirkning fører til produksjonsfall av Arabica i alle regioner, sammenlignet med 2050 uten klimaendringer. Størst er reduksjonen i «Middels» med en reduksjon på 83%. «Høy» reduseres med 6%. Dette tilsier at økningen i pris fører til økende andel av høykvalitets kaffe. Dette skyldes antagelsen om en noe høyere klimatilpasset tilbudselasticitet i «Høy».

Klimapåvirkning fører til en økning i produksjon av Robusta. Dette skyldes trolig en kombinasjon av substitusjonseffekten, grunnet fallet i arabicaproduksjonen og påfølgende prisøkning, samt høyere klimaresistens ved at den tåler høyere temperaturer. Sistnevnte forklares i modellen med en høyere klimatilpasset tilbudselasticitet for robustaprodusenter. Vridningen av produksjon og konsum i retning Robusta vil dermed fortsette.

Uten klimaeffekt ville «ROW» hatt en tilnærmet lik økning i konsum av Arabica og Robusta. Jeg forutsatte at «ROW» hadde noe høyere krysspriselasticitet enn de andre konsumentregionene. Konsekvensen av dette blir synlig når vi tar hensyn til klimaeffekten, ved at konsumet av Arabica kun øker med omtrent 14% i forhold til 2013-nivå, mens konsumet av Robusta øker med 219%, i «ROW». Dermed er «ROW» største konsument av Robusta i 2050. Dette skyldes antagelsen om at potensialet for vekst i konsum er størst i «ROW», og at preferansene ikke er like sterke hva gjelder kvalitet, i motsetning til de tradisjonelle importmarkedene «EU» og «USJap». Disse effektene skyldes etterspørsels-, inntekts- og krysspriselasticitetene.

7.2.3 Sammenligning av 2013 og 2050 med klimaendringer

Av tabell 11 fremgår det at klimaendringer vil føre til en prisøkning for Arabica og Robusta på henholdsvis 1290% og 270% i forhold til 2013. Denne prisutviklingen tilsier en kraftig substitusjonseffekt til fordel for Robusta. Dette bekreftes av estimatene i tabell 12.

Konsumet av Arabica faller i både «EU» og «USJAP», mens det øker i «ROW», sammenlignet med 2013. Konsum i «ROW» fortsetter å øke i begge scenarier.

Ved sammenligning av produksjonen i 2013 og 2050 med klimaendringer fremgår det at det forventes en betydelig økning i produksjon av «Høy», moderat reduksjon i «Lav» og kraftig reduksjon i «Middels». Det forventes samtidig en betydelig økning i produksjon av Robusta. Dette skyldes i stor grad reduksjonen i egnet areal i «Middels», som leder til prisøkningen i Arabica. Konsekvensen av denne prisøkningen er substitusjonseffekten i retning av økt forbruk av Robusta. Det meste av denne økningen konsumeres i «ROW». Dette medfører at regionen i 2050 er største konsument av Robusta. Det forekommer en vridning av konsumet av Arabica ved at det reduseres i «EU» og «USJap», mens det øker i «ROW». De tradisjonelle importregionene konsumerer fortsatt betydelig mer Arabica enn «ROW».

7.3 Scenario 6.0

Dette scenariet er preget av lav vekst i økonomi og teknologi, og høy befolkningsvekst. Tilgangen på dyrket mark øker noe.

Tabell 13 - Pris i 2050 i henhold til scenario 6.0

	Uten klimaendringer	Med klimaendringer	% differanse med /uten klimaendring
Arabica	1,113	3,79	240
Robusta	1,094	1,77	61

7.3.1 Sammenligning av 2013 med 2050 uten klimaendringer

Uten klimaendringer forventes det svært små endringer i pris. I denne simuleringen ville Arabica beholdt sin markedsandel på 55%, i henhold til markedssituasjonen i 2013. Total produksjon uten klimaendring estimeres til 176 millioner sekker. Dette fremgår av tabell 13 og 14. Estimatenes for produksjon og konsum er svært like som de i scenario 8.5 uten klimaendringer. Den viktigste årsaken til den lave prisøkningen er trolig at etterspørselen ikke stiger like mye nå det antas lav økonomisk vekst. Samtidig antas noe høyere produktivitsvekst i dette scenariet. Dette bidrar også til å holde produksjonen opp slik at tilbudet møter etterspørsel ved en pris svært lik den i 2013.

Tabell 14 - Produksjon og konsum i 2050 i henhold til scenario 6.0

	2013	Uten klimaendringer	Med klimaendringer	% differanse med /uten klimaendring
Produksjon Arabica				
Lav	40	48,5	39,2	-19,2
Middels	20,75	23,5	5,75	-75,5
Høy	13	17,3	22,8	31,8
Konsum Arabica				
ROW	10,8	22,5	14,8	-34,2
USJap	30,35	32,6	25,8	-20,9
EU	32,6	34,3	27,2	-20,7
Produksjon Robusta				
Ekvator	30,5	37,2	42,5	14,2
Tropisk	31	37,8	42,5	12,4
Konsum Robusta				
ROW	12,5	23,3	29,9	28,3
USJAP	23	24,4	26	6,6
EU	26	27,2	29	6,6

7.3.2 Klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet

Generelt fremgår det at klimaendringene har mindre påvirkning på kaffemarkedet enn i scenario 8.5. Dette er som forventet ettersom klimaparameteren og den scenariospesifikke tilbudselasticiteten er noe høyere. Av tabell 13 fremgår det at klimaendringene har størst påvirkning på arabicaprisen. Dette er konsistent med funnene i scenario 8.5. Substitusjonseffekten antas å føre til en økning i etterspørselen etter Robusta. Dette bekreftes av estimatene for konsum i 2050, som vist i tabell 14.

Av tabell 14 fremgår estimert produksjon og konsum i regioner. Ved klimaendring forventes kaffeproduksjon på 153 millioner sekker i produsentregionene, hvor Robusta utgjør 56% og Arabica utgjør 44%. Dermed fortsetter trenden hvor Robusta øker sin markedsandel. I forhold til scenario 8.5 vil lavere strålingspådriv tilsa at det vil være mer egnet areal for arabicaproduksjon, mens lavere økonomisk vekst i scenario 6.0 tilsier noe lavere etterspørsel etter kaffe totalt. Produktivitetsveksten muliggjør økt produksjon uten økning i bruk av produksjonsmidler. Kombinasjonen av dette tilsier lavere utslag i arabicaprisen. En viktig forskjell fra scenario 8.5 er økningen i produksjon i region «Høy». Dette er en konsekvens av høyere produktivitet og lavere klimapåvirkning. Klimaendring fører til en økning i produksjon av Robusta i region «Ekvator» og «Tropisk». Dette tilsier økt differensiering basert på kvalitet i kaffemarkedet.

7.3.3 Sammenligning av 2013 og 2050 med klimaendringer

Ved sammenligning av produksjon i 2013 og 2050 med klimaendringer fremgår det at differensieringen mellom de forskjellige kvalitetene øker, som i scenario 8.5. Produksjonen i region «Lav» forventes å bli nærmest uendret i forhold til 2013. De største endringene skjer i «Middels» og «Høy» med henholdsvis kraftig reduksjon og kraftig vekst. Produksjon av Robusta øker betraktelig i både «Ekvator» og «Tropisk».

Endringene er svært like som de i scenario 8.5. Den største forskjellen er betydelig lavere prisøkning i Arabica. Dermed blir substitusjonseffekten i retning Robusta mildere. Konsekvensen av dette er mindre økning i produksjon av Robusta.

7.4 Scenario 4.5

Scenario 4.5 er preget av reduksjon i dyrkbart areal, lav økonomisk vekst, men høy teknologisk utvikling.

Tabell 15 - Pris i 2050 i henhold til scenario 4.5

	Uten klimaendringer	Med klimaendringer	% differanse med /uten klimaendring
Arabica	1,05	4,67	345
Robusta	1,05	1,96	86

7.4.1 Sammenligning av 2013 med 2050 uten klimaendringer

Uten klimaendringer vil markedsprisen for Arabica og Robusta være svært lik som i 2013, slik det fremgår av tabell 15. Kombinasjon av produktivitetsøkning og lav økonomisk vekst fører til at tilbudet i stor grad møter etterspørsel til samme pris som i 2013. Det fremgår av tabell 16 at det forventes produksjonsøkning i samtlige regioner. Det er fortsatt «EU» og «USJap» som har størst konsum av Arabica, mens økningen i arabicakonsum er størst i «ROW». Det forventes at konsumet av Robusta i «ROW» blir som i de øvrige importregionene i 2050, uten klimaendringer.

Tabell 16 - Produksjon og konsum i 2050 i henhold til scenario 6.0

	2013	Uten klimaendringer	Med klimaendringer	% differanse med /uten klimaendring
Produksjon Arabica				
Lav	40	49,2	39,1	-20,5
Middels	20,75	25,3	5,3	-79,1
Høy	13	17,4	21,7	24,7
Konsum Arabica				
ROW	10,8	23,2	14,1	-39,2
USJap	30,35	33,4	25,3	-24,3
EU	32,6	35,3	26,7	-24,4
Produksjon Robusta				
Ekvator	30,5	37,7	43,75	14,2
Tropisk	31	38,4	43,75	12,4
Konsum Robusta				
ROW	12,5	26,6	31,35	28,3
USJAP	23	24,8	26,5	6,6
EU	26	27,7	29,6	6,6

7.4.2 Klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet

Av tabell 15 fremgår det at klimaendringer fører til en 345% prosent økning i prisen for Arabica, og en 86% økning i prisen for Robusta.

Total kaffeproduksjon i produsentregionene er i dette scenariet på omtrent 154 millioner sekker. 57% av dette er Robusta, mens de resterende 43% er Arabica. Dermed er estimatene svært like som i scenario 6.0.

Den største forskjellen fra scenario 6.0 er prisøkningen for Arabica, som medfører en noe større substitusjonseffekt i retning Robusta. Dette skyldes trolig noe høyere økonomisk vekst og høyere strålingspådriv. Jeg antok at produktiviteten var noe høyere i dette scenariet ettersom høyere teknologisk utvikling utjevnet effekten av redusert tilgang på dyrbart areal. Økonomisk vekst har størst betydning for «ROW», hvor det antas høyere inntektselastisitet. Økningen i strålingspådriv fører til redusert potensiale for å ta i bruk nytt areal til produksjon. Dermed antok jeg lavere scenariospesifikk tilbudselsastisitet. Summen av dette tilsier høyere marginalkostnad for økt produksjon, som gjenspeiles i differansen i estimatene mellom scenario 6.0 og 4.5.

7.4.3 Sammenligning 2013 og 2050 med klimaendring

Sammenligning av 2013 med 2050 med klimaendringer gir svært like utfall som i scenario 6.0. Den største forskjellen er prisøkningen som er diskutert i 7.4.2.

7.5 Scenario 2.6

I scenario 2.6 forventes høy vekst i teknologi, høy økonomisk vekst og relativt lav økning i strålingspådriv. I tillegg forventes en økning i dyrkbar mark generelt.

Tabell 17 - Pris i 2050 i henhold til scenario 2.6

	Uten klimaendringer	Med klimaendringer	% differanse med /uten klimaendring
Arabica	1,124	2,01	79
Robusta	1,11	1,32	19

7.5.1 Sammenligning av 2013 med 2050 uten klimaendringer

Kraftig økning i teknologi og økonomisk vekst tilsier produksjonsøkning og betydelig etterspørselsøkning i «ROW». Produktiviteten øker kraftig og dermed er produsentene i stand til å øke produksjon uten betydelig økning i pris. Dette gjenspeiles i estimatene i tabell 17 og 18.

7.5.2 Klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet

Av tabell 17 fremgår det at prisøkningen forårsaket av klimaendringer blir relativt lav, med en økning på 79% for Arabica og 19% for Robusta i forhold til 2050 uten klimaendringer. Dette tilsier lav substitusjonseffekt, noe tabell 18 bekrefter. Økningen i «Ekvator» og «Tropisk» blir henholdsvis 9% og 7%.

Tabell 18 - Produksjon og konsum i 2050 i henhold til scenario 2.6

	2013	Uten klimaendringer	Med klimaendringer	% differanse med /uten klimaendring
produksjon Arabica				
Lav	40	55,1	53,4	-3,1
Middels	20,75	30,1	16,6	-44,9
Høy	13	19,5	20,55	5,4
konsum arabica				
ROW	10,8	27,9	22,4	-19,7
USJap	30,35	37,2	33,1	-11
EU	32,6	39,6	35	-11,6
produksjon Robusta				
Ekvator	30,5	42,4	46,1	8,7
Tropisk	31	43,1	46,1	7
konsum robusta				
ROW	12,5	27,8	32,1	4,3
USJAP	23	27,2	28,4	4,4
EU	26	30,5	31,8	4,3

7.5.3 Sammenligning av 2013 og 2050 med klimaendring

Tabell 18 viser at total kaffeproduksjon i 2050, med klimaendringer, estimeres til 181 millioner sekker. Forholdet mellom Arabica og Robusta utjevnes grunnet klimapåvirkningen og substitusjonseffekten og de utgjør nå 50% av markedet hver. Dermed fortsetter trenden som er påvist før 2013 (Ponte, 2002), men utviklingen avtar betraktelig.

Scenario 2.6 skiller seg ut ved at produksjonen i «Lav» øker på tross av klimaendring. Dette skyldes teknologisk utvikling og potensiale for migrasjon, som i kombinasjon med høyere pris, gir insentiv for økt produksjon i denne regionen. Estimaten tilsier en moderat reduksjon på 20% i «Middels». Teknologisk utvikling gjør det altså mulig å opprettholde produksjonen i denne regionen.

7.6 Fellestrekk i simuleringene

Alle scenariene finner størst prisseffekt for Arabica, og dermed en substitusjonseffekt i retning økt konsum av Robusta. Det blir også tydelig at dette skyldes klimapåvirkning ved at vridningen av markedet er størst i simuleringene som påvirkes av klimaendring. Alle scenariene finner at «ROW» blir største konsument av Robusta i 2050. I tillegg øker konsumet av Arabica i «ROW» i alle scenarier, gitt klimaendringer. I de øvrige regionene reduseres konsumet av Arabica i alle scenarier gitt klimaendringer, bortsett fra 2.6. Dette tilsier at tyngdepunktet i kaffemarkedet beveger seg i retning de nye markedene, i henhold til forventningene om høyere økonomisk vekst der. Endringene i markedet speiler i stor grad de forventede endringene i den globale økonomien. Konvergens mellom land, ved at lav-inntektsland har høyere økonomisk vekst enn de industrialiserte landene i kombinasjon med økende forskjeller innad i land, tilsier at konsum av luksusgoder som kaffe i større grad vil spres geografisk. Økende forskjeller innad i land tyder samtidig på en økende differensiering basert på kvalitet i konsumet.

Det fremgår av resultatene at teknologisk utvikling vil ha stor betydning for fremtidig produksjon, særlig av Arabica i region «Middels». Simuleringen tilsier at teknologi er det eneste som kan sikre noen kaffeproduksjon av betydning i regionen i 2050. Det viser seg også at sterkere klimapåvirkning, tilsier økt differensiering i kaffemarkedet med større volumer av «Høy», men også mer Robusta og «Lav». Dette skyldes delvis klima, men også økonomisk vekst er en viktig faktor.

Generelt tilsier simuleringene at kaffemarkedet i større grad vil bli preget av differensieringen mellom høy- og lavkvalitetskaffe, i form av økning i andelen Robusta og Arabica fra region «Lav», samt økning i Arabica fra region «Høy». Dette følger trenden som har blitt påvist siden 90-tallet, og stemmer godt overens med det økte potensialet for bruk av Robusta blandet med Arabica (Ponte, 2002). Bortfallet av produksjon i «Middels» bidrar til denne utviklingen.

7.7 Sensitivitetsanalyse

Denne studien baseres på sannsynlige konsekvenser av fremtidige endringer i klima, økonomi, teknologi og preferanser. Ettersom parameterne er utledet fra scenariobasert modellering av fremtidige endringer i disse faktorene er det stor usikkerhet knyttet til estimatene fra min modellering. For å teste funnenes robusthet er det hensiktsmessig å utføre sensitivitetsanalyser, og dermed avdekke betydningen av usikre antagelser om markedsmekanismene. Dette gjøres ved å doble og halvere de klimapåvirkede tilbudselasticitetene, inntekts- og etterspørselselasticitetene samt produktivitetsindeksen for 2050. Dette gjøres kun for scenario 8.5 med klimaendringer. Alle utfall av sensitivitetsanalysen sammenlignes dermed med estimatene fra scenario 8.5 med klimaendringer.

Betydningen av variasjon i forventet klimaendring er allerede testet ved ulik påvirkning på klimaparameteren. Dermed er det hovedsakelig antagelser om markedsmekanismene som testes i denne sensitivitetsanalysen. Betydningen av klimatiske forutsetninger for utvidelse av produksjon testes riktignok ved dobling og halvering av klimapåvirkede tilbudselasticiteter.

Estimatene fra sensitivitetsanalysen er presentert i tabell 19 og 20.

Tabell 19- Estimert produksjon og import fra sensitivitetsanalysen

	8.5	Tilbudselasticitet		Etterspørselselasticitet		Inntektselasticitet		Produktivitetsindeks		
	8.5	Dobling	Halvering	Dobling	Halvering	Dobling	Halvering	Dobling	Halvering	
Arabica										
Lav	36,5	42,5	30	27	54	47	32,5	45	29,5	
Middels	4	4	3,5	3,5	4,5	4,5	4	6,5	2,5	
Høy	18	22	14,5	12,5	28,5	24,5	16	20,5	16	
Import av Arabica										
ROW	12	15	9,5	7	24,5	27,5	8	16	9,5	
USJap	22,5	26	18,5	17,5	30	26,5	21,5	27	18,5	
EU	24	27,5	20	18,5	32	25	23	29	19,5	
Robusta										
Ekvator	49,5	50	47,5	37,5	75	71,5	42,5	53,5	46	
Tropisk	49,5	50	47,5	37,5	75	71,5	42,5	53,5	46	
Import av Robusta										
ROW	40	38,5	39,5	25,5	74,5	81	28	41,5	38	
USJap	28	29	26	23,5	35,5	29,5	27	30,5	25	
EU	31,5	32,5	29	26,5	40	33	30,5	34,5	28,5	

Tabell 20- Estimerte priser fra sensitivitetsanalysen

	8.5	Tilbudselasticitet		Etterspørselselasticitet		Inntektselasticitet		Produktivitetsindeks	
	8.5	Dobling	Halvering	Dobling	Halvering	Dobling	Halvering	Dobling	Halvering
Arabica	13,9	4,9	54,7	5,1	51,6	33,3	9,8	2,8	68,5
Robusta	3,7	1,7	11,2	2	9,3	8,3	2,6	0,95	14,5

7.7.1 Scenario 8.5 med dobling av scenariospesifikke tilbudselasticiteter

Ved å endre de klimapåvirkede tilbudselasticitetene avdekkes betydningen av feilaktige antagelser om produsentenes potensiale for å tilpasse produksjonen til nye priser, gitt konsekvensen de endrede klimatiske forutsetningene har for tilgangen på egnet areal for kaffeproduksjon.

Av tabell 19 fremgår konsekvensen av dobling av de klimatilpassede tilbudselasticitetene for scenario 8.5 med klimaendringer. Det største utslaget er reduksjonen i prisøkning, hvor arabicaprisen kun øker med 381%, og Robusta øker med 72% i forhold til 2013. Det opprinnelige estimatet tilsa en prisøkning ved klimaendring på 1290% og 270% for henholdsvis Arabica og Robusta. Dette skyldes økt produksjon av Arabica, som er blitt mulig ved økt potensiale for produksjonsøkning, gitt økning i pris. Robustaproduksjonen øker med en halv million sekker.

At robustaproduksjon ikke øker mer på tross av økt potensiale for produksjonsøkning skyldes trolig at den reduserte prisøkningen for Arabica fører til en svakere substitusjonseffekt, og dermed redusert etterspørsel etter Robusta. Fallet i konsum av Arabica bli betydelig lavere for de tradisjonelle markedene, sammenlignet med 2050 i forhold til 2013. Konsumet i «ROW» øker noe mer. Konsumet av Robusta endres ubetydelig.

Årsaken til en slik utvikling kan være en økning i egnet areal, grunnet klimaendringer. Dette kan forekomme sør i Brasil (Zullo et al., 2011), og i andre tropiske områder hvor klimaendringer reduserer risikoen for frost, uten å øke temperaturen til nivåer som er høyere enn det som er gunstig for kaffeproduksjon.

7.7.2 Scenario 8.5 med halvering av scenariospesifikke tilbudselasticiteter

Av tabell 19 fremgår det at tilbudselasticitetens betydning er tiltagende i forhold til forventet klimapåvirkning i de ulike scenariene. Dette kan forklares ved at klimaparameteren settes lavere ved høyt forventet strålingspådriv. Den lave klimaparameteren tilsier at produsentenes evne til å øke produksjonen får større betydning for produksjon total.

Ved halvering av tilbudselasticiteter reduseres produksjonen av både Arabica og Robusta, og prisene øker med 5371% og 1020% for henholdsvis Arabica og Robusta, i forhold til 2013. Produksjon og konsum av Arabica reduseres i alle regioner. Robustaproduksjonen reduseres kun med 1 million sekker. Den lave reduksjonen i robustaproduksjon skyldes trolig en kraftig substitusjonseffekt, som følge av prisøkningen i Arabica. Dermed tilsier sensitivitetsanalysen at den endelige konsekvensen av redusert potensiale for produksjonsøkning er en økning i andelen Robusta. Høyere tilbudselasticitet vil da gi mer Arabica og mindre Robusta. Prisutviklingen er som forventet ved at lavere elasticitet gir høyere pris og motsatt.

7.7.3 Scenario 8.5 ved dobling av etterspørselselasticiteter

Dobling av etterspørselselasticitet tilsier at konsumentene blir mer prissensitive. Konsekvensen av dette er at etterspørselen reduseres hurtigere når prisen øker.

Prisøkningen i forhold til 2013 blir henholdsvis 400% og 100% for Arabica og Robusta. Dermed øker ikke prisen like mye som i simuleringen av markedet i 2050, med klimaendringer. Lavere økning i pris fører til lavere økning i produksjon sammenlignet med 2050. Dette gjelder alle produsentregioner. Konsum av både Arabica og Robusta reduseres i tilnærmet alle regioner, både i forhold til 2013 og 2050 med klimaendringer. Det eneste unntaket er i «ROW», hvor konsum av Robusta øker i forhold til 2013.

7.7.4 Scenario 8.5 ved halvering av etterspørselastisiteter

Ved å halvere etterspørselastisiteten minker prissensitiviteten i markedet. Dette tilsier økt betalingsvillighet, som leder til høyere priser og økt produksjon. Halveringen fører til produksjonsvekst i alle regioner. Produksjonen i «Lav», «Høy», «Tropisk» og «Ekvator» øker betydelig. Produksjonen i «Middels» øker med omtrent 1 million sekker Arabica i forhold til 2050 med klimaendringer.

Estimatene tilsier at prisøkning alene ikke er tilstrekkelig til å stimulere betydelig økning av produksjonen i «Middels», ettersom andre regioner i større grad vil være i stand til å øke sin produksjon. Konsekvensen for importregionene er at konsumet av Arabica i «EU» og «USJap» er uendret i forhold til 2013. Konsum av Robusta øker i alle regioner. I «ROW» øker konsumet med 700% i forhold til 2013. Prisene øker med 5000% og 830% for henholdsvis Arabica og Robusta.

7.7.5 Scenario 8.5 ved dobling av inntektselastisitet

Ved dobling av inntektselastisiteten øker inntektens betydning for etterspørselen. Dermed vil økonomisk vekst tilsi høyere etterspørsel enn hva jeg antar i scenariet. Konsekvensen av dette er en kraftig økning i pris. Det fører også til at regionen med sterkest økonomisk vekst, «ROW», blir største konsument av både Arabica og Robusta med økning på omtrent 100% av begge typer i forhold til 2050. Produksjonen i «Lav», «Høy», «Ekvator» og «tropisk» øker betydelig, i forhold til 2050. Prisen øker med 3200% for Arabica og 740% for Robusta.

7.7.6 Scenario 8.5 ved halvering av inntektselastisitet

Ved halvering av inntektselastisiteten testes konsekvensen av lavere betydning av inntektsvekst for etterspørselen etter kaffe. Dette fører til en moderat reduksjon i produksjon av både Arabica og Robusta, med en tilhørende reduksjon i konsum i alle regioner i forhold til 2050. Størst er reduksjonen av både Arabica og Robusta i «ROW». Dette henger sammen med det som i utgangspunktet var en høy inntektselastisitet i denne regionen. Ved reduksjon av denne blir økningen fra 2013 mindre i «ROW». For de øvrige importregionene er reduksjonen svært liten i både Arabica og Robusta. Prisene for Arabica og Robusta øker med henholdsvis 880% og 160% i forhold til 2013.

7.7.7 Scenario 8.5 ved dobling av produktivetsindeks

Produktivetsindeksen er en indikator for betydningen av kostnadsendring for innsatsfaktorer som land, vann, gjødsel og arbeidskraft, samt konsekvensen av teknologisk utvikling for kaffeproduksjon. En høy produktivetsindeks tilsier økt avkastning fra land som allerede er i bruk, og ved dobling av denne vil kaffeproduksjonen dobles ved en gitt pris.

Dobling av produktivetsindeksen resulterer i økt produksjon av «Lav», «Høy», «Ekvator» og «Tropisk» i forhold til 2050. Produksjonsøkningen er moderat, slik det fremgår av tabell 19. Prisen for Arabica øker med 180%, mens prisen for Robusta reduseres med 5%, i forhold til 2013. Dette innebærer en langt lavere økning i pris enn for scenario 8.5 i 2050. Dette tilsier at økende produktivitet, trolig drevet av teknologisk utvikling, vil kunne sørge for at tilbud og etterspørsel møtes ved en pris svært lik den i 2013, på tross av betydelige klimaendringer. Konsum av Arabica i «EU» og «USJap» reduseres moderat, mens konsum av Arabica øker moderat. Robusta øker kraftig i «ROW».

7.7.8 Scenario 8.5 ved halvering av produktivetsindeks

En halvering av produktivetsindeksen fører til en relativt moderat produksjonsreduksjon i alle regioner i forhold til 2050. Til tross for at reduksjonen er moderat, øker prisen for Arabica og Robusta med henholdsvis 6750% og 1350% i forhold til 2013. En mulig forklaring på et slikt utfall vil være en kraftig økning i kostnad for land og vann. Dette ville kunne lede til lavere avkastning i forhold til innsatsfaktorer. Det kan også tenkes at teknologi som i dag er tilgjengelig, blir utilgjengelig som følge av statlige reguleringer. En slik regulering kunne være begrensning av bruk av kunstig vanning i kaffeproduksjon, ettersom en økende befolkning vil måtte prioritere matproduksjon foran kaffe. Dette ville begrenset kaffeproduksjonen til områder hvor normalt nedbør er hovedkilden til vann. Med endringer i klima blir det stadig færre slike områder tilgjengelig, med den konsekvens at kostnad for egnet land til kaffeproduksjon vil øke betydelig.

7.8 Styrker og svakheter ved modell og metode

Kvaliteten på estimatene blir ikke bedre enn kvaliteten på dataen som legges til grunn for studien. Ved bruk av simuleringsprogrammer som GAMS blir dette spesielt synlig, ettersom resultatene er svært konkrete. De største usikkerhetsmomentene i denne studien er valget av elastisiteter, klimaparameter og produktivetsindeks.

Potensialet for produksjon i 2050 styres i stor grad av utviklingen innen disse parameterne. Forskjellene i etterspørsels- og inntektselastisiteter mellom regioner for ulike typer kaffe får stor betydning for estimatene i markedssimuleringene.

Dette tilsier at feilaktige antagelser om forholdet mellom regioner på etterspørselssiden vil ha store konsekvenser for validiteten til disse estimatene.

Sensitivitetsanalysen tilsier at en alternativ utvikling innen et utvalg av disse parameterne vil ha stor betydning for kaffemarkedet i 2050. Sensitivitetsanalysen avdekker rom for store variasjoner i pris og kvantitet ved endring av disse antagelsene. Validiteten til estimatene er dermed sårbar for feiltolkninger av studiene som legges til grunn, eller svakheter i studiene.

En prisøkning på over 5000%, som enkelte av sensitivitetsanalysene tilsier, anses som lite sannsynlig. Ved slike priser vil det trolig lønne seg å øke investeringene i teknologisk utvikling, noe som antageligvis ville ført til lavere produksjonskostnader grunnet økt produktivitet. At høyere pris vil føre til høyere teknologisk utvikling, eller på annet vis endre markedet, er effekter som ikke fanges opp i modellen.

Det er få studier av langsiktige tilbuds- og etterspørselsetastisiteter tilgjengelig. Akiyama og Varangis (1990) utførte en økonometrisk studie og fant detaljerte elastisiteter for enkeltland på tilbuds- og etterspørselssiden. Disse elastisitetene hadde fem og ti års horisont. Min studie har 35 års horisont, og simulerer tilpasningen til relativt forutsigbare endringer i klimatiske forutsetninger for kaffeproduksjon. Det er naturlig å anta at elastisitetene i litteraturen er utledet uten å ta hensyn til klimatiske endringer. Dermed var det nødvendig å gjøre egne tilpasninger av disse, hovedsakelig i retning mer elastisk tilbud, ettersom det forventes teknologisk utvikling, men også fordi horisonten for endringen var lengre.

Scenariene bygger i stor grad på RCPene. Konsekvensen av dette er at estimatene bygger på det som anses for å være likeverdige antagelser om fremtidig utvikling, som ikke bygger på maksimert sannsynlighet, men på integrerte vurderinger av hvordan ulike krefter vil påvirke utviklingen innen klima, økonomi, befolkning og landbruk (Vuuren et al., 2011). Konsekvensen av dette er at simuleringene kun viser potensielle endringer. Det finnes ingen konsistent metode for å gradere funnene etter validitet, ettersom funnene delvis er basert på hvordan man forventer at mennesker tilpasser seg fremtidige endringer i klima og andre forhold, og hvordan mennesker og menneskers tilpasning til klimaendring påvirker klimaet.

Fordelen med min metode er sammenslåingen av RCPer med andre simuleringer. Disse simuleringer baseres stort sett på klimaets direkte påvirkning på kaffeproduksjon.

Kombinasjonen av helhetlige integrerte scenarier som RCPene, og klimaspesifikke kaffeproduksjonssimuleringer gir etter min mening mer robuste funn.

Mine scenarier integrerer både funn om økonomisk utvikling (Chateau et al., 2011; Vuuren et al., 2011), kaffepreferanser i regioner (Ponte, 2002), alternativkostnad for land i form av tilgang på dyrkbart areal (Laderach et al., 2013; Vuuren et al., 2011) og klimaendringenes påvirkning på kaffemarkedet (Baker & Hagggar, 2007; J. Hagggar & Schepp, 2012; Laderach et al., 2013; Zullo et al., 2011).

7.9 Forslag til videre studier

7.9.1 Videre studier av det fremtidige kaffemarkedet

Langsiktige tilbudselasticiteter for kaffemarkedet ville vært svært nyttig for denne studien. Av sensitivitetsanalysen fremgår det at disse har stor betydning for pris og produksjon i 2050. Det hadde også vært nyttig med en analyse av hvordan prisutvikling påvirker investeringer i teknologisk utvikling og andre virkemidler for produktivitetsøkning.

7.9.2 Videre studier basert modellering av fremtidig pris, produksjon og konsum

Ved hjelp av prisinformasjon og data om produksjon i regioner vil det være mulig å utføre konsekvensanalyser av klimaendringer for kaffeprodusenter. I en slik sammenheng kan man fokusere på nasjoners eksportinntekter, fattigdomsutvikling blant småskala produsenter og potensialet for å produsere høyverdige landbruksprodukter som en metode for å komme ut av fattigdom.

Prisinformasjon kan benyttes til å se nærmere på lønnsomheten i en spesifikk investeringsmulighet innen kaffeproduksjon, eller mer generelt om lønnsomheten i kaffeproduserende industri på lang sikt. Prisinformasjon vil også kunne gi produsenter en indikasjon på fremtidig verdi av landbruksjord, i henhold til diskusjonen om at landets alternative nytte endres gitt endring i befolkning, økonomi og teknologi og klima.

8 Konklusjon

Hensikten med denne studien var å simulere kaffemarkedet i 2050 for å avdekke hvordan potensielle endringer i klima, befolkning og økonomi vil påvirke kaffemarkedet på lang sikt. Ved bruk av spesifikke og integrerte studier av de nevnte faktorene har jeg utledet scenarier for kaffemarkedet i 2050. Ved hjelp av disse scenariene har jeg simulert tilbud, etterspørsel og pris. Med estimatene har jeg besvart delspørsmålene som følger:

- *Hvordan vil økt etterspørsel fra nye markeder påvirke etterspørselen etter Arabica og Robusta?*
- *Hvordan vil produksjonsforholdet mellom Robusta og Arabica være i 2050?*
- *Hvordan vil klimaendringer påvirke kaffemarkedet?*

Estimatene tilsier en fortsatt dreining av kaffemarkedet i retning en økende andel Robusta, gitt endringer i klimatiske forutsetninger for kaffeproduksjon. Dette skyldes både at Robusta tåler høyere temperaturer og dermed antas å kunne øke produksjonen mer gitt lavere prisøkning enn Arabica, men også at nye markeder antas å ikke være like kresne på kaffetype som de tradisjonelle importregionene USA, Japan og Europa. Ny teknologi som gjør det mulig å blande Arabica og Robusta uten betydelig forringelse av kvaliteten tilsier at disse funnene er realistiske. Knapphet på Arabica, og påfølgende prisoppgang, vil dermed utløse en substitusjonseffekt som fører til økt etterspørsel etter Robusta.

Simuleringene tilsier økende differensiering i markedet, basert på kvalitet. Mye av denne effekten skyldes antagelsen om større evne til klimatilpasning for «Lav», «Ekvator», «Tropisk» og «Høy». Produksjonen i «Middels» antas å bli redusert i alle scenarier. Ved høy teknologisk utvikling, som i scenario 2.6, forventes kun en reduksjon på omtrent 20% i «Middels». Uten den høye teknologiske utviklingen vil produksjonen i «Middels» reduseres kraftig.

Sensitivitetsanalysen tilsier at feilaktige antagelser om elastisiteter og produktivitet får betydelige konsekvenser. Dette er som forventet. De store utslagene ved enkelte endringer, som ved halvering av produktivitet, tilsier at denne modellen ikke er i stand til å fange opp en realistisk konsekvens av de mest ekstreme endringene. Jeg antar videre at en prisøkning på over 1000% i forhold til 2013, som estimert i scenario 8.5 med klimaendringer og enkelte sensitivitetsanalyser, vil utløse økt forskning og investering i produktivitetsøkende tiltak som demper prisoppgangen på lang sikt. Dermed konkluderer jeg med at de mest ekstreme prisestimatene er lite realistiske.

9 Kilder

- Akiyama, T., & Varangis, P. N. (1990). The Impact of the International Coffee Agreement on Producing Countries. *The World Bank Economic Review*, 4(2), 157-173. doi: 10.2307/3989927
- Baker, P., & Hagggar, J. (2007). *Global warming: the impact on global coffee*. Paper presented at the SCAA conference handout. Long Beach, USA.
- Bjørnæs, C. (2012). A guide to Representative Concentration Pathways. Retrieved from Cicero website: <http://cicero.uio.no/images/A%20guide%20to%20RCPs.pdf>
- Brooke, A., Kendrick, D., Meeraus, A., & Rosenthal, R. E. (1988). *GAMS : a user's guide*. Redwood City, Calif: The Scientific Press.
- Chateau, J., Rebolledo, C., & Dellink, R. (2011). An Economic Projection to 2050: The OECD" ENV-Linkages" Model Baseline.
- Economic, U. N. D. o. (2004). *World population to 2300* (Vol. 236): United Nations Publications.
- Gay, C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H., & Villers, L. (2006). Potential Impacts of Climate Change on Agriculture: A Case of Study of Coffee Production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*, 79(3-4), 259-288. doi: 10.1007/s10584-006-9066-x
- Ghoshray, A. (2010). The Extent of the World Coffee Market. *Bulletin of Economic Research*, 62(1), 97-107. doi: 10.1111/j.1467-8586.2009.00318.x
- Gilbert, C. L. (2005). *The long run impact of the ending of coffee control*. Paper presented at the Proceedings of the Second World Coffee Conference. Salvador, Brazil. International Coffee Organization.
- Glenn, D. M., Kim, S.-H., Ramirez-Villegas, J., & Läderach, P. (2013). Response of Perennial Horticultural Crops to Climate Change *Horticultural Reviews Volume 41* (pp. 47-130): John Wiley & Sons, Inc.
- Hagggar, J., Barrios, M., Bolaños, M., Merlo, M., Moraga, P., Munguia, R., . . . Staver, C. (2011). Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America. *Agroforestry Systems*, 82(3), 285-301.
- Hagggar, J., & Schepp, K. (2012). Coffee and Climate Change; Impacts and options for adaption in Brazil, Guatemala, Tanzania and Vietnam. 29.
- Hanaoka, T., & Sentā, C. K. K. (2006). *Greenhouse gas emissions scenarios database and regional mitigation analysis*: Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies.
- ICO. (2014). *World coffee trade (1963-2013): A review of the markets, challenges and opportunities facing the sector*. Paper presented at the International Coffee Council, 112th Session, London, United Kingdom.
- indexmundi.com. (2015a). Green Coffee Arabica Production by Country in 1000 60 KG BAGS. Indexmundi Retrieved 11.01.2015 <http://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=green-coffee&graph=arabica-production>
- Indexmundi.com. (2015b). Green Coffee Robusta Production by Country in 1000 60 KG BAGS. Retrieved 10.01.2015, from Indexmundi <http://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=green-coffee&graph=robusta-production>
- Climate Change and the Coffee Industry - Technical paper, International Trade Centre 26 (2010).
- Jaramillo, J., Chabi-Olaye, A., Kamonjo, C., Jaramillo, A., Vega, F. E., Poehling, H., & Borgemeister, C. (2009). Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: predictions of climate change impact on a tropical insect pest. *PLoS One*, 4(8), e6487.

- Jaramillo, J., Muchugu, E., Vega, F. E., Davis, A., Borgemeister, C., & Chabi-Olaye, A. (2011). Some like it hot: the influence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in East Africa. *PLoS One*, 6(9), e24528. doi: 10.1371/journal.pone.0024528
- Jha, S., Bacon, C. M., Philpott, S. M., Méndez, V. E., Läderach, P., & Rice, R. A. (2014). Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 64(5), 416-428.
- Khatiwada, D. (2013). *Assessing the sustainability of bioethanol production in different development contexts*. (Doctoral Thesis in Energy Technology Doctoral), Kungliga Tekniska Högskolan.
- Kolshus, H. H. (2000). SRES utslippsscenarier : en gjennomgang av bakgrunn, drivkrefter og resultater Policy note (CICERO : online) (Vol. 2000:2). Oslo: Cicero.
- Laderach, P., Hagggar, J., Lau, C., Eitzinger, A., Ovalle, O., Baca, M., . . . Lundry, M. (2013). Mesoamerican coffee: building a climate change adaptation strategy.
- Marshall, A. (1920). *Principles of Economics* (8th ed.). St Martin's street, Lodon: MacMillian and Co.
- Mehta, A., & Chavas, J.-P. (2008). Responding to the coffee crisis: What can we learn from price dynamics? *Journal of Development Economics*, 85(1-2), 282-311. doi: 10.1016/j.jdeveco.2006.07.006
- Otero, J., & Milas, C. (2001). Modelling the spot prices of various coffee types. *Economic Modelling*, 18, 625-641.
- Ponte, S. (2002). The 'Latte Revolution'? Regulation, Markets and Consumption in the Global Coffee Chain. *World Development*, 30(7), 1099-1122. doi: 10.1016/S0305-750X(02)00032-3
- Porter, J. R., L., Xie, A. J., Challinor, K., Cochrane, S. M., Howden, M. M., Iqbal, D. B. L., & Travasso, M. I. (2014). Food security and food production systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.
- Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the
- Intergovernmental Panel on Climate Change. *Fift Assessment Report (AR5), Working group 2*, pp. 485-533.
- Quandl.com. (2015). Coffee, Other mild Arabicas Monthly Price. Retrieved 23.01.2015, from Quandl https://www.quandl.com/data/INDEXMUNDI/COMMODITY_COFFEEOTHERMILDARABICAS-Coffee-Other-Mild-Arabicas-Monthly-Price
- Reichhuber, A., & Requate, T. (2012). Alternative use systems for the remaining Ethiopian cloud forest and the role of Arabica coffee — A cost-benefit analysis. *Ecological Economics*, 75, 102-113. doi: 10.1016/j.ecolecon.2012.01.006
- Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*. London: John Murray.
- Schroth, G., Laderach, P., Dempewolf, J., Philpott, S., Hagggar, J., Eakin, H., . . . Ramirez-Villegas, J. (2009). Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *An International Journal Devoted to Scientific, Engineering, Socio-Economic and Policy Responses to Environmental Change*, 14(7), 605-625. doi: 10.1007/s11027-009-9186-5
- Stigler, G. J., & Sherwin, R. A. (1985). The Extent of the Market. *Journal of Law and Economics*, 28(3), 555-585.
- Trends, F. (2012). Becoming Climate-Smart and Sequestering Carbon *The Opportunity for Agriculture* (Forest Trends ed.). Forest Trends: Forest Trends.

- Verdensbanken. (2015). Population Estimates and Projections. Retrieved 03.03.2015, from The World Bank <http://data.worldbank.org/data-catalog/population-projection-tables>
- Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., . . . Rose, S. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *An Interdisciplinary, International Journal Devoted to the Description, Causes and Implications of Climatic Change*, 109(1), 5-31. doi: 10.1007/s10584-011-0148-z
- Wayne, G. P. (2013). Part 3: RCP technical summary. *The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways*. Retrieved 01.02, 2014, from <http://www.skepticalscience.com/rcp.php?t=3>
- Zullo, J., Pinto, H. S., Assad, E. D., & de Ávila, A. M. H. (2011). Potential for growing Arabica coffee in the extreme south of Brazil in a warmer world. *Climatic Change*, 109(3-4), 535-548. doi: 10.1007/s10584-011-0058-0

10 Vedlegg

10.1 Felles GAMS-fil for alle scenarier i henhold til markedssituasjon 2013

Sets

c kaffe /arabica, robusta/

r region /Ekvator, Tropisk, Lav, Middels, Hoy/

rtr tilbudsregion robusta /Ekvator, Tropisk/

rta tilbudsregion arabica /Lav, Middels, Hoy/

re etterspørselsregion /ROW, USJap, EU/

;

Parameters

elDA(re) Etterspørselstetthet arabica

elDR(re) Etterspørselstetthet robusta

kelDA(re) Krysspriselastisitet A-R

kelDR(re) Krysspriselastisitet R-A

dA(re) Opprinnelig (2013) etterspørsel og etterspørselskoeffisient for arabica

dR(re) Opprinnelig (2013) etterspørsel og etterspørselskoeffisient for robusta

sA(rta) Opprinnelig (2013) tilbud og tilbudskoeffisient for arabica

sR(rtr) Opprinnelig (2013) tilbud og tilbudskoeffisient for robusta

elSA(rta) Tilbudselastisitet arabica

elSR(rtr) Tilbudselastisitet robusta

IdA(re) Inntekt i etterspørselsregioner Arabica

IdR(re) Inntekt i etterspørselsregioner Robusta

elIdA(re) Inntektstetthet etterspørsel arabica

elIdR(re) Inntektstetthet etterspørsel robusta

produktivitetA(rta) Produktivitetskonstant i arabicaregioner 2013

produktivitetR(rtr) produktivitetskonstant i robustaregioner 2013

produktivitetA50(rta) Produktivitetskonstant i arabicaregioner 2050

produktivitetR50(rtr) produktivitetskonstant i robustaregioner 2050

IdA50(re) inntekt i arabica-importland 2050

IdR50(re) inntekt i robusta-importland 2050

sA50(rta) tilbud arabica 2050

sR50(rtr) tilbud robusta 2050

elSA50(rta) Tilbudselastisitet arabica 2050

elSR50(rtr) Tilbudselastisitet robusta 2050

;

* Etterspørsel etter arabica og robusta (2013)

dA("USJap")=30.35;

dA("EU")=32.6;

dA("ROW")=10.8;

dR("USJAP")=23;

dR("EU")=26;
dR("ROW")=12.5;

* Langsiktige Eterspørselastisiteter (2013)

eIDA("ROW") = -0.5 ;
eIDA("USJap") = -0.25;
EIDA("EU") = -0.25;
eIDR("ROW") = -0.5 ;
eIDR("USJap") = -0.25 ;
eIDR("EU") = -0.25 ;

* Tilbud av arabica og robusta (2013)

sA("Lav")=40;
sA("Middels")=20.75;
sA("Hoy")=13;
sR("Ekvator")=30.5;
sR("Tropisk")=31;

*Langsiktig Tilbudselastisiteter (2013)

eISA("Lav") = 0.5;
eISA("Middels") = 0.3;
eISA("Hoy") = 0.6;
eISR("Tropisk") = 0.65;
eISR("Ekvator") = 0.65;

* Krysspriselasititeter (2013)

keIDA("ROW") = 0.4;
keIDA("USJap") = 0.15;
keIDA("EU") = 0.15;
keIDR("ROW") = 0.4;
keIDR("USJap") = 0.15;
keIDR("EU") = 0.15;

Inntekt i tilbud- og etterpørselsregioner (2013)

IdA("USJap") = 1 ;
IdA("ROW") = 1 ;
IdA("EU") = 1 ;
IdR("EU") = 1 ;
IdR("USJap") = 1 ;
IdR("ROW") = 1 ;

* Inntektselastisiteter i tilbud- og etterpørselsregioner

eIdA("USJap") = 0.25 ;
eIdA("ROW") = 0.6 ;

$eIdA("EU") = 0.25 ;$
 $eIdR("USJap") = 0.2 ;$
 $eIdR("ROW") = 0.5 ;$
 $eIdR("EU") = 0.2 ;$

*produktivitetsindeks 2013

$produktivitetA("Lav") = 1 ;$
 $produktivitetA("Middels") = 1 ;$
 $produktivitetA("Hoy") = 1 ;$
 $produktivitetR("Ekvator") = 1 ;$
 $produktivitetR("Tropisk") = 1 ;$

Positive Variables

$xA(rta)$ Tilbud av arabica i regioner
 $xR(rtr)$ Tilbud av robusta i regioner
 $yA(re)$ etterspørsel av arabica i regioner
 $yR(re)$ etterspørsel av robusta i regioner
 pa Pris Arabica
 pr Pris Robusta
;

free variables

obj objective;

Equations

$Marketeqa$ Markedslikevekt arabica
 $Marketeqr$ Markedslikevekt robusta
 $DemandA(re)$ etterspørsel etter arabica i region
 $DemandR(re)$ etterspørsel etter robusta i region
 $SupplyA(rta)$ tilbud av arabica i rt
 $SupplyR(rtr)$ tilbud av robusta i rt
freevar fri variabel
;
 $pa.lo=0.01;$
 $pr.lo=0.01;$

* Langsiktig markedslikevekt for arabica

$Marketeqa.. \sum(rta, xA(rta)) = e = \sum(re, yA(re)) ;$

* Langsiktig markedslikevekt for robusta

$Marketeqr.. \sum(rtr, xR(rtr)) = e = \sum(re, yR(re)) ;$

* Etterspørsel etter arabica i regioner

$DemandA(re).. yA(re) = e = dA(re) * (pa ** eIdA(re)) * (pr ** kelDA(re)) * (IdA(re) ** eIdA(re)) ;$

* Etterspørsel etter robusta i regioner

DemandR(re).. yR(re) = e= dR(re)*(pr**elDR(re))*(pa**kelDR(re))*(IdR(re)**elIdR(re)) ;

*Tilbud av arabica i regioner

SupplyA(rta).. xA(rta) = e= sA(rta)*(pa**elSA(rta))*produktivitetA(rta) ;

*Tilbud av robusta i regioner

SupplyR(rtr).. xR(rtr) = e= sR(rtr)*(pr**elSR(rtr))*produktivitetR(rtr) ;

*fri variabel

freevar.. obj = e= pa+pr ;

*Modell av kaffemarkedet 2013

Model kaffemarkedet/Marketeqa, Marketeqr, DemandA.yA, DemandR.yR, SupplyA.xA, SupplyR.xR, freevar/;

solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj ;

10.1.1 GAMS 2.6

*Inntekt i 2050

IdA50("USJap") = 2.4 ;

IdA50("EU") = 2.3 ;

IdA50("ROW") = 5 ;

IdR50("USJap") = 2.4 ;

IdR50("EU") = 2.3 ;

IdR50("ROW") = 5 ;

IdA("USJap") = IdA50("USJap");

IdA("EU") = IdA50("EU");

IdA("ROW") = IdA50("ROW");

IdR("USJap") = IdR50("USJap");

IdR("EU") = IdR50("EU");

IdR("ROW") = IdR50("ROW") ;

*Produktivitetsindeks 2050

produktivitetA50("Lav") = 1.3;

produktivitetA50("Middels")= 1.4;

produktivitetA50("Hoy")= 1.4;

produktivitetR50("Ekvator")= 1.3;

produktivitetR50("Tropisk")= 1.3;

produktivitetA("Lav") = produktivitetA50("Lav") ;

```
produktivitetA("Middels") = produktivitetA50("Middels");
produktivitetA("Hoy") = produktivitetA50("Hoy");
produktivitetR("Ekvator") = produktivitetR50("Ekvator");
produktivitetR("Tropisk") = produktivitetR50("Tropisk");
```

solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj ;

*Langsiktig Tilbudselasticiteter (2050)

```
elSA50("Lav") = 0.45;
elSA50("Middels") = 0.25;
elSA50 ("Hoy") = 0.55;
elSR50 ("Tropisk") = 0.6;
elSR50 ("Ekvator") = 0.6;
```

```
elSA("Lav") = elSA50("Lav");
elSA("Middels") = elSA50("Middels");
elSA("Hoy") = elSA50("Hoy");
elSR("Tropisk") = elSR50("Tropisk");
elSR("Ekvator") = elSR50("Ekvator");
```

*Klimaparameter regulert for klimapåvirkning på dyrkbart land i 2050

```
sA50("Lav") = 30 ;
sA50("Middels") = 10 ;
sA50("Hoy") = 10 ;
sR50("Ekvator") = 30 ;
sR50("Tropisk") = 30 ;
```

```
sA("Lav") = sA50("Lav");
sA("Middels") = sA50("Middels");
sA("Hoy") = sA50("Hoy");
sR("Ekvator") = sR50("Ekvator");
sR("Tropisk") = sR50("Tropisk");
```

solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj ;

10.1.2 GAMS 4.5

§ title Scenario 4.5

Sets

*Inntekt i 2050

IdA50("USJap") = 1.5 ;

IdA50("EU") = 1.4 ;

IdA50("ROW") = 3.6 ;

IdR50("USJap") = 1.5 ;

IdR50("EU") = 1.4 ;

IdR50("ROW") = 3.6 ;

IdA("USJap") = IdA50("USJap");

IdA("EU") = IdA50("EU");

IdA("ROW") = IdA50("ROW");

IdR("USJap") = IdR50("USJap");

IdR("EU") = IdR50("EU");

IdR("ROW") = IdR50("ROW") ;

*Produktivitetsindeks 2050

produktivitetA50("Lav") = 1.2;

produktivitetA50("Middels")= 1.2;

produktivitetA50("Hoy")= 1.3;

produktivitetR50("Ekvator")= 1.2;

produktivitetR50("Tropisk")= 1.2;

produktivitetA("Lav") = produktivitetA50("Lav") ;

produktivitetA("Middels") = produktivitetA50("Middels") ;

produktivitetA("Hoy") = produktivitetA50("Hoy") ;

produktivitetR("Ekvator") = produktivitetR50("Ekvator") ;

produktivitetR("Tropisk") = produktivitetR50("Tropisk") ;

solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj ;

*Langsiktig Tilbudselasticiteter (2050)

elSA50("Lav") = 0.35;

elSA50("Middels") = 0.15;

```
elSA50 ("Hoy") = 0.40;
elSR50 ("Tropisk") = 0.5;
elSR50 ("Ekvator") = 0.5;
```

```
elSA("Lav") = elSA50("Lav");
elSA("Middels") = elSA50("Middels");
elSA("Hoy") = elSA50("Hoy");
elSR("Tropisk") = elSR50("Tropisk");
elSR("Ekvator") = elSR50("Ekvator");
```

*Klimaparameter reguleret for klimapåvirkning på dyrkbart land i 2050

```
sA50("Lav") = 19;
sA50("Middels") = 3.5;
sA50("Hoy") = 9;
sR50("Ekvator") = 26;
sR50("Tropisk") = 26;
```

```
sA("Lav") = sA50("Lav");
sA("Middels") = sA50("Middels");
sA("Hoy") = sA50("Hoy");
sR("Ekvator") = sR50("Ekvator");
sR("Tropisk") = sR50("Tropisk");
```

solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj;

10.1.3 GAMS 6.0

*Inntekt i 2050

```
IdA50("USJap") = 1.4;
IdA50("EU") = 1.3;
IdA50("ROW") = 3.5;
IdR50("USJap") = 1.4;
IdR50("EU") = 1.3;
IdR50("ROW") = 3.5;
```

```
IdA("USJap") = IdA50("USJap");
IdA("EU") = IdA50("EU");
IdA("ROW") = IdA50("ROW");
IdR("USJap") = IdR50("USJap");
IdR("EU") = IdR50("EU");
IdR("ROW") = IdR50("ROW");
```

*Produktivitetsindeks 2050

produktivitetA50("Lav") = 1.15;

produktivitetA50("Middels")= 1.1;

produktivitetA50("Hoy")= 1.25;

produktivitetR50("Ekvator")= 1.15;

produktivitetR50("Tropisk")= 1.15;

produktivitetA("Lav") = produktivitetA50("Lav") ;

produktivitetA("Middels") = produktivitetA50("Middels") ;

produktivitetA("Hoy") = produktivitetA50("Hoy") ;

produktivitetR("Ekvator") = produktivitetR50("Ekvator") ;

produktivitetR("Tropisk") = produktivitetR50("Tropisk") ;

solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj ;

*Langsiktig Tilbudselasticiteter (2050)

elSA50("Lav") = 0.4;

elSA50("Middels") = 0.2;

elSA50 ("Hoy") = 0.45;

elSR50 ("Tropisk") = 0.55;

elSR50 ("Ekvator") = 0.55;

elSA("Lav") = elSA50("Lav");

elSA("Middels") = elSA50("Middels");

elSA("Hoy") = elSA50("Hoy") ;

elSR("Tropisk") = elSR50("Tropisk") ;

elSR("Ekvator") = elSR50("Ekvator") ;

*Klimaparameter regulert for klimapåvirkning på dyrkbart land i 2050

sA50("Lav") = 20 ;

sA50("Middels") = 4 ;

sA50("Hoy") = 10 ;

sR50("Ekvator") = 27 ;

sR50("Tropisk") = 27 ;

sA("Lav") = sA50("Lav") ;

sA("Middels") = sA50("Middels") ;

sA("Hoy") = sA50("Hoy") ;

sR("Ekvator") = sR50("Ekvator") ;

sR("Tropisk") = sR50("Tropisk") ;

solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj ;

10.1.4 GAMS 8.5

*Inntekt i 2050

IdA50("USJap") = 1.85 ;

IdA50("EU") = 1.8 ;

IdA50("ROW") = 4.6 ;

IdR50("USJap") = 1.85 ;

IdR50("EU") = 1.8 ;

IdR50("ROW") = 4.6 ;

IdA("USJap") = IdA50("USJap");

IdA("EU") = IdA50("EU");

IdA("ROW") = IdA50("ROW");

IdR("USJap") = IdR50("USJap");

IdR("EU") = IdR50("EU");

IdR("ROW") = IdR50("ROW") ;

*Produktivitetsindeks 2050

produktivitetA50("Lav") = 1.1;

produktivitetA50("Middels")= 1.0;

produktivitetA50("Hoy")= 1.2;

produktivitetR50("Ekvator")= 1.1;

produktivitetR50("Tropisk")= 1.1;

produktivitetA("Lav") = produktivitetA50("Lav") ;

produktivitetA("Middels") = produktivitetA50("Middels") ;

produktivitetA("Hoy") = produktivitetA50("Hoy") ;

produktivitetR("Ekvator") = produktivitetR50("Ekvator") ;

produktivitetR("Tropisk") = produktivitetR50("Tropisk") ;

solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj ;

*Langsiktig Tilbudselasticiteter (2050)

elSA50("Lav") = 0.3;

```
elSA50("Middels") = 0.1;
elSA50 ("Hoy") = 0.35;
elSR50 ("Tropisk") = 0.45;
elSR50 ("Ekvator") = 0.45;
```

```
elSA("Lav") = elSA50("Lav");
elSA("Middels") = elSA50("Middels");
elSA("Hoy") = elSA50("Hoy") ;
elSR("Tropisk") = elSR50("Tropisk") ;
elSR("Ekvator") = elSR50("Ekvator") ;
```

*Klimaparameter regulert for klimapåvirkning på dyrkbart land i 2050

```
sA50("Lav") = 15 ;
sA50("Middels") = 3 ;
sA50("Hoy") = 6 ;
sR50("Ekvator") = 25 ;
sR50("Tropisk") = 25 ;
```

```
sA("Lav") = sA50("Lav") ;
sA("Middels") = sA50("Middels") ;
sA("Hoy") = sA50("Hoy") ;
sR("Ekvator") = sR50("Ekvator") ;
sR("Tropisk") = sR50("Tropisk") ;
```

```
solve kaffemarkedet using nlp maximizing obj ;
```

10.2 Sensitivitetsanalyse

10.2.1 Scenario 8.5 med dobling av klimaspesifikke tilbudselasticiteter

```

|---- VAR xA Tilbud av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Lav      .      42.661    +INF    .
Middels  .      4.118     +INF    .
Hoy      .      21.809    +INF    .

---- VAR xR Tilbud av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Ekvator  .      49.867    +INF    .
Tropisk  .      49.867    +INF    .

---- VAR yA etterspørsel av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      15.180    +INF    .
USJap    .      25.841    +INF    .
EU       .      27.567    +INF    .

---- VAR yR etterspørsel av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      38.533    +INF    .
USJap    .      28.811    +INF    .
EU       .      32.391    +INF    .

      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
---- VAR pa      0.010    4.871    +INF    .
---- VAR pr      0.010    1.718    +INF    .
---- VAR obj     -INF     6.588    +INF    .

pa  Pris Arabica
pr  Pris Robusta

```

10.2.2 Scenario 8.5 med halvering av klimaspesifikke tilbudselasticiteter

```

|---- VAR xA Tilbud av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Lav      .      30.074    +INF    .
Middels  .      3.665     +INF    .
Hoy      .      14.504    +INF    .

---- VAR xR Tilbud av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Ekvator  .      47.368    +INF    .
Tropisk  .      47.368    +INF    .

---- VAR yA etterspørsel av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      9.591     +INF    .
USJap    .      18.701    +INF    .
EU       .      19.951    +INF    .

---- VAR yR etterspørsel av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      39.695    +INF    .
USJap    .      25.911    +INF    .
EU       .      29.130    +INF    .

      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
---- VAR pa      0.010    54.710    +INF    .
---- VAR pr      0.010    11.209    +INF    .
---- VAR obj     -INF     65.919    +INF    .

```

10.2.3 Scenario 8.5 ved doubling av etterspørselselastisiteter

```

|---- VAR xA Tilbud av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Lav      .      26.857    +INF     .
Middels  .      3.529     +INF     .
Hoy      .      12.711    +INF     .

---- VAR xR Tilbud av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Ekvator  .      37.642    +INF     .
Tropisk  .      37.642    +INF     .

---- VAR yA etterspørsel av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      7.031     +INF     .
USJap    .      17.450    +INF     .
EU       .      18.615    +INF     .

---- VAR yR etterspørsel av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      25.550    +INF     .
USJap    .      23.413    +INF     .
EU       .      26.322    +INF     .

      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
---- VAR pa      0.010    5.073    +INF     .
---- VAR pr      0.010    2.009    +INF     .
---- VAR obj     -INF     7.082    +INF     .

```

10.2.4 Scenario 8.5 ved halvering av etterspørselselastisiteter

```

|---- VAR xA Tilbud av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Lav      .      53.879    +INF     .
Middels  .      4.451     +INF     .
Hoy      .      28.637    +INF     .

---- VAR xR Tilbud av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Ekvator  .      74.980    +INF     .
Tropisk  .      74.980    +INF     .

---- VAR yA etterspørsel av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      24.548    +INF     .
USJap    .      30.201    +INF     .
EU       .      32.218    +INF     .

---- VAR yR etterspørsel av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      74.392    +INF     .
USJap    .      35.573    +INF     .
EU       .      39.994    +INF     .

      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
---- VAR pa      0.010    51.655    +INF     .
---- VAR pr      0.010     9.290    +INF     .
---- VAR obj     -INF     60.946    +INF     .

```

10.2.5 Scenario 8.5 ved doubling av inntektselastisitet

```

|---- VAR xA Tilbud av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Lav      .      47.199    +INF     .
Middels  .      4.259     +INF     .
Hoy      .      24.539    +INF     .

---- VAR xR Tilbud av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Ekvator  .      71.429    +INF     .
Tropisk  .      71.429    +INF     .

---- VAR yA etterspørsel av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      27.319    +INF     .
USJap    .      23.635    +INF     .
EU       .      25.042    +INF     .

---- VAR yR etterspørsel av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      80.847    +INF     .
USJap    .      29.276    +INF     .
EU       .      32.734    +INF     .

      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
---- VAR pa      0.010    33.226    +INF     .
---- VAR pr      0.010     8.341    +INF     .
---- VAR obj     -INF     41.567    +INF     .

```

10.2.6 Scenario 8.5 ved halvering av inntektselastisitet

```

|---- VAR xA Tilbud av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Lav      .      32.714    +INF     .
Middels  .      3.769     +INF     .
Hoy      .      16.000    +INF     .

---- VAR xR Tilbud av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
Ekvator  .      42.683    +INF     .
Tropisk  .      42.683    +INF     .

---- VAR yA etterspørsel av arabica i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      8.064     +INF     .
USJap    .      21.453    +INF     .
EU       .      22.965    +INF     .

---- VAR yR etterspørsel av robusta i regioner
      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
ROW      .      27.976    +INF     .
USJap    .      26.977    +INF     .
EU       .      30.413    +INF     .

      LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
---- VAR pa      0.010     9.791    +INF     .
---- VAR pr      0.010     2.656    +INF     .
---- VAR obj     -INF     12.447    +INF     .

```

10.2.7 Scenario 8.5 ved doubling av produktivitetsindeks

```

---- VAR xA Tilbud av arabica i regioner

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
Lav	.	44.827	+INF	.
Middels	.	6.645	+INF	.
Hoy	.	20.585	+INF	.

```

---- VAR xR Tilbud av robusta i regioner

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
Ekvator	.	53.369	+INF	.
Tropisk	.	53.369	+INF	.

```

---- VAR yA etterspørsel av arabica i regioner

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ROW	.	15.844	+INF	.
USJap	.	27.198	+INF	.
EU	.	29.015	+INF	.

```

---- VAR yR etterspørsel av robusta i regioner

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ROW	.	41.451	+INF	.
USJap	.	30.734	+INF	.
EU	.	34.553	+INF	.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
---- VAR pa		0.010	2.776	+INF	.
---- VAR pr		0.010	0.947	+INF	.
---- VAR obj		-INF	3.723	+INF	.

10.2.8 Scenario 8.5 ved halvering av produktivitetsindeks

```

---- VAR xA Tilbud av arabica i regioner

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
Lav	.	29.340	+INF	.
Middels	.	2.290	+INF	.
Hoy	.	15.818	+INF	.

```

---- VAR xR Tilbud av robusta i regioner

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
Ekvator	.	45.807	+INF	.
Tropisk	.	45.807	+INF	.

```

---- VAR yA etterspørsel av arabica i regioner

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ROW	.	9.491	+INF	.
USJap	.	18.365	+INF	.
EU	.	19.592	+INF	.

```

---- VAR yR etterspørsel av robusta i regioner

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ROW	.	38.217	+INF	.
USJap	.	25.137	+INF	.
EU	.	28.260	+INF	.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
---- VAR pa		0.010	68.658	+INF	.
---- VAR pr		0.010	14.501	+INF	.
---- VAR obj		-INF	83.159	+INF	.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no