



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de toegepaste economische wetenschappen

### **Masterthesis**

***Omgaan met ecologische en economische onzekerheden in besluitvorming: het geval van klimaatregulering door heide.***

#### **Dries Pauli**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische wetenschappen, afstudeerrichting beleidsmanagement

#### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Robert MALINA

#### **COPROMOTOR :**

De heer Anne NOBEL



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)  
Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2018**  
**2019**



# Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de toegepaste economische  
wetenschappen

## ***Masterthesis***

***Omgaan met ecologische en economische onzekerheden in besluitvorming: het geval van klimaatregulering door heide.***

### **Dries Pauli**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische wetenschappen,  
afstudeerrichting beleidsmanagement

### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Robert MALINA

### **COPROMOTOR :**

De heer Anne NOBEL



## **Woord vooraf**

Deze masterthesis vormt het sluitstuk van mijn opleiding in de Toegepaste Economische Wetenschappen aan de Universiteit Hasselt, en kadert binnen mijn gekozen afstudeerrichting Beleidsmanagement. Met veel genoegen heb ik dit jaar mijn theoretische kennis, interesses en economische achtergrond kunnen koppelen rond het thema van economische en ecologische onzekerheden in de besluitvorming. Tijdens de totstandkoming van dit eindwerk heb ik beroep kunnen doen op de hulp van een aantal personen, die ik vooraf uitdrukkelijk zou willen bedanken.

In de eerste plaats wil ik mijn dank uiten aan mijn promotor, prof. dr. Robert Malina, voor het aanreiken van het onderwerp en de momenten die voor mij vrij werden gemaakt. Het is dankzij zijn advies en inzichten dat ik mijn masterthesis stabiel en goed onderbouwd kon uitvoeren.

Mijn dank gaat ook uit naar de heer Anne Nobel, die mij doorheen het afgelopen jaar heeft begeleid. Hij heeft mij met zijn advies, expertise en enthousiasme altijd bijgestaan en zijn feedback en antwoorden op mijn vragen zijn een enorme steun geweest in het proces van dit eindwerk.

Tot slot wil ik ook mijn vrienden, klasgenoten en familie willen bedanken. Zij boden een luisterend oor aan, waren oprecht geïnteresseerd in mijn resultaten en waren steeds bereid om ideeën uit te wisselen.

Bedankt!

Dries Pauli

Diepenbeek, 28 mei 2019



## Samenvatting

Heide is een vegetatiesoort dat sinds de 19<sup>e</sup> eeuw steeds minder voorkomt in Vlaanderen. Onder invloed van de toenemende bebouwing, landbouw, industrialisering en bebossing is meer dan 99% van het originele heidegebied van eind 18<sup>e</sup> eeuw verdwenen. De laatste decennia worden echter de toegevoegde waarde van deze zeldzame gebieden onderschreven en worden veel heidelandschappen ondergebracht in beschermde natuurgebieden. In Limburg is vooral het Nationaal Park Hoge Kempen met de Mechelse Heide het exponent van de bescherming en het beheer van heide.

De industrialisering oefent niet alleen op een directe manier een invloed uit op het verdwijnen van heidegebieden, het doet dat ook op een indirecte manier. De toenemende uitstoot van broeikasgassen in de atmosfeer dragen bij tot het verdwijnen van de heide. Heide is namelijk sterk afhankelijk van de klimatologische omstandigheden om te kunnen overleven. Door de klimaatverandering, dat het gevolg is van de uitstoot van broeikasgassen, veranderen de klimatologische condities over de hele wereld. Dit zet de bestaande heidelandschappen onder druk. Hierdoor treedt een proces van natuurlijk successie op waarbij heide sterk vergrast.

Net zoals alle vegetatie levert ook heide een groot aantal ecosystemendiensten die een zekere ecologische waarde hebben. Een van die ecosystemendiensten van heide is de koolstofvastlegging, waarbij de vegetatie via de bodem of plant koolstof opneemt. Deze ecosystemedienst weet daarmee de oorzaken van de klimaatverandering te vertragen. Dit reciproque effect is dus niet alleen goed voor heide, maar ook voor alle andere fauna en flora die onder druk staan door de klimaatverandering. Daarom is deze ecosystemedienst belangrijk in de strijd tegen de klimaatverandering en zou deze vegetatie niet langer mogen verdwijnen. Om de ecologische waarde van heide concreet te maken, proberen we een economische waardering te maken.

Dit onderzoek komt tot het besluit dat de klimaatverandering een negatieve invloed heeft op de economische waarde van de koolstofvastlegging van heide. In totaal zijn er vijf factoren bestudeerd die de economische waardering kunnen beïnvloeden. Deze factoren zijn onderhevig aan onzekerheden, evenwel omdat de literatuur niet eensgezind of omdat ze afhankelijk zijn van voorspellingen die slechts in beperkte mate de toekomst kunnen inschatten. In totaal zijn er zeventien modellen opgemaakt waarin deze factoren worden onderzocht op hun invloed op de economische waarde. De verschillende factoren zijn onder andere de *CO<sub>2</sub>-flux*, de *social cost of carbon* en de bijhorende verdiscontering, de leeftijd, de bodemstock en de heidebeheermaatregelen. Over vier verschillende scenario's, waar op een verschillend tijdstip de heide als gevolg van klimaatverandering een vegetatieverandering ondergaat naar gras, is de economische waarde berekend over een periode van 80 jaar (2020 - 2100).

Alle bestudeerde factoren hebben een impact op de economische waarde van de koolstofvastlegging. De *CO<sub>2</sub>-flux* heeft een positieve invloed, net zoals de *social cost of carbon* en heidebeheer. De verdisconteringsgraad heeft echter een negatief effect op de economische waardering. Vooral modellen met een hoge *social cost of carbon*, een lage verdiscontering of een hoge koolstofvastlegging scoren dus goed qua waardering.

De centrale onderzoeksvraag kadert echter rond de invloed van klimaatverandering op heide. Daarvoor moeten we naar de vier scenario's kijken die voor elk model zijn gemaakt. Het scenario waarin er geen klimaatverandering en dus ook geen vegetatieverandering plaatsvindt, wordt het hoogste gewaardeerd. Het scenario met een vegetatieverandering in 2070 verliest gemiddeld 38% van zijn waarde ten opzichte van het scenario zonder vegetatieverandering. Met een vegetatieverandering in 2050 of 2030, verliezen de heide respectievelijk gemiddeld 52% en 58% van haar oorspronkelijke waarde, maar dit verschilt van model tot model. Bij een vroege vegetatieverandering heeft het exacte tijdstip relatief weinig impact op de economische waarde.

Daarnaast heeft dit onderzoek in kaart gebracht welke heidebeheermaatregelen in Vlaanderen worden toegepast. Zowel verbranding, maaien als begrazing met vee worden in Vlaanderen gebruikt voor heidebeheer. In de praktijk worden deze maatregelen gecombineerd en dat raadt de literatuur ook aan. Tevens heeft dit onderzoek de kosten die gepaard gaan met dit beheer bestudeerd. Heidebeheer is duurder dan grasbeheer, maar deze kostenbesparing wordt in geen enkel model gecompenseerd door het verlies aan economische waarde door de klimaatverandering. Langs de andere kant zijn sommige maatregelen verlieslatend voor de verantwoordelijke in kwestie. Zo zadelt gescheperde begrazing een herder met een exploitatieverlies van bijna €60.000 op. Elk soort heidebeheer komt op haar eigen manier de koolstofvastlegging en de economische waarde van heide ten goede.

## Inhoudsopgave

Woord vooraf	
Samenvatting	
Lijst van figuren	
Lijst van tabellen	
Hoofdstuk 1: Probleemstelling	9
Hoofdstuk 2: Geschiedenis van heide in België	13
Hoofdstuk 3: Mechelse heide	15
Hoofdstuk 4: Invloed klimaatverandering op heide	19
Hoofdstuk 5: Invloed klimaatverandering op koolstofvastlegging	21
I. Koolstofvastlegging door vegetatie	21
II. Koolstofvastlegging door bodem	22
III. Consequenties koolstofvastlegging	23
Hoofdstuk 6: Economische waarde CO <sub>2</sub>	25
I. DICE	26
II. FUND	26
III. PAGE	26
IV. Vergelijking modellen	27
V. ETS-systeem	28
VI. Verdiscontering	29
VII. Prijszetting	30
Hoofdstuk 7: Heidebeheermaatregelen	33
I. Maaien en plaggen	33
II. Begrazing	34
III. Verbranding	35
IV. Uitdagingen heidebeheer	36
V. Kost heidebeheer	37
Hoofdstuk 8: Methodiek	41
Hoofdstuk 9: Basismodel	43
Hoofdstuk 10: Invloed van koolstofvastlegging op economische waardering	47
I. Model 'Glensaugh'	47
II. Model 'Glen Tanar'	48
III. Model 'Lumphanan'	49
IV. Model 'Bodemstock Hoog'	50
V. Model 'Bodemstock Laag'	51
Hoofdstuk 11: Invloed van de <i>social cost of carbon</i> op economische waardering	53
I. Model 'Yang'	53
II. Model 'Tol'	54
III. Model 'Europa'	55



IV.	Model 'Verenigde Staten' .....	56
V.	Model 'DICE/FUND' .....	57
VI.	Model '5% verdiscontering' .....	58
VII.	Model 'Stern' .....	59
VIII.	Model 'High Impact' .....	60
	Hoofdstuk 12: Invloed leeftijd op economische waardering .....	63
	Hoofdstuk 13: Invloed heidebeheer op economische waardering .....	65
I.	Model 'Heidebeheer I' .....	65
II.	Model 'Heidebeheer II' .....	66
	Hoofdstuk 14: Conclusie.....	69
I.	Koolstofvastlegging .....	69
II.	Invloed klimaatverandering op koolstofvastlegging.....	70
III.	Economische waarde koolstofdioxide.....	70
IV.	Economische waarde koolstofvastlegging.....	71
V.	Heidebeheermaatregelen .....	72
	Hoofdstuk 15: Aanbevelingen .....	73
I.	Beleidsaanbevelingen .....	73
II.	Beperkingen onderzoek.....	74
	Bibliografie .....	77
	Bijlagen .....	83
I.	Basismodel.....	83
II.	Model 'Glensaugh' .....	85
III.	Model 'Glen Tanar' .....	87
IV.	Model 'Lumphanan' .....	89
V.	Model 'Bodemstock Hoog'.....	91
VI.	Model 'Bodemstock Laag'.....	93
VII.	Model 'Yang'.....	95
VIII.	Model 'Tol' .....	97
IX.	Model 'Europa'.....	99
X.	Model 'Verenigde Staten'.....	101
XI.	Model 'DICE/FUND' .....	103
XII.	Model '5% verdiscontering' .....	105
XIII.	Model 'Stern' .....	107
XIV.	Model 'High Impact' .....	109
XV.	Model 'Oud'.....	111
XVI.	Model 'Heidebeheer I'.....	113
XVII.	Model 'Heidebeheer II'.....	115

## Lijst van figuren

Figuur 1: Ligging Nationaal Park Hoge Kempen.....	15
Figuur 2: Vereenvoudigd DICE-model.....	27
Figuur 3: Prijsevolutie van 1 ton CO <sub>2</sub> in het ETS-systeem (2008-2019).....	29
Figuur 4: Kosten voor een typische kudde Kempische heideschape van 250 ooien.....	37
Figuur 5: Opbrengsten voor een typische kudde Kempische heideschape van 250 ooien.....	37
Figuur 6: Verloop van SCC-waarden in het basismodel (2020-2100).....	43
Figuur 7: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het basismodel voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	44
Figuur 8: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Glensagh' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	47
Figuur 9: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Glen Tanar' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	48
Figuur 10: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Lumphanan' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	49
Figuur 11: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Bodemstock Hoog' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	50
Figuur 12: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Bodemstock Laag' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	51
Figuur 13: Verloop van SCC-waarden in het 'Yang' model (2020-2100).....	53
Figuur 14: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Yang' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	54
Figuur 15: Verloop van SCC-waarden in het 'Tol' model (2020-2100).....	55
Figuur 16: Verloop van SCC-waarden in het 'Europa' model (2020-2100).....	56
Figuur 17: Verloop van SCC-waarden in het 'Verenigde Staten' model (2020-2100).....	57
Figuur 18: Verloop van SCC-waarden in het 'DICE/FUND' model (2020-2100).....	58
Figuur 19: Verloop van SCC-waarden in het '5% verdiscontering' model (2020-2100).....	59
Figuur 20: Verloop van SCC-waarden in het 'Stern' model (2020-2100).....	60
Figuur 21: Verloop van SCC-waarden in het 'High Impact' model (2020-2100).....	61
Figuur 22: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Oud' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	63
Figuur 23: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Heidebeheer I' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	65
Figuur 24: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Heidebeheer II' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).....	66
Figuur 25: Resultaten in de verschillende modellen.....	69
Figuur 26: Verloop SCC-waarden in de verschillende modellen (2020-2100).....	71
Figuur 27: Jaarlijkse inflatiegraad van de Amerikaanse Dollar tussen 1913 en 2019.....	74

## Lijst van tabellen

Tabel 1: Veranderingen in heide- en bosoppervlakte in het gebied Brugge-Torhout-Aalter tussen 1775 en 1985.....	13
Tabel 2: Verschillen in koolstofvastlegging van de vegetatie zelf tussen de verschillende gebieden.....	22
Tabel 3: Verschillen in koolstofvastlegging in de bodem tussen de verschillende studies en vegetatietypes.....	23
Tabel 4: Jaarlijkse kosten van de verschillende soorten heidebeheermaatregelen.....	38
Tabel 5: Gemiddelde jaarlijkse kosten per hectare voor beheermaatregelen van de verschillende vegetatietypes.....	39
Tabel 6: Relevante kenmerken van de verschillende modellen.....	44
Tabel 7: Verschillen in bodemstock tussen de verschillende modellen.....	47
Tabel 8: Start- en eindwaarden van de verschillende SCC-schattingen en hun discontovoet.....	53
Tabel 9: Invloed van heidebeheer op koolstofvastlegging in de verschillende modellen.....	65

## Hoofdstuk 1: Probleemstelling

De jongste decennia hebben heidelandschappen een steeds minder dominante positie in de Vlaamse en Limburgse natuurgebieden. Dankzij haar zandgrond is onze provincie, samen met Antwerpen, het huidige zwaartepunt voor struikheide. Maar ook hier komen heidelandschappen, net als in de rest van Vlaanderen, steeds meer onder druk te staan van onder meer bebouwing, landbouw en spontane bebouwing (Piessens & Hermy, 2006). Het is dan ook niet verwonderlijk dat grote gebieden heidelandschap in militaire domeinen vallen, waar het ongestoord kan groeien. Vlaamse natuurgebieden met een grote heidepopulatie, zoals de Kalmthoutse Heide, de Mechelse Heide en de Teut-Tenhaagdoornheide, tonen aan dat heidelandschappen ook een recreatiewaarde kan hebben.

Heide heeft echter meer dan enkel toeristische waarde, het levert ook ecosystemendiensten die een belangrijke ecologische waarde hebben, die we in dit onderzoek proberen te transformeren in een economische waarde. Ecosystemendiensten die de heide levert zijn onder andere het verbeteren van de grondwaterkwaliteit en het opnemen van het vervuulende stoffen uit de lucht om zo aan klimaatregeling te doen (Martínez-Zavala & Jordán-López, 2009) (Quin et al., 2015). De ecosystemedienst waar in dit onderzoek zal worden gefocust is de koolstofvastlegging, heide legt namelijk CO<sub>2</sub> vast in de bodem. Op die manier is heide een belangrijke factor in het vertragen van de effecten van de klimaatverandering waaraan een zekere economische waarde wordt verbonden. Dit onderzoek zal zich verder ook focussen op deze economische waarden van deze ecosystemedienst. Het is dan ook belangrijk om eerst de hoeveelheid koolstof in de bodem te onderzoeken. Daarna is het vanuit beleidseconomisch perspectief ook interessant om te onderzoeken hoe men de economische waarde van koolstof in de heidebodem kan berekenen en hoe daar in beleidsbeslissingen rekening mee gehouden kan worden. We zien dat vandaag de dag er in groeiende mate de economische waarde van natuur, en heide in specifieke gevallen, wordt meegenomen in de criteria van beleidsanalyses. Toch is het voor beleidsmakers vaak moeilijk om aan correcte en relevante data te geraken omdat het vaak om voorspellingen gaat en er dus onzekerheden in het proces worden opgenomen aangezien men probeert de waarde probeert te bepalen in een evoluerende en onzekere toekomst. Deze masterproef zal zich focussen op het onderzoeken van de onzekere economisch waarde van heide en de daaraan verbonden implicaties op het gebied van beleidsbeslissingen.

De economische waarde hangt af van verschillende factoren zoals de recreatiewaarde, maar ook van de verschillende ecosystemendiensten die heide levert. De ecosystemedienst van heide dat in dit onderzoek centraal staat is het opnemen van koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) uit de lucht. Deze dienst wordt echter aangetast door de klimaatverandering. Ecosystemen waar heide aanwezig is, zijn onderhevig aan klimaatverandering waardoor deze ecosystemen minder dominant worden in de natuur en bijgevolg hun klimaatregulerende functie ondermijnd wordt. Daarom is het belangrijk om de economische waarde van koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) te bestuderen aangezien de opname van CO<sub>2</sub> door heide wordt bedreigd door de klimaatverandering (Quin et al., 2015). De klimaatverandering kan een huidig heidelandschap transformeren naar een graslandschap of het simpelweg

vernietigen. Beide gevolgen zullen een negatief effect hebben op de uitstoot van klimaat verstorende stoffen zoals CO<sub>2</sub> in de atmosfeer.

Daarom is de centrale onderzoeksvraag van dit onderzoek:

*"Wat is de economische waarde van klimaatverandering op de koolstofvastlegging van heide?"*

Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden moeten we drie grote factoren berekenen die ons helpen om de impact van klimaatverandering te onderzoeken. In eerste instantie zullen we de koolstofvastlegging van heide moeten onderzoeken. In welke mate klimaatverandering invloed heeft op de koolstofvastlegging, is de tweede fase. In derde instantie zullen we de economische kost van koolstofdioxide bestuderen. Bij uitbreiding kijken we of heidebeheer invloed heeft op de drie voorgaande factoren.

De logische eerste deelvraag is dan ook:

*"Hoeveel bedraagt de koolstofvastlegging van heide?"*

Aan de hand van deze vraag willen we een van de belangrijke pijlers van de economische waardering onderzoeken. Verschillende aspecten zoals klimaat, leeftijd en heidebeheermaatregelen beïnvloeden de koolstofvastlegging. Daarom zullen we deze aspecten ook moeten bestuderen om een zo accuraat mogelijk beeld te krijgen van de omgevingseigenschappen van Europese droge heide dat het meest voorkomende heidesoort is in onze contreien.

De tweede deelvraag luidt als volgt:

*"Op welke manier beïnvloedt de klimaatverandering de koolstofvastlegging van heide?"*

Het effect van klimaatverandering op heidebodems zal een onzekere voorspelling zijn. De klimaatverandering valt immers niet met 100 procent zekerheid te voorspellen. Het effect ervan op heidebodems zal dus ook van onzekerheid afhangen. We onderzoeken wat de invloed van klimatologische veranderingen zijn op struikhei. Hierbij kijken we naar twee cruciale condities voor heidegroei: temperatuur en regenval. Gedijen heidebodems even goed in een warmer of droger klimaat? En in welke mate beïnvloedt dit de koolstofvastlegging?

De derde deelvraag focust op een ander aspect van koolstofvastlegging:

*"Hoeveel bedraagt de economische waarde van koolstofdioxide?"*

In de literatuurstudie zal sterk gefocust worden op deze onderzoeksvraag. De verschillende modellen (DICE, FUND en PAGE) betreffende de economische waarde zullen overlopen worden. In elk model zullen de plus- en minpunten onderzocht worden om op die manier een juiste analyse te kunnen maken voor deze specifieke case. Indien er geen echte consensus over het gebruik van een bepaald model is, wordt de case aan de hand van verschillende modellen onderzocht. Het antwoord op deze vraag zal bepalend zijn om beleidsbeslissingen te sturen.

Na het beantwoorden van de bovenstaande deelvragen zullen we in staat zijn om op de volgende deelvraag een antwoord te geven:

*"Wat is de economische waarde van koolstofvastlegging door heide?"*

De vorige deelvragen zullen aan de hand van deze deelvraag kunnen aan elkaar worden gekoppeld. Hiermee kunnen we de economische waarde van de koolstofvastlegging schatten. Dit zal echter een schatting zijn, die onderhevig zal zijn aan onzekerheid, aangezien er verschillen bestaan in de modellen over de economische waarde.

Ter uitbreiding wordt er ook gekeken of de heidebeheermaatregelen een impact hebben op de koolstofvastlegging:

*"Welke soorten heidebeheermaatregelen bestaan er en worden gebruikt in Vlaanderen?"*

Met deze deelvraag wil ik beschrijvend de verschillende heidebeheermaatregelen opsommen, de voor- en nadelen onderzoeken en de maatregelen die in Vlaanderen gebruikt worden oplist. Verder kan er ook onderzocht worden op welk niveau heidebeheer wordt gestuurd en wat daarvan de gevolgen zijn voor het heidebeheer. Zijn de Vlaamse maatregelen goed om de heidegroei koolstofvastlegging te optimaliseren of zijn er verbeteringen mogelijk? Wat zouden hiervan de beleidsimplicaties zijn? In welke mate weegt de kost van heidebeheer op tegen de economische waarde? Om concrete beleidsaanbevelingen te kunnen aanreiken vergelijken we de kost van de verschillende heidebeheermaatregelen met de invloed die de klimaatverandering heeft op economische waarde van heidelandschappen.

In eerste instantie wordt er gebogen over de klimatologische invloed van de klimaatverandering. In de literatuur wordt er al gebruik gemaakt van hypothesen waarbij extremere droogte en regenval voorkomen. Verder kunnen we ook assumpties maken over de temperatuurstijging, uitgaande van bijvoorbeeld huidige klimaatdoelstellingen of voorspellingen die gemaakt worden vanuit de *Integrated Assessment Models*. Qua koolstofvastlegging zijn er verschillen die optreden door de omgevingseigenschappen die voor veel heidegebieden verschillend zijn. Het is dan ook niet verwonderlijk dat Europese droge heide in meer noordelijk gelegen gebieden, en dus een ander klimaat, een verschillende hoeveelheid koolstof vastleggen ten opzichte van heide in België. Toch kunnen we ook hier aan de hand van de literatuur assumpties maken, uit Nederland bijvoorbeeld, om ook een beeld te krijgen van de koolstofvastlegging van Belgische heidebodems. Het is moeilijk worden om een eenduidig beeld te krijgen over de economische kost van koolstofdioxide, aangezien de meningen en studies hierover grondig met elkaar verschillen. Daarom zullen er assumpties gemaakt moeten worden en zal men via een realistische meta-analyse die in de literatuur is verschenen, een schatting moeten maken van de *social cost of carbon*. Dit is een schatting van de verwachte economische schade die een verandering in CO<sub>2</sub>-emissies veroorzaakt. In een later stadium wordt er gekeken in welke mate de verschillende heidebeheermaatregelen kunnen zorgen dat de koolstofvastlegging en bijgevolg de economische kost van de heidebodems zo hoog mogelijk is en of de kosten die verbonden zijn met heidebeheer opwegen tegen de economische opbrengsten die eruit voortvloeien.



## Hoofdstuk 2: Geschiedenis van heide in België

Heidelandschappen zijn een eeuwenoud vegetatietype in West-Europa. Sinds de prehistorie is de lokale bevolking verantwoordelijk voor het onderhoud en het bewerken van de heide. Heidelandschappen strekten zich uit over grote delen van West-Europa, een van de weinige locaties waar dit vegetatietype initieel voorkomt. Heide was van groot belang voor de plaatselijke bevolking. Het werd gebruikt om vee op te laten grazen en hun mest werd aangewend om de akkers te bemesten. Ook in Vlaanderen was heide alomtegenwoordig tot het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw. Door de invoering van onder andere kunstmest en de intensivering van de landbouw verloren heidelandschappen hun oorspronkelijke economische waarde en werden ze bebouwd, onder aanvoer van de bevolkingstoename, of bebost voor hout dat werd aangewend voor onder meer de mijnbouw in Limburg. Dit gebeurde in zowat heel Noordwest-Europa. Heide verdween grotendeels uit het landschap en zodoende da de resterende heidelandschappen sterk verbrokkeld en geïsoleerd zijn. Vandaag blijft nog zowat 5% van de originele heidegebieden over in de Benelux (Odé, Groen, & De Blust, 2001). Piessens and Hermy (2006) gaan nog verder en stelt dat meer dan 99% van de originele habitat uit 1775 is verdwenen (Tabel 1). Deze massale extinctie gaat echter niet gepaard met een extinctie in het aantal soorten heideplanten. De verdwijning van 11% van de heidesoorten is vergelijkbaar met de procentuele verdwijning van de boomsoorten (11%). De vraag is in welke mate dit onderzoek in Oost- en West-Vlaanderen vergelijkbaar is met een 'groene' regio als Limburg, maar dit schetst wel een goed beeld van de algemene tendens in Vlaanderen.

	<b>Heide 1775</b>	<b>Heide 1850</b>	<b>Heide 1985</b>	<b>Bossen 1775</b>	<b>Bossen 1985</b>
Totale oppervlakte (ha)	9040	1254	85	19.321	5332
Aantal gebieden	131	134	38	693	722
Gemiddelde oppervlakte (ha)	69,0	9,4	2,2	27,9	7,4
Maximale oppervlakte (ha)	2685	178	12	2333	553
Totale perimeter (km)	398	150	34	1614	865
Gemiddelde perimeter per oppervlakte (m/ha)	44,0	119,4	396,6	83,5	162,5

*Tabel 1: Veranderingen in heide- en bosoppervlakte in het gebied Brugge-Torhout-Aalter (640km<sup>2</sup>) tussen 1775 en 1985, inclusief fragmentatieveranderingen.  
(Bron: Piessens et al., 2006)*

Dit heeft echter grootschalige gevolgen voor de huidige heidegebieden die beduidend minder biodiversiteit kennen. Veel planten- en diersoorten die begin vorige eeuw nog aanwezig waren, zijn tegenwoordig bedreigd of verdwenen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat een groot aantal soorten gecategoriseerd staan als Rode-Lijstsoorten. Daar bovenop zijn de bodemcondities waarin de overgebleven heidelandschappen zich bevinden niet altijd optimaal (Allemeersch, Geusens, & Mertens, 1988) (Odé et al., 2001).

Heidelandschappen leveren echter een groot aantal ecosystemendiensten die belangrijk zijn voor de ecologische en socio-economische waarde van de landschappen. de Groot, Wilson, and Boumans (2002) hebben in totaal 23 dergelijke ecosystemendiensten kunnen onderscheiden, gaande van



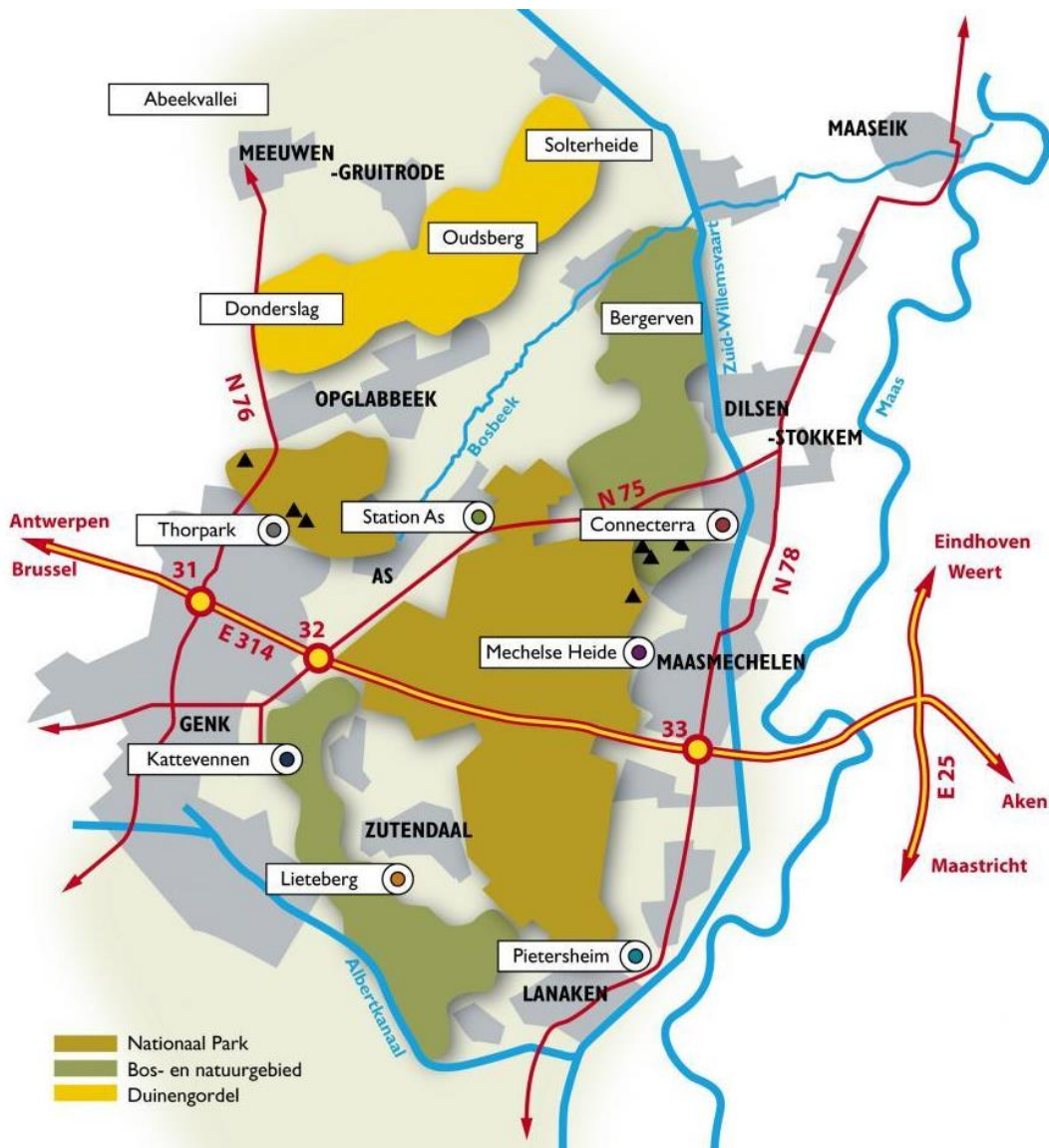
recreatie en watervoorziening tot voedsel en klimaatregulering. Voor ons onderzoek is vooral die laatste ecosysteemdienst interessant. Heidelandschappen hebben een invloed op het klimaat en kunnen een gunstig klimaat (qua temperatuur, neerslag,...) in stand houden voor de mens en de omliggende fauna en flora (de Groot et al., 2002) (Costanza et al., 1997). Heidelandschappen kunnen CO<sub>2</sub> in hun bodem opslaan en zo voorkomen dat, onder invloed van de menselijke activiteit en de daaraan gekoppelde klimaatverandering, de CO<sub>2</sub>-emissies in de atmosfeer terechtkomen. Wat de invloed is van de klimaatverandering op heidelandschappen en hun ecosysteemdiensten komt in het vervolg van dit onderzoek aan bod.

Het verlies aan Europese heidelandschappen is geen verhaal van het verleden maar loopt door tot de dag van vandaag. Ondanks de toename in Europese regelgeving en het ontstaan van een ecologisch netwerk (Natura 2000), is er nog steeds een verlies in heideoppervlakte merkbaar. Onder meer in een Spaanse *case study* is de afgelopen tien jaar 7000 hectare heidegebied, of 20% van het Spaanse Natura 2000 gebied, verloren gegaan (Rego, Guitian, Castro, Costa, & Sobrino, 2013). Paradoxaal genoeg is dat onder meer het gevolg van Europese landbouwsubsidies die ontbossing en weidevorming veroorzaakten in de regio.

Door de grote afname in heideoppervlakte is het behoud en herstel van de huidige heidelandschappen een steeds belangrijker aandachtspunt geworden voor beleidsmakers, natuurliefhebbers en lokale partners. De afgelopen jaren is het grote publiek zich ervan bewust geworden dat heide niet alleen zijn biologische eigenschappen, maar ook om zijn culturele en recreatieve aspecten een meerwaarde kunnen bieden (Webb, 1998). Tegelijkertijd werden veel van de overgebleven heidelandschappen beschermd door nationale of Europese wetgeving. Zo werd in 2006 het eerste nationale park van België geopend: Het Nationaal Park Hoge Kempen.

### Hoofdstuk 3: Mechelse Heide

Het Nationaal Park Hoge Kempen (NPHK) is het grootste natuurgebied van Limburg en het enige Nationaal Park van België. Het herbergt meer dan 5700 ha aan bos en heide en strekt zich uit over zes Limburgse gemeenten: Dilsen-Stokkem, Maasmechelen, Zutendaal, Lanaken, Genk en As. Het Nationaal Park is geopend op 23 maart 2006 en kent in totaal zes toegangspoorten: Station As, Connecterra, Kattevennen, Lieteberg, Pietersheim en Mechelse Heide (Figuur 1).



Figuur 1: Ligging Nationaal Park Hoge Kempen.  
(Bron: <https://www.nationaalparkhogechempen.be/nl/over-ons/overzichtskaart>)

Het NPHK is ontstaan door de oprichting van de vzw Regionaal Landschap Hoge Kempen, later Regionaal Landschap Kempen en Maasland (RLKM) in 1990. Deze vzw verenigde natuurorganisaties en het bestuur van de Kempense Steenkoolmijnen. In 1990 waren de meeste Limburgse steenkoolmijnen gesloten en met oog op het stimuleren van de werkgelegenheid in de regio werd beslist om de oprichting van een nationaal park als doel voor ogen te stellen. Zo kon Limburg gepromoot worden als groene provincie en werden er banen gecreëerd in de toeristische

sector. Vanaf 2000 kon het RLKM aan de slag om met steun van de Vlaamse overheid de nodige stappen te zetten richting de oprichting van een nationaal park in Limburg binnen het kader van de Limburgse Reconvertie.

Nadat het Nationaal Park Hoge Kempen in 2006 werd opgericht, besloten de betrokken partners in 2012 om verder gaan in de bescherming van de natuur. De procedure is gestart om het nationaal park op de Werelderfgoedlijst van het UNESCO te krijgen. De nodige stappen zijn gezet en normaal gezien buigt het Werelderfgoedcomité zich deze zomer over de toetreding.

Een van de troeven van De Hoge Kempen is dan ook de combinatie van natuur en geschiedenis. De steenkoolmijnen en tuinvijken, maar zeker ook de natuur zelf stellen ons in staat om terug in de tijd te kunnen gaan en te zien hoe mens en dier een eeuw geleden leefden. Het NPHK zet daarom in op twee belangrijke aspecten: natuurbeheer en recreatie. Natuurbeheer mag heel ruim worden genomen, het nationaal park is dan ook een uitgestrekt natuurgebied met een grote diversiteit aan fauna en flora. Een concrete maatregel van dit natuurbeheer was onder andere de aanleg van 'Kikbeek'-ecoduct over de E314, op deze manier werden de twee delen van het Park die werden gescheiden door de autosnelweg verbonden en konden wilde dieren zich verplaatsen doorheen het volledige park. In combinatie met het geschiedenis-aspect van het nationaal park, wordt er ook sterk ingezet op heidebeheer. Heide is een van de dominante vegetatietypes in het NPHK en vaart wel bij grondige beheermaatregelen, maar de wijze waarop dit gebeurt, komt uitgebreid aan bod in het hoofdstuk over heidebeheermaatregelen.

De Mechelse Heide is een van de toegangspoorten tot het nationaal park en maakt ook deel uit van het park zelf. Met haar 700 hectaren maakt het ongeveer één achtste van de totale oppervlakte van het NPHK uit. De Mechelse Heide is, samen met andere naburige natuurgebieden, een Natura 2000-gebied en is daardoor Europees beschermd. Het gebied bestaat grotendeels uit heide, die beheerd wordt door het Agentschap Natuur en Bos (ANB). Door de grote heidegebieden die er gelegen zijn, heeft dit natuurgebied een grote toeristische waarde. Deze wordt aangevuld door een netwerk van wandel- en fietsroutes die zich over het domein uitstrekken. In tegenstelling tot de andere toegangspoorten van het NPHK, is de Mechelse heide niet uitgerust met een groot aantal voorzieningen. Daar waar andere toegangspoorten uitkijktorens, sportaangelegenheden of horecafaciliteiten hebben, beschikt de toegangspoort tot de Mechelse Heide enkel over een kampeerverblijfpark met cafetaria en een schuilhut. Het nationaal park krijgt elk jaar ongeveer 700.000 bezoekers over de vloer en maakt volgens studies zijn rol als economische en toeristische troef in Limburg waar. Het NPHK heeft meer dan 5.000 banen gecreëerd in de regio en zorgt voor een jaarlijkse omzet van om en bij 190 miljoen euro, waarvan 13 miljoen via belastinginkomsten naar de overheid terugvloeiden (Bade, van Erk, Houben, & Smid, 2012).

Het Nationaal Park Hoge Kempen heeft sterke toeristische troeven die, onder meer door haar status als nationaal park, kunnen worden omgezet naar positieve economische consequenties. Dit is een belangrijke houvast in het onderzoek naar de natuurwaarde, en de ecosysteemdiensten die ermee gepaard gaan. De voornoemde cijfers zijn evenwel van toepassing op het hele parkgebied en dus niet enkel op de Mechelse Heide, waar in dit onderzoek wordt op gefocust. Verder onderzoeken we ook enkel de heidelandschappen die in zich dit natuurgebied bevinden. Van de

totale 700 ha is de grote meerderheid heide, waarbij we uitgaan van een oppervlakte tussen de 500 en 600 ha. Op die manier kunnen we op- en terugschalen naar een oppervlakte gelijkaardig aan de Mechelse Heide, maar kunnen we ook naar een waarde per hectare toewerken om zo een eenheid te hebben die eventueel ook op andere heidegebieden te kunnen toepassen.



## Hoofdstuk 4: Invloed klimaatverandering op heide

Sinds de Industriële Revolutie in de 18<sup>e</sup> eeuw is het klimaat op aarde significant veranderd. In de laatste decennia van de vorige eeuw is dit ook doorgedrongen in de hoofden van beleidsmakers, waarbij men de oorzaken, maar zeker ook de mogelijke gevolgen van de klimaatverandering wil onderzoeken en probeert te voorspellen. Er is echter veel onzekerheid over wat de gevolgen zullen zijn voor ons klimaat en alle aspecten die daarmee verbonden zijn. *The Third Assessment Report* van het IPCC heeft in 2001 een wetenschappelijke basis proberen leggen om de mogelijke gevolgen van de klimaatverandering in kaart te brengen. Het rapport beschrijft een toename van de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer, waarbij men overtuigd is dat een toename van deze gassen in staat is het evenwicht in de atmosfeer te veranderen. Verder kwam men tot de conclusie dat, zeker wat de laatste vijftig jaar betreft, de verandering van het klimaat in groeiende mate het gevolg is van menselijke activiteit. Men heeft ook geprobeerd een voorspelling te maken over de toekomstige klimaatverandering door gebruik te maken van een groot aantal scenario's over de toekomstige uitstoot van broeikasgassen. Hieruit volgt een toename van zowel de temperatuur als het zeeniveau in de loop van de 21<sup>e</sup> eeuw in elk bestudeerd scenario (Griggs & Noguer, 2002). Deze gevolgen veroorzaken veranderingen in biologische en chemische processen van zowat alle plantaardige levensvormen op onze planeet. Een verandering bij een bepaald organisme kan een sneeuwbaaleffect teweegbrengen dat bijgevolg een heel ecosysteem en zijn ecosysteemdiensten onomkeerbaar kan aantasten (Beier, 2004) (Kappelle, Van Vuuren, & Baas, 1999).

Heidelandschappen zijn niet immuun voor veranderingen van het klimaat. Heide heeft nood aan een voedselarme bodem en is daarnaast afhankelijk van de klimatologische condities die zich in de regio voor doen. Temperatuur en regenval zijn de twee belangrijkste condities die de groeimogelijkheden van heidelandschappen beïnvloedt (de Groot et al., 2002). Tietema, Papp, and Sass-Gyarmati (2015) onderzochten de invloed van deze twee variabelen op heideplanten en nog 18 andere plantensoorten. Zij manipuleerden de omgeving op temperatuur en op regenval. De *Calluna vulgaris* (struikhei) had de grootste oppervlakte en bedekking in de controlegroep, waar de omgevingsvariabelen niet werden gemanipuleerd. In deze, normale, omstandigheden hadden de heideplanten een bedekkingsgraad van 96%. In de temperatuurgroep, waar de grondtemperatuur met 0,5 tot 1,0 °C werd verhoogd, zakte de bedekkingsgraad tot 91%. In de droogtegroep was de daling groter. In deze groep werden de planten in het groeiseizoen voor twee à drie maanden afgedekt van de regen. De bedekkingsgraad bedroeg uiteindelijk nog 84%.

De klimaatverandering brengt in België onlosmakelijk een temperatuurstijging en extremere weercondities met zich mee (Belgian Royal Meteorological Institute, 2010). Wereldwijd wil men sinds de Klimaatconferentie van Parijs in 2015 de temperatuurstijging tot 1,5 à 2,0°C beperken. Dit is een grotere temperatuurwijziging dan waarmee het onderzoek van Tietema et al. rekening heeft gehouden. De impact van een temperatuurstijging op heidelandschappen zou dus wel eens groter kunnen zijn dan in dat onderzoek is aangetoond. De andere factor, regenval, is een stuk onzekerder. Men verwacht in België, op basis van data van de afgelopen eeuw, gemiddeld gezien geen significante daling voor de toekomst (Vaes, Willems, & Berlamont, 2002). Een zekerheid is

echter dat de weersomstandigheden in de toekomst extremer zullen worden, dat wil zeggen dat er bijvoorbeeld langere periodes van droogte zullen worden gevolgd door kortere maar meer intense periodes van regenval. Daardoor wordt de kans kleiner dat de heidelandschappen op termijn deze gewijzigde condities zullen doorstaan, aangezien dit vegetatietype sterk afhankelijk is van de klimatologische omstandigheden. Gillian R. Kopittke, Tietema, van Loon, and Asscheman (2014) zijn in hun onderzoek uit gegaan van veertien opeenvolgende droge zomers om de invloed op heidelandschappen te bestuderen. Dergelijke lange periodes van droogte zijn over heel Europa denkbaar in de toekomst (Blenkinsop & Fowler, 2007). Indien bijvoorbeeld een langere periode van droogte samenvalt met het groeiseizoen van de struikheide, zal de kans dat de struikheide naar volledig potentieel kan groeien aanzienlijk verkleinen (Tietema et al., 2015). We kunnen dan ook stellen dat de wijziging in regenvalfrequentie op lange termijn een negatieve invloed zal hebben op het groeipotentieel van heidelandschappen.

De twee belangrijkste klimatologische factoren die bijdragen aan het ontstaan en groeien van heidebodems, temperatuur en regenval, zullen veranderen onder invloed van de klimaatverandering. De literatuur toont aan dat de verwachte klimaatwijziging, met een temperatuurstijging en een onvoorspelbaarder patroon en frequentie qua regenval, een negatief effect heeft op de heidebodems. Voorlopig zijn er nog geen studies die voorspellingen maken aan de hand van de minimale temperatuurstijging (1,5 à 2,0°C), maar de bestaande literatuur die met een kleinere klimaatverandering rekening houdt, ziet de toekomst voor de heidelandschappen niet rooskleurig in. Indien de klimaatverandering zich ongeremd kan voortzetten, i.e. zonder menselijke regulering en inspanningen op vlak van CO<sub>2</sub>-uitstoot, zullen heidelandschappen steeds minder dominant worden en stilaan worden vervangen door vegetatie dat beter gedijt onder de veranderde omstandigheden, namelijk grassen (Quin et al., 2015). Grassen worden op dit moment nog bestreden door verschillende heidebeheermaatregelen. Deze heidebeheermaatregelen zijn echter een stuk kostelijker ten opzichte van grasbeheer. Heide levert daarentegen wel meer waardevolle ecosysteemdiensten dan grassen, maar staan onder druk van de klimaatverandering. In welke mate dit effect heeft op de ecosysteemdiensten die de heide levert, wordt in het volgende hoofdstuk bestudeerd.

## Hoofdstuk 5: Invloed klimaatverandering op koolstofvastlegging

Heidebodems zijn alomtegenwoordig op het Europese continent en zijn door het IPCC (2007) opgenomen als een ecosysteem dat onderhevig is aan klimaatverandering. Klimaatverandering zou cruciale diensten van dit ecosysteem zoals de koolstofvastlegging, de voedingscyclus en de diversificatie van de soorten kunnen aantasten. Mede dankzij en sinds de erkenning door het IPCC, zijn er groot aantal studies gepubliceerd over de impact van klimaatverandering op de ecosystemendiensten van heide. In dit onderzoek zal vooral gefocust worden op de eigenschap van koolstofvastlegging, mede omdat deze eigenschap een simultaan effect heeft op de klimaatverandering zelf. De koolstofvastlegging wordt echter door meer factoren beïnvloed dan enkel klimaatverandering, zo hebben bijvoorbeeld de beheermethoden die verderop worden besproken ook een belangrijke invloed op de koolstofvastlegging van heidebodems. De koolstofvastlegging van heidebodems is onderhevig aan onder meer de hoogte (Dixon, Worrall, Rowson, & Evans, 2015) en leeftijd (G. R. Kopittke, Tietema, van Loon, & Kalbitz, 2013).

De koolstofvastlegging van een bepaalde vegetatiesoort gebeurt op twee manieren: via de plant zelf en via de bodem. De plant zet door het proces van fotosynthese CO<sub>2</sub> en water om naar koolhydraten en zuurstof. De bodem neemt dan weer CO<sub>2</sub> op, een zogenaamde CO<sub>2</sub>-captatie. Aangezien dit twee uitlopende manieren zijn en de resultaten ook dermate verschillen, hebben we een opsplitsing gemaakt in de literatuur.

### I. Koolstofvastlegging door vegetatie

Heidebodems gedijen het beste in een koud en nat klimaat (Beier et al., 2009). Deze klimatologische condities worden echter aangetast door de klimaatverandering. Naast het feit dat heideplanten daardoor op termijn kleiner zullen zijn (Tietema et al., 2015), zullen de heidelandschappen minder dominant worden en meer concurrentie krijgen van grassoorten (Quin et al., 2015). Dat alles zorgt voor een dubbel effect op de koolstofvastlegging van heidebodems. Slechtere klimatologische condities op zich hebben een significante negatieve impact op de koolstofvastlegging (Treharne, Bjerke, Tømmervik, Stendardi, & Phoenix, 2019), maar daarnaast zorgen die verslechterde condities er ook voor dat onder meer grassen de heidelandschappen zullen vervangen. Quin et al. (2015) onderzochten of er een verschil is tussen de koolstofvastlegging van grassen en van heide. Ze onderzochten heide- en graslandschappen op drie verschillende sites in Groot-Brittannië en vonden dat heide gemiddeld  $3,45 \pm 0,96$  ton koolstof per hectare per jaar vastlegt, bijna tweemaal zoveel als de bestudeerde grassoorten. Als we het verschil in koolstofvastlegging willen vertalen van een verschil in koolstof (C) naar een verschil in koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), moeten we het verschil in koolstof vermenigvuldigen met 3,66667 (Alonso, Weston, Gregg, & Morecroft, 2012). In de studie van Quin et al. (2015) zal het verschil tussen heide en grassen van gemiddeld 1.84 ton koolstof (C) per hectare per jaar, uiteindelijk 6,75 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar bedragen.



	<b>Glensaugh</b>	<b>Glen Tanar</b>	<b>Lumphanan</b>
<b>Graslandschappen</b>	-9,94 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	-3,41 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	-4,25 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )
<b>Heidelandschappen</b>	-16,17 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	-16,17 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	-5,65 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )
<b>Verskil in CO<sub>2</sub>-flux</b>	-6,23 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	-12,76 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	-1,40 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )

Tabel 2: Verschillen in koolstofvastlegging van de vegetatie zelf tussen de verschillende gebieden bestudeert door Quin, Artz, Coupar, and Woodin (2015) en de verschillende vegetatietypes. Alle gegevens zijn omgezet naar ton CO<sub>2</sub>.

## II. Koolstofvastlegging door bodem

In de studie van Emmett et al. (2010) wordt de 'carbon density' van verschillende vegetatietypes onderzocht. Zij komen tot de vaststelling dat graslandschappen ongeveer 68,60 ton koolstof per hectare vasthouden in hun bodem. Bij heidelandschappen bedraagt de bodemvastlegging bijna 90 ton koolstof per hectare. Dat wil zeggen dat bij een overgang van heidelandschap naar grasland, onder invloed van klimaatverandering, 23,30 ton koolstof de bodem zal verlaten. Als we dit omzetten naar een verschil in CO<sub>2</sub>, komen we uit op een verlies van 78,10 ton CO<sub>2</sub>.

Hun studie deed meer dan 1000 steekproeven in zowel Wales, Schotland als Engeland, waardoor we in de grote steekproef ook verschillen kunnen opmaken tussen verschillende gebieden. Wat ook interessant is, is dat dit vervolgonderzoek is op metingen die reeds in 1978 en 1998 werden uitgevoerd. We kunnen in deze studie dus een evolutie van de bodemstock in Groot-Brittannië zien over een tijdsverloop van bijna 30 jaar. Dit onderzoek neemt zowat alle soorten vegetatie op die in Groot-Brittannië voorkomen op, maar wij focussen ons vooral op grassen en heide. Over heel Groot-Brittannië bedroeg de bodemstock voor heide gemiddeld 329,63 ton CO<sub>2</sub> per hectare, een lichte stijging sinds 1978. Voor grassen bedroeg de gemiddelde bodemstock 251,53 ton CO<sub>2</sub> per hectare. Voor Engeland specifiek liggen de resultaten iets lager, in Schotland is de bodemstock voor heide gelijkaardig, maar is de bodemstock van grassen licht hoger met 271 ton CO<sub>2</sub> per hectare. In Wales liggen de resultaten voor zowel heide als grassen hoger met respectievelijk 378,77 en 254,47 ton CO<sub>2</sub> per hectare.

De bodemstock is dus een belangrijke factor indien de vegetatie verandert van heide naar gras. Indien het vegetatietype verandert, verandert ook de omvang van de bodemstock. Uit de literatuur kunnen we concluderen dat de bodemstock afneemt, en dus koolstof de bodem verlaat, bij een verandering van heide naar gras. Een ander onderzoek dat zich hierop heeft toegespitst is dat van Soussana et al. (2004). Zij meten met verschillende methodes hoe de bodemstock wijzigt indien men heide naar grassen laat converteren en dit over een periode van 20 jaar. De gemiddelde jaarlijkse afname in bodemstock bedroeg 1 ton C per hectare over 20 jaar, omgerekend 3,66667 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar. De bodemstock voor heide bedroeg 403,33 ton CO<sub>2</sub> per hectare en voor gras 238,33 ton CO<sub>2</sub> per hectare. Deze laatste observatie van de bodemstock voor gras ligt in dezelfde lijn als Emmett et al. (2010) en Frank (2002) met respectievelijk 251,53 en 248,50 ton CO<sub>2</sub> per hectare.

In de volgende tabel worden de verschillende studies over bodemstock naast elkaar opgelijst:

	<b>Emmett et al. (2010)</b>	<b>Soussana et al. (2004)</b>	<b>Frank, A. B. (2002)</b>
<b>Grassen</b>	251,53 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	238,33 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	248,50 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )
<b>Heide</b>	329,63 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	403,33 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	/
<b>Vershil in bodemstock</b>	78,10 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	165 (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	/

*Tabel 3: Verschillen in koolstofvastlegging in de bodem tussen de verschillende studies en vegetatietypes. Alle gegevens zijn omgezet naar ton CO<sub>2</sub> per hectare.  
Bron: (Emmett et al., 2010), (Soussana et al., 2004) en (Frank, 2002).*

### III. Consequenties koolstofvastlegging

We zien uit Tabel 2 en Tabel 3 dat er verschillen zijn in de koolstofvastlegging. Koolstofvastlegging door de vegetatie zelf is een proces dat jaarlijks gebeurt, in tegenstelling tot de bodemstock dat vastligt voor een groter tijdsverloop. Verder zien we ook dat de verschillen tussen de verscheidene studies, gebieden en vegetatietypes groot is. Het is dus moeilijk om een vast getal op de koolstofvastlegging van heideplanten te plakken, aangezien het aantal afhankelijke factoren niet op twee handen te tellen is. Leeftijd, hoogte, locatie, temperatuur, regenval en heidebeheer zijn hier slechts enkele van.

Bijgevolg is het behoud van heidebodems belangrijk omwille van hun ecosysteemdiensten en hun positieve invloed op de klimaatverandering. Jammer genoeg zorgen die veranderingen er ook voor dat heidelandschappen hoe langer hoe meer overwoekerd worden door grassoorten. Het probleem stelt zich echter dat men niet weet hoeveel schade er zal zijn en hoeveel die schade de maatschappij zal kosten in de toekomst. Daarom is het van nodig dat we een economische waarde kunnen geven aan de ecosysteemdiensten die de natuur ons verleent. Op die manier kunnen we het belang van de ecosysteemdiensten ook op economisch vlak duiden. In het volgende hoofdstuk zal er dan ook worden ingegaan op het waarderen van deze ecosysteemdiensten om zo een (beleids)economische waarde te kunnen geven aan de heide en hun diensten.



## Hoofdstuk 6: Economische waarde CO<sub>2</sub>

In dit onderzoek richten we ons op de ecosysteemdienst van de koolstofvastlegging bij heide, daarom moeten we een economische waarde kunnen toekennen aan koolstof. Het economisch waarderen van koolstofdioxide (*social cost of carbon*) is een belangrijke economische *tool* bij het maken van klimaat gerelateerde beslissingen. De economische waarde van CO<sub>2</sub> schat de (geld)waarde van de toegenomen klimaatschade die veroorzaakt worden door een extra ton CO<sub>2</sub> in de atmosfeer (Pizer et al., 2014) (Rose, Diaz, & Blanford, 2017). Kortweg kan de SCC als volgend gedefinieerd worden:

$$SCC = \int_0^T \frac{\partial D_t}{\partial E_t} (1 + s)^{-t} dt$$

waarbij ' $\partial D_t / \partial E_t$ ' de incrementele schade van CO<sub>2</sub>-emissies voorstelt, met ' $s$ ' als economische verdisconteringsgraad. Aangezien CO<sub>2</sub> gemiddeld gezien voor een lange tijd in de atmosfeer verblijft, wordt voor ' $T$ ' en ' $t$ ' een periode van 100 jaar of meer gebruikt (Pearce, 2003) (Melaku Canu et al., 2015). In dit onderzoek zullen we dan ook met een ' $T$ ' (en ' $t$ ') van 80 jaar werken om zo de gevolgen tegen 2100 te kunnen berekenen en de geraadpleegde literatuur te volgen.

Op deze manier kan de geschatte waarde van koolstofvastlegging, vermenigvuldigd worden met de koolstof-*flux* om de economische waarde van de koolstofvastlegging ( $V_0$ ) te berekenen:

$$V_0 = \int_A \int_{t_0}^{t_1} \text{Flux}(x,y,t) \times SCC(t) dt dA$$

waarbij ' $\text{Flux}(x,y,t)$ ' de CO<sub>2</sub>-*flux* is op de coördinaten  $(x,y)$  op tijdstip ' $t$ ', met de eenheid ton/km<sup>3</sup>/dag en ' $SCC(t)$ ' de bovenstaande economische waarde van een ton koolstof op tijdstip  $t$  schat (Melaku Canu et al., 2015). In dit onderzoek is de CO<sub>2</sub>-*flux* de verandering in CO<sub>2</sub>-emissies die wordt veroorzaakt door de transformatie van heidelandschappen naar grassen onder invloed van de klimaatverandering.

Het gebruik van deze *tool* in beleidsanalyses, zoals een kosten-batenanalyse, is relatief nieuw. Sinds 2008 is de Amerikaanse overheid bijvoorbeeld juridisch verplicht om de SCC te berekenen in haar besluitvorming ("Center for Biological Diversity versus National Highway Traffic Safety Administration," 2007). De berekening is echter in de loop der jaren geactualiseerd aangezien er momenteel veel onderzoek naar wordt gedaan en de methodes steeds verbeteren (United States Government, 2016). Voorlopig maakt het Amerikaanse *Environmental Protection Agency (EPA)* gebruik van drie grote *integrated assessment models (IAM's)* om een allesomvattende berekening betreffende de SCC te kunnen maken: DICE (William D Nordhaus, 2008), FUND (Anthoff & Tol, 2013) en PAGE (Hope, 2013). Deze modellen hebben voor een drievoudige werking: het berekenen van de invloed van broeikasgassen op de klimaatverandering; het berekenen van de invloed van klimaatverandering op de welvaart en productiviteit van een land of regio; en het berekenen van de invloed van welvaart en productiviteit op de uitstoot van broeikasgassen. Er is een simultane en doorlopende werking tussen deze drie factoren. Daarom moet er bij een wijziging van een van de drie factoren een nieuwe berekening worden gemaakt om de gevolgen in te kunnen schatten.

Bij de besluitvorming moet dan ook gekozen worden tussen de modellen. Deze kunnen variëren qua relevantie, omvang, interne verdiscontering en in hoe recent hun bevindingen zijn. Daarnaast bestaan er grote verschillen tussen de modellen op lange termijn. Een multimodel aanpak zou deze verschillen kunnen weg werken, maar ook deze aanpak roept grote vraagstukken op betreffende de toekenning van gewichten en welke assumpties gebruikt kunnen worden. Om een goed overzicht te krijgen van de verschillende modellen, worden de drie modellen voorgesteld met hun overeenkomsten en verschillen in parameters, assumpties en toekomstvoorspellingen.

## I. DICE

DICE staat voor *Dynamic Integrated model of Climate and the Economy* en is voor grote mate toe te schrijven aan het werk van Nobelprijslaureaat William B. Nordhaus. Hij ontwikkelde ook het RICE-model, dat dezelfde basis heeft als DICE, maar meer op een regionaal vlak berekeningen maakt. Het DICE-model wordt door sommigen als het meest betrouwbaar geschat omdat haar schattingen zich vaak tussen de waarden van de andere IAM's bevinden (Rose et al., 2017). Het DICE-model is dan ook een van de meest gebruikte en wijdverspreide IAM's. Net zoals de andere modellen maakt DICE gebruik van een welvaartsfunctie die verschillende aspecten van klimaatverandering, economie en uitstoot omvat. Zo zijn er functies voor onder andere productie, investeringen, kapitaal, emissies, temperatuur en de uitstoot van broeikasgassen (Figuur 2).

## II. FUND

Het FUND-model, dat staat voor *Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution*, is mogelijk het meest complexe IAM dat op dit moment voorhanden is. Het model onderscheidt wereldwijd zestien gebieden waarvoor het aangepaste berekeningen kan maken. Het model maakt ook gebruik van duizenden parameters die daardoor ook een specifieke werking op elk gebied weergeeft. Zo zijn migratie- of landbouwparameters niet hetzelfde in elke gebied maar verschillen ze naargelang hun impact op het afgebakende gebied. Anthoff and Tol (2013) vinden onder meer dat de vraag naar koelinstallaties, de landbouw en de klimaatsensitiviteit enkele van de belangrijkste parameters zijn. Veel parameters hebben echter een variabele impact, maar naar mate men de lange termijneffecten onderzoekt, kan een bepaalde parameter een verschillend effect hebben in vergelijking met korte-termijnonderzoek. Verder wordt ook de impact van de verdisconteringsgraad  $\rho$  en risicoaversie  $\eta$  op de SCC onderzocht. Uit zijn onderzoek blijkt dat beide variabelen een negatieve impact hebben op de SCC.

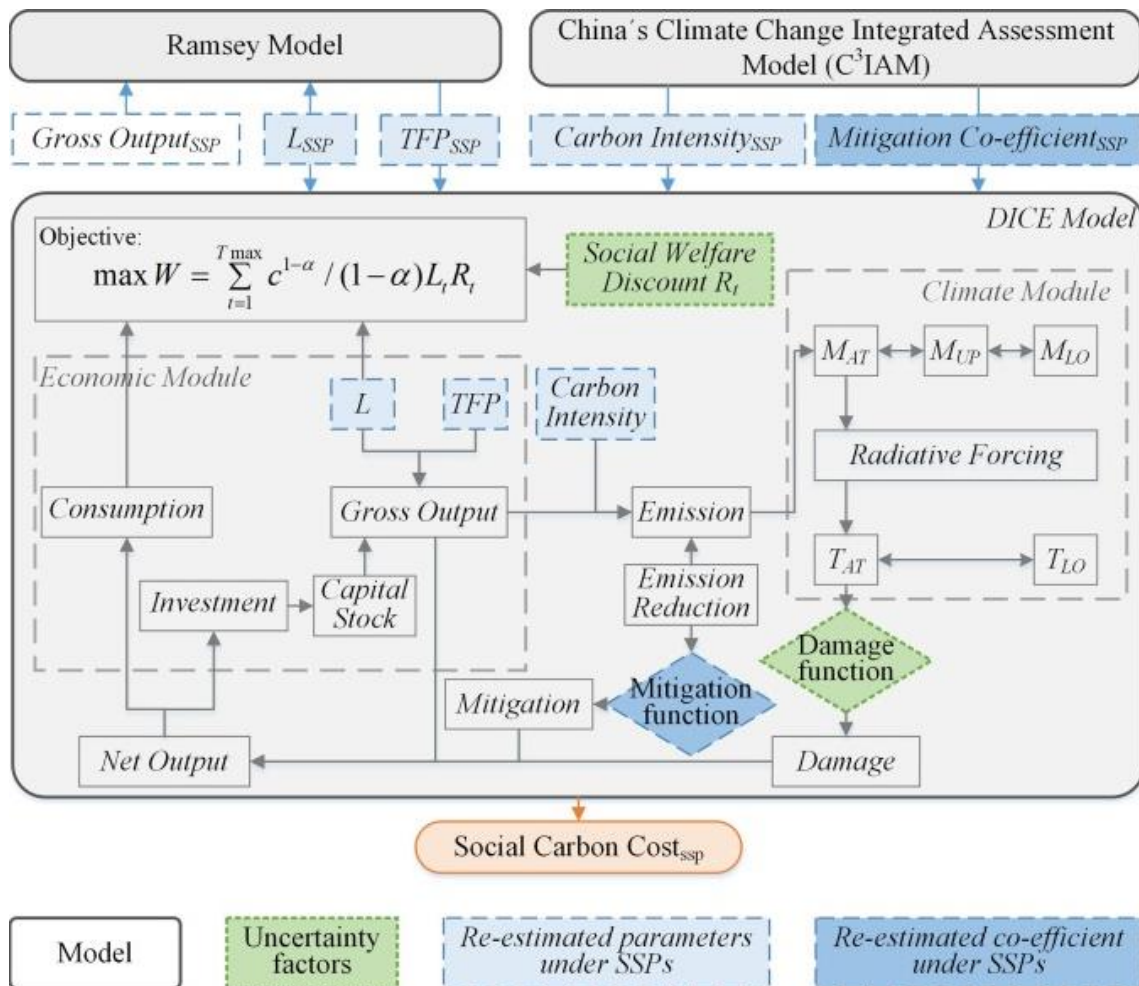
## III. PAGE

De *Policy Analysis of the Greenhouse Effect*, kortweg PAGE, is in grote mate het geesteskind van de Brit Chris Hope. Het PAGE-model is ontstaan in 1991 en kende zijn laatste grote actualisatie in 2009 met PAGE09 (Hope, 2013). PAGE maakt projecties van de wereldwijde gemiddelde temperatuur (*GMT*), de economische kosten van schade veroorzaakt door de klimaatverandering en geeft verder een algemeen zicht van de aanpassingsmaatregelen (de kosten van aanpassingsmaatregelen inclusief de vermindering van de schadekosten die voortvloeien uit die maatregelen) die moeten worden genomen. Het model werkt in totaal met acht regio's waarvoor het berekeningen maakt. PAGE wordt aanzien als een van de meest onzekere IAM's, met SCC-

distributies die reiken tot 300\$ per ton CO<sub>2</sub>. Verder blijkt uit een vergelijking van de drie modellen door Rose et al. (2017) dat PAGE en DICE in veel opzichten een gelijkaardige voorspelling maken voor parameters zoals *GMT* en voor de schadefuncties.

#### IV. Vergelijking modellen

Aangezien de *IAM's* dergelijke grote en complexe berekeningen moeten maken, is het niet verwonderlijk dat er grote verschillen zijn in hun voorspellingen. Twee grote factoren die leiden tot deze onzekerheid zijn de schadefuncties en de verdisconteringsgraad (Figuur 2) (Howarth, Gerst, & Borsuk, 2014) (Diaz & Moore, 2017) (Heal & Millner, 2014). Maar elk van deze studies is gebaseerd op de assumpties die gemaakt worden door de verschillende modellen. Verder spelen ook demografische en economische parameters een rol in de onzekerheid rond de *SCC*. Zo hebben bijvoorbeeld historische maatregelen zoals de Chinese eenkindpolitiek eind 20e en begin 21e eeuw een impact op huidige demografische parameters, en bijgevolg de modellen.



Figuur 2: Vereenvoudigd DICE-model met alle belangrijke parameters en de factoren die voor onzekerheid zorgen (groene vakjes).

Bron: Yang et al. (2018)

Verder kunnen ook huidige conflicten of beleidsmaatregelen op lange termijn een impact hebben op de modellen. De recente handelsoorlog tussen de Verenigde Staten en China is bijvoorbeeld een rem op de wereldwijde economische groei, en bijgevolg de economische parameters in de

modellen. Op die manier kunnen bij wijze van spreken elke dag de modellen gewijzigd worden door dit soort gebeurtenissen.

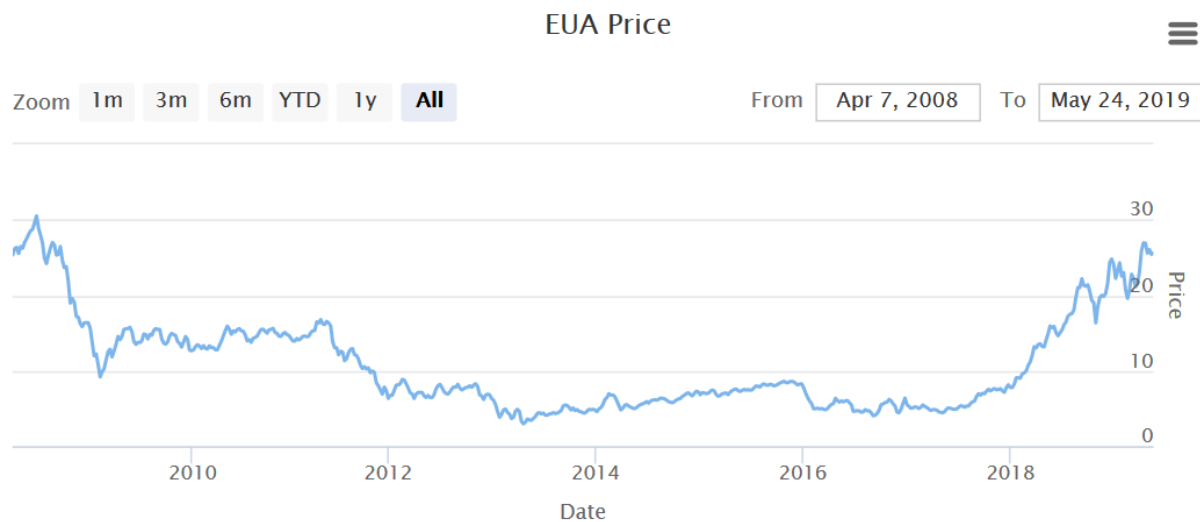
De afgelopen jaren is door de toegenomen interesse in de *IAM's* ook het aantal studies naar dit onderwerp flink gestegen. Meer dan 200 studies hebben een schatting gemaakt van hun *social cost of carbon*. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de *SCC* in elke studie varieert, gezien de grote onzekerheid die de modellen met zich meebrengen. De huidige kost per ton CO<sub>2</sub> varieert dan ook van 5\$ met het PAGE-model (Hope, 2006) tot 100\$, ook met het PAGE-model (Hope, 2013). Melaku Canu et al. (2015) maakten een meta-analyse van deze studies en gebruikte een mediane schatting van 33\$/ton CO<sub>2</sub> (€35/ton CO<sub>2</sub>), met een verdisconteringgraad van 1% en uitgedrukt in 2007 US\$. Ook R. S. Tol (2007) deed een dergelijke meta-analyse en schatte de mediaan op 24\$/ton CO<sub>2</sub>, met 3% verdiscontering en 2007 US\$. De *IAM's* worden hoofdzakelijk gebruikt door de Amerikaanse overheid om schattingen rond de *social cost of carbon* te maken, maar zijn ook een belangrijke indicator naar andere overheden, middenveldorganisaties en bedrijven toe.

## V. ETS-systeem

In Europa bekijkt men dit probleem vanuit een apart perspectief. Hier heeft men geprobeerd om via een systeem van marktwerking een prijs op broeikasgassen te plakken. Zo is in 2005 het systeem ontstaan om de uitstoot van broeikasgassen, met name CO<sub>2</sub>, lachgas en fluorkoolstoffen (PFC's), te gaan verhandelen op Europese schaal. Tot op de dag vandaag is het *Emissions Trading System (ETS)* het grootste platform voor verhandelbare emissierechten in de wereld en is het verantwoordelijk voor driekwart van de globale CO<sub>2</sub> verhandelingen. Het doel is om tegen 2020 20% minder CO<sub>2</sub> uit te stoten ten opzichte van 1990. De EU werkt met een '*cap and trade*' systeem waarbij er een '*cap*' bestaat van een maximaal aantal emissierechten dat verhandeld mag worden, dat zorgt ervoor dat er tegen 2020 20% minder emissierechten bestaan dan er in 1990 bestaan zouden hebben, tegen 2030 moet er minstens 40% minder uitstoot zijn in de EU. De '*trade*' staat voor het feit dat de rechten verhandelbaar zijn en dus onderhevig zijn aan de marktwerking. De prijs voor de rechten is dan ook variabel, maar doordat er elk jaar minder rechten verhandelbaar zijn, wordt verwacht dat de prijs na verloop van tijd zal stijgen en dat daardoor bedrijven zich zullen moeten aanpassen om milieuvriendelijker te produceren. In totaal zijn 45% van alle Europese emissies gereguleerd door dit systeem en doen meer dan 11.000 bedrijven mee in 31 landen en zowat alle sectoren (European Commission, 2016).

Één emissierecht geeft een bedrijf het recht om 1 ton CO<sub>2</sub> uit te stoten. Bedrijven krijgen een bepaald aantal emissierechten die men voor een jaar mag gebruiken. Indien een bedrijf meer uitstoot dan waarvoor het rechten heeft, is het genoodzaakt om emissierechten bij te kopen van een ander bedrijf. Duurzame bedrijven krijgen op die manier een financiële *incentive* om hun duurzaam beleid voort te zetten, terwijl vervuilende bedrijven extra moeten betalen om te mogen vervuilen. Het systeem heeft drie fases gekend waarbij er telkens nieuwe aanpassingen kwamen en er daardoor ook schommelingen in de prijsvorming zich voordeden. Zo kende de prijs een hoge vlucht in fase 1 (2005 - 2007) met een prijs die tussen 20 en 30€/ton CO<sub>2</sub> schommelde. In fase 2 (2008 - 2012) viel de prijs naar beneden door de economische crisis van 2008 met een prijs rond de 10 à 15€/ton CO<sub>2</sub>. Na 2012 kelderde de prijs echter volledig met als dieptepunt €2,97/ton CO<sub>2</sub>

in april 2013. Tussen 2012 en 2017 kwam de prijs niet boven €10 uit. Het afgelopen anderhalf jaar stijgt de koolstofprijs redelijk consistent tot een huidige prijs van ongeveer €25/ton CO<sub>2</sub> (Figuur 3). Dit komt door de aanpassingen die er in fase 3 (2013 - 2020) zijn gebeurd en vooral door de aanpassingen die zijn aangekondigd voor fase 4 (2021 - 2028). In fase 3 vermindert het aantal rechten jaarlijks met 1,74%, vanaf 2021 zal er elk jaar 2,2% verdwijnen.



Figuur 3: Prijsevolutie van 1 ton CO<sub>2</sub> in het ETS-systeem (april 2008 - mei 2019).  
(Bron: <https://sandbag.org.uk/carbon-price-viewer/>)

## VI. Verdiscontering

Elke studie en methode geeft dus een andere uitkomst aan voor de *social cost of carbon*, en vaak ook een andere verdisconteringsgraad. Deze parameter is een van de belangrijkste oorzaken dat er een grote onzekerheid heerst over dit thema. Door te verdisconteren probeert men de *time revealed preferences* en de opportuniteitskost te internaliseren in toekomstige kosten of opbrengsten. De *time revealed preferences* zijn eenvoudig gezegd de mate waarin men huidige opbrengsten verkiest boven toekomstige opbrengsten. De andere factor, de opportuniteitskost, is hoeveel een investering terugbetaalt ten opzichte van andere investeringen die men had kunnen doen met hetzelfde bedrag. Deze twee factoren samen maakt dat de discontovoet het percentage is waaraan een bedrag elk jaar in waarde daalt naarmate het verder in de toekomst verstrekt. Normaal gezien bevindt deze verdisconteringsgraad zich rond de geldende markttrente.

In de Europese Unie heeft men dit 'probleem' opgelost door het systeem zelf onder een marktwerking te zetten. In de Verenigde Staten maakt men niet gebruik van een marktwerking, maar zijn de SCC-waarden vastgelegd tot 2050 aan de hand van studies en *IAM's*. De waarden zijn onderhevig aan de gebruikte discontovoeten: 2,5%, 3% en 5%. De discontovoet van 3% wordt als 'gemiddelde' beschouwd. Een dergelijke discontovoet is gebruikelijk in veel studies over de *social cost of carbon*. Toch is er veel kritiek op het feit dat er een dergelijke 'hoge' verdiscontering wordt gebruikt.

De studie van de Amerikaanse regering maakte gewag van een SCC van 36\$/ton CO<sub>2</sub> (Van Den Bergh & Botzen, 2014). In 2016 heeft de Amerikaanse regering een plan opgesteld waarin de SCC over een periode van 40 jaar (2010 - 2050) wordt vastgelegd onder de verschillende



discontovoeten. Een discontovoet van 3% wordt als standaard gebruikt, maar onder andere de huidige Amerikaanse regering zou graag een hogere verdiscontering gebruiken. In het plan stijgt de SCC van 31\$/ton CO<sub>2</sub> in 2010 naar 69\$/ton CO<sub>2</sub> in 2050, uitgedrukt in 2007 US\$ (United States Government, 2016). Dit is vergelijkbaar met de schatting van Rose et al. (2017), gemaakt aan de hand van zowel DICE, PAGE als FUND, waar een centrale waarde van 42\$/ton CO<sub>2</sub> in 2020 werd gevonden, met 3% verdiscontering. Maar op deze verdisconteringsgraad kwam kritiek. Zo geven onder meer Johnson and Hope (2012) aan dat de Amerikaanse overheid haar discontovoet van 3% te hoog is waardoor ze "de *social cost of carbon* substantieel onderschatten". Hun alternatieve discontovoeten van 1%, 1,5% en 2% resulteren in SCC-waarden die 2 tot 12 keer hoger liggen dan die van de overheid.

Een andere criticus van een hoge verdiscontering is de Brit Nicholas Stern, die in het vakgebied bekend is voor zijn '*Stern reviews*'. Hij gebruikt voor zijn *reviews* grofweg dezelfde data als Nordhaus voor zijn DICE/RICE-modellen. Nordhaus verdedigt zijn 3% door aan te geven dat de *time revealed preferences* onder andere worden aangegeven door de geldende markttrente. Een andere assumptie in Nordhaus' argumentatie is dat personen in de toekomst rijker zullen zijn dan ons en daarom ook beter bestand zullen zijn tegen de kosten die gepaard gaan met de klimaatverandering. Tegenargumenten ter verdediging van Stern komen van onder andere Kelleher die zegt dat de markttrente vooral wordt gebruikt door individuen die meestal in eigen belang handelen. In welke mate dit huidige welbevinden opweegt tegen het welbevinden van toekomstige generaties is hoogst onduidelijk (Kelleher, 2012). Ook Nordhaus' assumptie dat toekomstige generaties rijker zullen zijn dan ons, wordt niet door iedereen gedeeld. De klimaatverandering zou een ernstige invloed kunnen hebben op ons economisch systeem met als gevolg dat het de economische groei kan afremmen of zelfs voor economisch verlies kan zorgen. Mocht dat het geval zijn, zullen toekomstige generaties armer zijn dan ons. Zelfs als het toekomstig inkomen stijgt, zullen diegene die getroffen worden door de klimaatverandering niet de diegene zijn die die groei ontvangen, stellen Johnson & Hope (2012). Stern's studie wordt echter door een groot deel van het vakgebied als een uitschieter beschouwd (R. S. Tol, 2007). Stern's assumpties, waarbij een temperatuurstijging van 5 à 6°C "een reële mogelijkheid" zou kunnen zijn, en zijn resultaten, een verlies tot 20% van het BPP door klimaatverandering, worden als pessimistisch en hoogst onzeker beschouwd.

Eensgezindheid vinden over de verdiscontering van de *social cost of carbon* is dus zeer moeilijk. Bij een meta-analyse van de 200 studies, werd er ook in functie van de verdisconteringsgraad een analyse gemaakt. Onder 3% was de gemiddelde SCC \$14/ton CO<sub>2</sub>, onder 1% 33\$/ton CO<sub>2</sub> en met een verdisconteringsgraad van 0% bedroeg de gemiddelde SCC 40\$/ton CO<sub>2</sub> (Van Den Bergh & Botzen, 2014). Een lagere verdisconteringsgraad brengt echter ook een grotere onzekerheid met zich mee (R. S. J. Tol, 2005).

## VII. Prijszetting

De meeste studies zitten ongeveer in dezelfde *range*, maar toch zijn er genoeg factoren die een adequate prijszetting kunnen verhinderen. Nagenoeg alle vernoemde studies geven een onzekerheid die sterk rechts-scheef is. Dat wil zeggen dat de kans groter is dat de prijszetting

hoger uitvalt dan nu vaak wordt aangegeven. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met het feit dat de *SCC* in de toekomst verder zal stijgen onder invloed van de klimaatverandering (Yang et al., 2018). Van Den Bergh and Botzen (2014) stellen dat veel van de voorgaande studies de *social cost of carbon* onderschatten en stellen daarom een huidige minimumwaarde van 125\$ per ton CO<sub>2</sub> voor.

Het mag dan ook niet verbazen dat er geen eenduidig getal plakt op de term '*social cost of carbon*', de verschenen studies spreken elkaar niet per se tegen maar er valt ook geen lijn te trekken in de berekeningen en uitkomsten die worden gegeven. De kritiek is dan ook dat daarom deze waarderingsmodellen onbruikbaar zijn voor beleidsbeslissingen (Pindyck, 2013). De onzekerheid is echter niet dermate groot dat de literatuur compleet verwaarloosbaar, incoherent of onbruikbaar zou zijn. We kunnen stellen dat de meeste studies een huidige kost van 25 à 40\$ per ton CO<sub>2</sub> aanraden. Toch moeten er ook gewezen worden op het feit dat de verdisconteringsgraad een storende factor is in het verkrijgen van eenduidige uitkomsten. Verder moet er ook rekening worden gehouden dat, zoals bepaalde studies reeds aangaven, de echte *SCC* wel eens een stuk hoger zou liggen en ook op termijn zal toenemen. Nieuwe studies zullen altijd een actualisatie van de huidige toestand geven, maar in welke mate toekomstige literatuur de onzekerheid rond het thema kan wegnemen is ironisch genoeg twijfelachtig.



## Hoofdstuk 7: Heidebeheermaatregelen

Heidelandschappen maakten lang deel uit van de agrarische cultuur die in onze streken aanwezig was, vandaag de dag zijn de meeste heidelandschappen echter opgenomen in natuurgebieden en militaire domeinen. Dat wil zeggen dat er aan specifiek heidebeheer moet gedaan worden om de huidige vegetatie in stand te houden en zo nodig te laten uitbreiden. In Limburg zijn heidelandschappen na de Eerste Wereldoorlog vijftig jaar lang aan hun lot overgelaten, wat in sommige gevallen tot natuurlijke successie heeft geleid, wat neerkomt op het verbossen of vergrassen van heidelandschappen. Uit de vorige hoofdstukken blijkt dat dit nefast is voor de koolstofvastlegging in de heidebodems (Quin et al., 2015). Heidelandschappen hebben ook een grotere diversiteit aan plant- en diersoorten dan beboste landschappen. Andere belangrijke voordelen van heidebeheer zijn onder andere de esthetische aspecten van het heidelandschap, die door zijn unieke aanwezigheid in de natuur de recreatie ten goede komt. Verder zorgt goed heidebeheer voor een grotere variatie aan structuur, vegetatie en heideleeftijd. Vaak wordt er qua heidebeheer een combinatie van verschillende heidebeheermaatregelen genomen om maximaal van de voornoemde voordelen te genieten (Smits & Noordijk, 2013). Dixon et al. (2015) stellen dat de voornaamste taak van heidebeheer het verjongen van de heideplanten is. Om de koolstofvastlegging te optimaliseren, mogen heideplanten niet te groot of te oud worden (G. R. Kopittke et al., 2013). De ideale hoogte van heide zou rond de 25-30 cm en de ideale leeftijd rond 18 jaar liggen. Het onderzoek doet echter geen aanbevelingen over welk soort heidebeheermaatregelen getroffen moeten worden. Volgens Gimingham (1994) zijn er vijf soorten beheermaatregelen die gebruikt worden voor West-Europese droge heide: begrazing, voornamelijk door schapen en geiten; gecontroleerde verbranding; knippen of verwijderen van de *Calluna*-takken; plaggen of strippen van graszoden; en periodieke cultivering. In België wordt in grote heidegebieden vooral aan maaien, begrazing en verbranding gedaan om de heidelandschappen in stand te houden. Dit wordt in Vlaanderen gecoördineerd door het Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) en wordt op de grond voornamelijk uitgevoerd door het Agentschap Natuur en Bos (ANB) dat instaat voor het algemeen beheer van de heide en de natuurgebieden. In tegenstelling tot Nederland, waar men aanpalende agrarische grond opkoopt voor heidebeheer, focust men zich in Vlaanderen vooral op het verwijderen van aanpalende, en vaak aangeplante, naaldbossen en het omvormen van landbouwgrond (Odé et al., 2001) (Allemeersch et al., 1988).

In grote heidelandschappen wordt meestal aan begrazing met een schaapskudde gedaan, maar voor kleinere gebieden, toch het merendeel van het aantal heidegebieden in Vlaanderen, zijn de beheermogelijkheden een stuk beperkter (Odé et al., 2001).

### I. Maaien en plaggen

Maaien wordt vooral gebruikt om volwassen heide te homogeniseren qua hoogte. Maaien wordt hoofdzakelijk machinaal gedaan door klepelmaaiers. Vroeger werden heidelandschappen handmatig gemaaid en werden gemaaide heideplanten gebruikt voor veevoeder (Odé et al., 2001). Voordelen van maaien zijn onder andere de efficiëntie, grote oppervlaktes heide kunnen machinaal worden gemaaid. Nadelen van machinaal maaien is onder andere het lawaai dat de maaiende tractoren en machines produceren, dat nefast is voor bepaalde diersoorten en voor de recreatiewaarde van

heidelandschappen; en de kostprijs, maaien is namelijk een arbeidsintensieve techniek waardoor de kostprijs hoger ligt in tegenstelling tot andere vormen van heidebeheer. Bij maaien worden echter niet hele heideplanten verwijderd, maar zijn de aanpassingen minimaal. Dit in tegenstelling tot plaggen waarbij zowel de bovenste grondlaag als de begroeiing wordt verwijderd. De voedselrijke bodem wordt weggehaald, waardoor vegetatie zich moeilijker kan ontwikkelen. Geplagde gebieden worden op die manier zand bedekte gronden dat planten, voor wie een voedselarme omgeving noodzakelijk is, aantrekt en ten goede komt een groot aantal insectensoorten. Een grote variatie en hoeveelheid aan insecten trekt andere dieren zoals hagedissen en vogelsoorten aan die een verrijking zijn voor natuurgebieden. Plaggen is echter ook een dure en arbeidsintensieve heidebeheermaatregel die in het verleden vaker werd toegepast maar nu vooral gebruikt wordt voor verwaarloosde en zwaar vergraste heidegebieden. Daarnaast heeft intensief en grootschalig plaggen een negatieve invloed op de fauna. Plaggen gebeurt vaak machinaal omdat manueel plaggen als te zware arbeid wordt beschouwd.

Maaien is niet optimaal voor de koolstofvastlegging van heide, in dat opzicht wordt maaien ook vaak gebruikt in combinatie met andere heidebeheermaatregelen die hetzelfde effect bekomen (begrazing), of op meer diepgaande manier aan heidebeheer doen (plaggen en verbranding). Maaien wordt gebruikt bij jonge heideplanten (< 15 jaar) die nog scheuten krijgen, andere heidebeheermaatregelen zijn niet doeltreffender voor dit soort vegetatie (Smits & Noordijk, 2013). Om (grotere) bomen uit het landschap te verwijderen, worden deze meestal gekapt. Op die manier kan vergevorderde verbossing worden tegengegaan, waarvoor andere technieken ontoereikend zijn (Bokdam & Gleichman, 2000).

Ook plaggen wordt enkel in specifieke omstandigheden aanbevolen als heidebeheermaatregel. Zo wordt plaggen eerder aangeraden voor herstelbeheer of bij natte heide. De heidegroei is na plaggen afhankelijk van *random components* zoals de aanwezigheid van *Calluna* ontkieming (Sedláková & Chytrý, 1999) (Odé et al., 2001).

## II. Begrazing

Een tweede techniek die gebruikt wordt voor heidebeheer is begrazing. In België worden voor heidebegrazing veelal schapen ingezet, maar er bestaan ook voorbeelden van geiten, koeien, paarden of konijnen die voor begrazing zorgen in Europese heidelanden (Henning, Lorenz, von Oheimb, Härdtle, & Tischew, 2017) (Pakeman, Hulme, Torvell, & Fisher, 2003) (Piessens, Aerts, & Hermy, 2006). Bij deze techniek wordt een specifiek deel van de veestapel ingezet om heidegebieden te begrazen, het vee eet de grassen en de kleine bomen weg en zorgt ook voor natuurlijke bemesting. De dieren bevorderen tevens de zaadverspreiding van de heideplanten. Begrazing was vroeger de meest gebruikte techniek qua heidebeheer. Landbouwers zetten toen hun vee in om de heide te begrazen en hun mest werd gebruikt voor landbouw bemesting op de akkers. In België wordt begrazing ofwel begeleid door een herder ofwel zijn heidegebieden afgesloten met omheining en schapenroosters, maar in wezen zijn er geen efficiëntieverschillen tussen beide methoden. Een van de grootste neveneffecten die bij begrazing horen is het verschaffen van onderdak aan het vee op een nabijgelegen plaats (Smits & Noordijk, 2013).

Begrazing heeft een positief effect op de heidebedekking, maar de effecten zijn sterk afhankelijk van de begrazingsintensiteit (Piessens et al., 2006) (Bokdam & Gleichman, 2000). Een lage intensiteit komt de bedekking, groei en biomassa ten goede, terwijl een hoge intensiteit heide kan beschadigen door langdurige begrazing en vertrapping (Lake, Bullock, & Hartley, 2001) (Pakeman et al., 2003). Piessens et al. (2006) stellen dat voor een heidegebied als 'De Maten' in Genk, een regime van 0,1 koe per 1 hectare van mei tot september voordelig is voor *Calluna vulgaris*. Ze stellen echter ook vast dat begrazing niet in staat is om de groei van grote struiken en bomen tegen te houden, zij stellen dan ook een combinatie van begrazing en kap voor. Pakeman et al. (2003) stellen dat ongeveer 0,8 à 0,9 schapen per 1 hectare per jaar nodig zijn om de ideale condities voor heidegroei te behouden. De condities voor een goede begroeiing blijven gewaarborgd zolang de begrazingsintensiteit onder de 2 ooien per hectare blijft. Indien men over deze grens wordt de bedekkingsgraad lager en neemt het aantal beschadigde planten toe (Thompson, MacDonald, Marsden, & Galbraith, 1995).

In verschillende Limburgse natuurgebieden worden op dit moment schapen ingezet om de heidelandschappen te begrazen. Op de Mechelse Heide, maar bijvoorbeeld ook op de Tenhaagdoornheide, zijn een driehonderdtal schapen actief met het begrazen van de heide. Het ANB had hierop aangestuurd na de spontane heidebrand op de Mechelse Heide in 2011 (Vlaamse overheid, 2011). De tien hectare die in de as waren gelegd, werden verder beheerd door middel van begrazing. Het ANB doet zowel aan begrazing onder begeleiding van een herder als in speciaal afgebakende gebieden, het heeft ook speciale slaapweides ingericht waar de schapen kunnen overnachten.

### III. Verbranding

Gecontroleerde heidebranden zijn een derde techniek die in Vlaanderen worden toegepast om aan heidebeheer te doen. Zeker in de beginjaren van het heidebeheer en het opkomen van de natuurgebieden, was afbranden een gangbare heidebeheermaatregel. Nadat grote stukken heidelandschap waren verwilderd tegen de tweede helft van de 20<sup>e</sup> eeuw, zag men in verbranding een geschikte methode om op grote schaal jonge vegetatie de kans te geven om zich te ontwikkelen. Tegenwoordig ziet men echter meer en meer af van het verbranden van heidegebieden door de collaterale schade die het toebrengt aan de aanwezige fauna en flora. Zo worden dieren getroffen die niet kunnen vluchten voor de brandhaard, vooral amfibieën en reptielen zouden het slachtoffer zijn van heidebranden. Daarnaast worden zij ook getroffen door het natuurherstel dat volgt op een heidebrand. De verhoogde eentonige terugkeer van heideplanten doen deze dieren geen goed (Allemeersch et al., 1988). Dieren hebben nood aan vegetatieheterogeniteit en rust- en schuilplekken om te schuilen tegen natuurlijke vijanden, de weersomstandigheden of om voedsel te vinden. Door grote heidepercelen af te branden vergaat deze heterogeniteit. Zo stelt het beheerplan van de Vlaamse natuurreservaten voorop dat in totaal slechts 25 hectare heide per jaar verjongd dient te worden. In Nederland wordt verbranding enkel, maar wel op grotere schaal dan in Vlaanderen, toegepast op gebieden die niet toegankelijk zijn voor het grote publiek, zoals militaire domeinen (Odé et al., 2001). In Vlaanderen is de opvatting minder strikt en worden ook grotere toegankelijke gebieden zoals de Kalmthoutse Heide en de Mechelse Heide nog gedeeltelijk beheerd door middel van gecontroleerde branden. Op die manier

kan men specifieke vergrassing en verzilting tegengaan. Bij het afbranden van een heideperceel, wordt een bepaald gebied in de as gelegd om vervolgens een kale bodem te krijgen die kansen biedt aan planten om te kiemen of insecten om te leven (Smits & Noordijk, 2013) (Sedláková & Chytrý, 1999). Verbranding heeft echter zijn beperkingen. Zo is verbranding slechts op enkele momenten op een jaar mogelijk, bij voorkeur in de winter wanneer het brandgevaar het laagst is. De lokale brandweer is om veiligheidsredenen altijd aanwezig en vaak wordt er zand rond het perceel gestrooid om de kans op een ongecontroleerde heidebrand tot het minimum te herleiden. Verder is verbranding ook niet aangewezen in het tegengaan van verboste en/of vergraste heidegebieden. In combinatie met een andere methode zoals begrazing zijn de resultaten wel positief (Ascoli et al., 2013) (Mohamed, Härdtle, Jirjahn, Niemeyer, & von Oheimb, 2007).

Ongecontroleerde heidebranden gebeuren jammer genoeg ook door onoplettendheid van recreanten of door extreme weersomstandigheden. Zo zijn er dit decennium grote heidebranden geweest op de Kalmthoutse heide en Mechelse heide, waarbij respectievelijk 500 en 10 hectare heidegebied werden verwoest. Dit soort branden brengen veel meer schade toe aan de heidegebieden aangezien bij deze grote branden ook de bodemlaag wordt afgebrand waardoor natuurherstel bemoeilijkt wordt.

#### IV. Uitdagingen heidebeheer

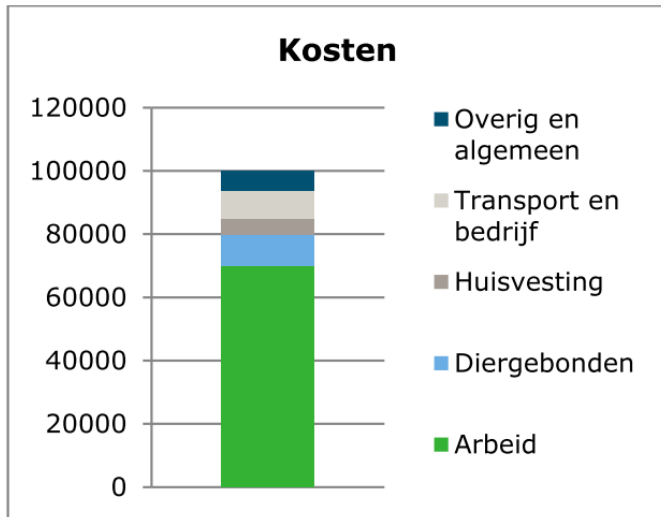
Ondanks de beheermaatregelen en het gevoerde beleid rond heidebeheer, zijn er nog steeds grote oppervlakten waar bepaalde mossen en grassen, zoals het pijpenstrootje, dominant zijn binnen heidelandschappen. Zoals reeds aangehaald, nemen landschappen die door gras gedomineerd worden, beduidend minder CO<sub>2</sub> in de bodem op en zijn dus nefast voor de economische waarde van de heide (Quin et al., 2015). In Vlaanderen zijn natte en droge heide echter voor respectievelijk 60% en 30% sterk vegetast. In Vlaanderen en Nederland zijn veel van de huidige heidelandschappen opgenomen in militaire domeinen. In Vlaanderen zijn dit uitgestrekte gebieden waar men niet of nauwelijks aan recreatie kan doen en waar planten en dieren in alle rust kunnen ontwikkelen. Odé (2001) stelt dan ook dat op deze domeinen het heidebeheer nauw aansluit op het beheer dat in de vorige eeuwen werd uitgevoerd. Een sprekend neveneffect van het goede natuurbeheer is onder andere de terugkeer van een wolvenpopulatie in het kamp van Beverlo. Veel Vlaamse heidelandschappen zijn echter gelegen in kleine natuurgebieden waar heidebeheer moeilijk en duur is, waardoor de toekomst voor deze geïsoleerde gebieden eerder somber is. Heidebeheer moet meer aansluiten bij de dynamiek van het vroegere landbouwachtige gebruik, anders zijn de herstel mogelijkheden beperkt, aldus Odé. Voortbouwend op de goede resultaten die voor karakteristieke heidesoorten op militaire domeinen worden geboekt, stelt men voor om een rigoureuze aanpak van het beheer te onderzoeken.

Verder moet ook gekeken worden naar wat het meest interessant is voor de ecosysteemdiensten die heidelandschappen leveren. Het kan nuttig zijn om te kijken op welke manier men via heidebeheermaatregelen onder andere de koolstofvastlegging van heide kan optimaliseren. Dixon et al. (2015) stellen reeds voor om de hoogte van de heideplanten te beperken tot 25-30 centimeter om zo maximaal de koolstofvastlegging te garanderen. Heideplanten die 10 centimeter hoger zijn, zouden 3,026 ± 2,128 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar meer opnemen. G. R. Kopittke et al.

(2013), die de koolstofvastlegging in functie van de plantleeftijd onderzochten, stellen dat heidebodems het meest CO<sub>2</sub> vastleggen rond de leeftijd van 18 jaar. Dit kunnen interessante uitgangspunten zijn om op termijn het heidebeheer te optimaliseren.

## V. Kost heidebeheer

Aan het onderhouden van heidebodems is natuurlijk ook een kost verbonden. De meeste bovengenoemde heidebeheermaatregelen worden machinaal en/of met mankracht uitgevoerd. Bij



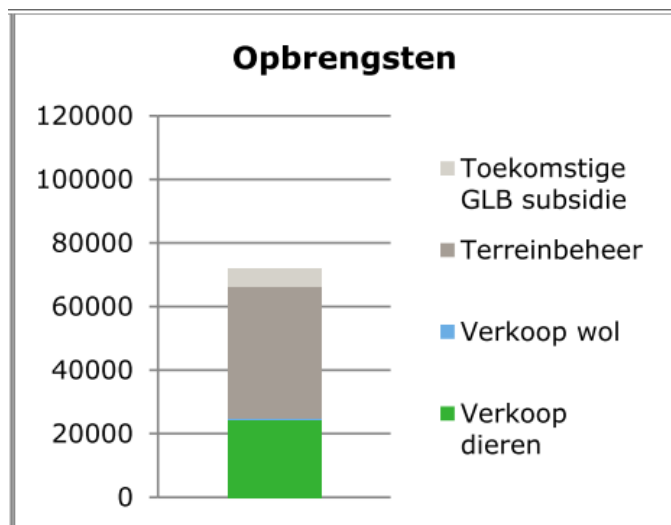
*Figuur 4: Kosten (in euro) voor een typische kudde Kempische heideschappen van 250 ooien.  
(Bron: Schrijver, 2015)*

gescheperde begrazing, is er echter een voltijdse herder nodig om met de kudde aan heidebeheer te kunnen doen. Op basis van gegevens uit Nederland blijkt dat herder het moeilijk hebben om financieel hun hoofd boven water te houden.

De kost van heidebeheer bestaat uit verschillende kostendragers (Figuur 4). We zien dat arbeid het merendeel (70%) van de kosten vertegenwoordigd. Vervolgens zijn diergebonden kosten, huisvesting, transport en bedrijf, en nog andere kosten goed voor de overige dertig procent van de totale kosten van heidebeheer.

Indien men aan begrazing doet, haalt een herder echter ook opbrengsten uit zijn kudde (Figuur 5). Dat bestaat voor het grootste deel uit een vergoeding voor het terreinbeheer, wat iets meer dan de helft van de opbrengsten beslaat. Verder is ook de verkoop van de dieren via vleesafzet een belangrijke tweede opbrengst (35%). De verkoop van wol is miniem tot verwaarloosbaar ter opbrengst. Aangezien dit onderzoek in Nederland is uitgevoerd, wordt hier ook de GLB subsidie die men via de Nederlandse overheid ontvangt bij de opbrengstenpost gevoegd. In België bestaat een dergelijke subsidie niet.

Als we uiteindelijk de kosten van de opbrengsten aftrekken, komen we uit op een exploitatietekort van €30.000 voor een gemiddelde kudde. Dit tekort wordt op dit moment opgevangen doordat de herder en zijn personeel lange werkdagen maken voor een lagere beloning. Desondanks is het voortbestaan van bepaalde kuddes op korte termijn in gevaar (Schrijver, 2015). Ook het facet verloning is voor de herder ondermaats. In Nederland verdient een herder slechts net iets meer dan het



*Figuur 5: Opbrengsten (in euro) voor een typische kudde Kempische heideschappen van 250 ooien.  
(Bron: Schrijver, 2015)*



minimumloon. In de agrarische sector is dit echter geen uitzondering, maar in tegenstelling tot bijvoorbeeld akkerbouwers en melkveehouders, kunnen herders geen eigen vermogen opbouwen als buffer of sociaal vangnet (Schrijver, 2016a).

Als we de kosten van een kudde linken aan de Mechelse heide (545 ha) en de heidebeheeraanbevelingen die door de literatuur zijn aangereikt, kunnen we een goede schatting maken van de kosten voor schapenbegrazing voor een gebied dat gelijkaardig is aan de Mechelse Heide. We gebruiken de bovenstaande kosten voor een gemiddelde kudde van 250 ooiën en leiden uit de literatuur af dat een intensiteit van 0,9 ooiën per ha voldoende is om aan goed heidebeheer te kunnen doen. Als we dit aantal extrapoleren naar een gebied zoals de Mechelse Heide komen we uit op een kudde van 490 ooiën. Indien de Mechelse Heide dan enkel via schapenbegrazing zou worden beheerd, zou het exploitatietekort van de herder oplopen tot €59.000/jaar.

Het begrazen van heidelandschappen is echter niet de enige heidebeheermaatregel die voor een stevige financiële kost zorgt. Zo goed als elke beheermaatregelen heeft een kost van arbeid, materieel, monitoring, etc. Bepaalde heidebeheermaatregelen, zoals plaggen, zijn dermate ingrijpend dat de frequentie een stuk lager ligt ten opzichte van andere maatregelen die minder ingrijpend en intensief zijn. Het zou dan ook fout zijn om enkel de kost van een bepaalde maatregel te berekenen, zonder de frequentiecyclus mee in rekening te nemen. Daarom is in de onderstaande tabel een uniforme jaarlijkse kost in kaart gebracht:

<b>Methode</b>	<b>Kost/ha/jaar</b>	<b>Kost/ha/jaar</b>
<b>Plaggen</b>	€409,99 (Schrijver, 2016a)	€659 (de Jong, Bouwma, & van Wijk, 2007)
<b>Begrazen</b>	€131,05 (rasters) (Schrijver, 2016a)	€450 (gescheperd) (Schrijver, 2016a)
<b>Maaïen</b>	€380 (Verburg, Hennen, Puister, Michels, & van Duijvendijk, 2017)	€325 - 390 (Hampton, 2008)
<b>Verbranden</b>	Loonkost (Hampton, 2008)	

*Tabel 4: Jaarlijkse kosten van de verschillende soorten heidebeheermaatregelen met bronvermelding.*

Kleinschalig plaggen, dat vaak voor herstelbeheer wordt gebruikt, is op het eerste zicht een dure beheermaatregel. Schrijver (2016a, 2016b) berekende dat in Nederland kleinschalig plaggen tussen €4.127 en €6.411 per hectare kost. Er van uitgaande dat er voor een effectieve uitkomst om de twintig jaar moet worden geplagd en met een jaarlijkse rente van 3%; komt men uit op een jaarlijkse kost van ongeveer €410/ha/jaar. de Jong et al. (2007) berekende een kost van €659/ha/jaar voor plaggen.

Ook voor het begrazen van heidelandschappen bestaan er verschillende berekeningen die de kosten in kaart brengen. Zo zou het begrazen binnen rasters €131,05/ha/jaar kosten. Er werd ook een berekening gemaakt van de jaarlijkse kost van gescheperde begrazing, waarbij men aan een jaarlijkse kost kwam van €450/ha (Schrijver, 2016a).

Verburg et al. (2017) berekenden de kost voor het maaien van heidelandschappen en kwamen uit op een kost van €380/ha/jaar. Een soortgelijke uitkomst zien we in de studie van Hampton (2008).

De goedkoopste heidebeheermaatregel is het verbranden van de heide (Hampton, 2008). Aangezien hiervoor geen speciale machines of materieel voor nodig is, zijn de vaste kosten laag tot onbestaande. Voor verbranding komt de kost dan ook neer op de loonkost van onderhoudsmedewerker of de brandweer.

Onder invloed van klimaatverandering zullen de heidelandschappen echter geleidelijk verdwijnen. Heidebeheer kan dit proces afremmen, maar op termijn zullen enkele heidegebieden onvermijdelijk naar grasgebieden transformeren. Ook voor grassen is het belangrijk dat er aan beheer wordt gedaan, voor ecologische en recreatieve redenen. Daarom hebben we in de onderstaande tabel de verschillen in kosten voor de twee vegetatietypes langs elkaar gezet:

<b>Vegetatie-type</b>	<b>(Hampton, 2008)</b>	<b>(Verburg et al., 2017)</b>	<b>(Verburg et al., 2017)</b>	<b>(Schrijver, 2016b)</b>	<b>(Verburg et al., 2017)</b>	<b>(Verburg et al., 2017)</b>
<b>Heide</b>	€325 - 390 (maaien)	€200	€219,61	€242,91	/	€380 (maaien)
<b>Gras</b>	€195 (maaien)	€144	/	/	€120 - 270 (begrazing)	€120 - 375 (maaien)

*Tabel 5: Gemiddelde jaarlijkse kosten per hectare voor beheermaatregelen van de verschillende vegetatietypes.*

We zien dat er verschillen zijn tussen de verschillende bronnen over de kostprijs van natuurbeheer voor een bepaald vegetatietype. Het is wel duidelijk dat grasbeheer consistent minder kostelijk is dan heidebeheer. Een transformatie van heide naar gras zorgt dus niet enkel voor een verlies aan ecosysteemdiensten zoals koolstofvastlegging, maar ook een vermindering van de kosten die gepaard gaan met het beheer en onderhoud van de vegetatie.

In ieder geval hangt er een serieuze kost aan het beheer van zowel gras- als heidelandschappen, zowel voor de overheid en de bevoegde instanties die instaan voor het beheer, als voor de mensen die dagdagelijks bezig zijn met het onderhouden van onze natuurgebieden. Om een eerlijk en economisch verantwoord beleid te voeren moeten de kosten die gepaard gaan met heidebeheer worden afgetoetst aan de mogelijke economische opbrengsten die heide door haar ecosysteemdiensten kan leveren en of de lagere kosten voor grasbeheer opwegen tegen het verlies aan economische waarde.



## Hoofdstuk 8: Methodiek

Empirisch zal aan de hand van zelf uitgewerkte modellen de economische waarde van de koolstofvastlegging van heide worden berekend. Deze berekeningen zullen gemaakt worden op basis van de verzamelde literatuur. Het doel van het empirisch gedeelte is om de bepalende factoren betreffende de monetarisatie te overlopen en hun impact te berekenen. De volgende factoren zullen worden onderzocht in de empirische studie: het tijdstip van de vegetatieverandering, de koolstofopname van heide (en grassen), de *social cost of carbon*, de gebruikte heidebeheermaatregel en de verdiscontering. Alle berekeningen worden geëxtrapoleerd naar het jaar 2100 voor een betrouwbare voorspelling op langere termijn. Verder zijn de berekeningen gemaakt voor 1 hectare, zodat in een latere fase de uitkomsten kunnen worden opgeschaald naar een heidegebied dat gelijkaardig is aan de Mechelse Heide.

De basisberekening voor de monetarisatie van de koolstofvastlegging van heide waarop de empirische studie steunt is de volgende:

$$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$$

waarbij 'Flux<sub>t</sub>' de CO<sub>2</sub>-flux is van de plant, zijnde ofwel heide ofwel gras, en waarbij 'Δ bodemstock<sub>t</sub>' staat voor het verschil in bodemstock die een plant ondergaat bij een vegetatieverandering. 'SCC<sub>t</sub>' omvat de *social cost of carbon*. De integraal wordt over 80 jaar berekend, bijgevolg over een periode van 2020 tot 2100.

Op basis van de literatuur is er een basismodel opgemaakt waar vooral wordt uitgegaan van gemiddelde waarden. Zo is in dit basismodel de input van Quin et al. (2015) gebruikt en voor de SCC is een gemiddelde gebruikt van de literatuur en deze geëxtrapoleerd naar 2100 waarbij de algemene trend van de kost van een ton CO<sub>2</sub> wordt voortgezet. Dit wil zeggen dat in het basismodel de SCC een beginwaarde heeft van 35,47\$/ton CO<sub>2</sub> in 2020 en een eindwaarde van en 204,28\$/ton CO<sub>2</sub> in 2100, allen uitgedrukt in 2007 US\$. De belangrijkste factor in de empirische studie zal echter het tijdstip van vegetatieverandering zijn, in de loop van 80 jaar kan er namelijk veel gebeuren met de vegetatie onder invloed van klimaatverandering. Daarom zullen er vier scenario's gehanteerd worden voor deze factor: de heidevegetatie ondergaat geen verandering, de verandering vindt plaats in 2070, de verandering vindt plaats in 2050 en de verandering vindt plaats in 2030. Op basis van Emmett et al. (2010) wordt er in de berekening rekening gehouden met een verlies van ongeveer 78 ton CO<sub>2</sub> in de bodemstock. Op basis van een rapport van het IPCC door Watson et al. (2000) gaan we in dit onderzoek uit van een periode van 50 jaar waarbij er koolstof in de atmosfeer kan vrijkomen. Andere onderzoeken trekken dit in twijfel en gaan uit van een periode van 20 jaar (Frank, 2002) of zelfs 6 jaar (Reeder, Schuman, & Bowman, 1998). Het is echter vermeldenswaardig dat voor die laatste onderzoeken de metingen op een minder diep niveau in de bodem waren.

In totaal zijn er in deze empirische studie zeventien modellen die worden berekend. Elk van deze modellen zijn aan de hand van wetenschappelijke literatuur onderbouwd. In de modellen 'Glensaugh', 'Glen Tanar' en 'Lumphanan' worden de verschillen in CO<sub>2</sub>-flux van Quin et al. (2015)

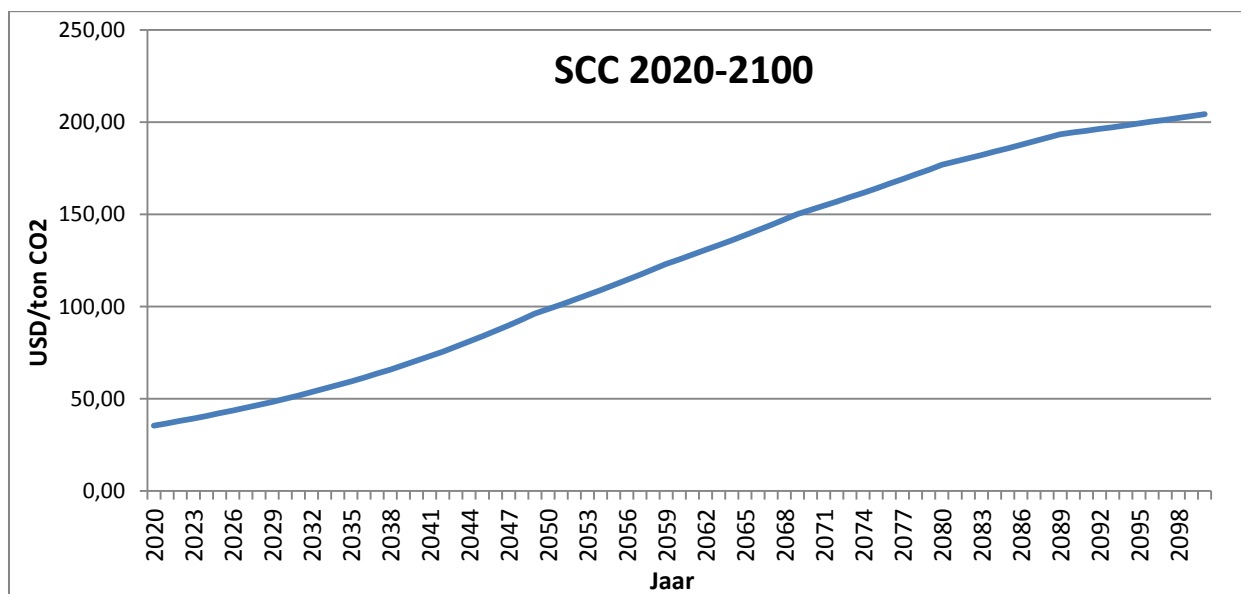
gebruikt. Het model 'Oud' is gelinkt aan de studie van G. R. Kopittke et al. (2013) en de modellen in verband met bodemstock aan Emmett et al. (2010). De andere modellen zijn steeds vernoemd naar de gelijknamige auteur van de studie waarop de doorslaggevende factor terugslaat. Zo verwijst het 'Yang' model naar Yang et al. (2018) en Nordhaus voor hun berekeningen inzake de SCC. Hetzelfde geldt voor het model 'Tol' (R. S. Tol, 2007). De berekening voor het model 'Europa' is gemaakt op basis van het ETS-systeem. De gegevens voor de modellen 'Verenigde Staten', '5% verdiscontering' en 'High Impact' zijn gebaseerd op de *United States Government* (2016). De modellen 'Heidebeheer I' en 'Heidebeheer II' zijn tot stand gekomen dankzij de bevindingen van Dixon et al. (2015).

Uiteindelijk worden deze modellen met elkaar worden vergeleken. In eerste instantie zullen de uitkomsten van binnen een bepaald model onderling vergeleken op basis van het tijdstip van vegetatieverandering. Daarna worden de verschillende scenario's met elkaar vergeleken en proberen we op die manier de economische en ecologische onzekerheden te kaderen en mee te nemen, indien de empirische resultaten het toelaten, in de besluitvorming rond deze case van heidebodems.

## Hoofdstuk 9: Basismodel

In hoofdstuk 8 werd reeds uitgelegd hoe het basismodel is opgebouwd. We gaan hier uit van een gemiddelde CO<sub>2</sub>-flux voor zowel heide als gras. Hierbij maken we gebruik van het gemiddelde dat Quin et al. (2015) heeft genomen van drie verschillende gebieden in het Verenigd Koninkrijk (Tabel 6). In de modellen over koolstofvastlegging zullen de gegevens van die drie gebieden afzonderlijk worden gebruikt. In dit model geldt een CO<sub>2</sub>-flux van 12,65 ton per jaar per hectare voor heide en een CO<sub>2</sub>-flux van 5,90 voor gras. Verder wordt de 'standaard' SCC gebruikt, dit is het gemiddelde van de literatuur en stijgt van ongeveer 35\$/ton CO<sub>2</sub> in 2020 naar ongeveer 200\$/ton CO<sub>2</sub> in 2100. De SCC is hier berekend op basis van het 2016 DICE-model. Dit model heeft een variabele verdisconteringsgraad, maar we mogen uit gaan van een discontovoet rond de 3%. De bedragen zijn omgezet naar 2007 US\$ (Nordhaus, 2017).

De evolutie van de *social cost of carbon* over de looptijd verloopt in dit model als volgt:



Figuur 6: Verloop van SCC waarden in het basismodel (2020-2100).

In het basismodel bedraagt de SCC in 2020 35,47\$/ton CO<sub>2</sub>, van 2020 tot 2050 stijgt de SCC jaarlijks met 3,5%, daarna zwakt de groei geleidelijk aan af met een groei van 2,5% tussen 2050 en 2060. Elke volgende tien jaar neemt de groei af met een half procent zodat we tussen 2090 en 2100 nog een groei in de SCC waarnemen van 0,5%. De SCC in 2100 bedraagt uiteindelijk 204,28\$/ton CO<sub>2</sub>.

Een andere variabele die voorkomt in dit basismodel is vermindering van CO<sub>2</sub> in de bodem van heideplanten. Uit de literatuur weten we dat de 'soilstock' bij heidebodems hoger is dan bij grasbodems. Emmett et al. (2010) stellen dat ongeveer 78,10 ton CO<sub>2</sub> de bodem verlaat bij een vegetatieovergang van heide naar grassen. Deze vermindering in bodemstock gebeurt niet in één keer maar komt over een langere periode vrij in de atmosfeer. Op basis van Soussana et al. (2004) besluiten we dat in de eerste 20 jaar na vegetatieverandering de bodemstock jaarlijks met 1,7555 ton CO<sub>2</sub> (of 0,48 ton C) afneemt. De daaropvolgende 30 jaar assumeren we dat afname licht stagneert tot jaarlijks 1,4300 ton CO<sub>2</sub>. Dit wil zeggen dat we ervan uit gaan dat bodemstock in de

eerste 50 jaar na de vegetatieverandering gestaag afneemt en in die periode het verschil in bodemstock tussen heide en grassen wordt gecompenseerd.

Met deze variabelen kunnen we het basismodel opstellen. In de onderstaande tabel worden de fluxes, leeftijd, gemiddelde jaartemperatuur en regenval die voor de modellen 'Basismodel', 'Glensaugh', 'Glen Tanar' en 'Lumphanan' worden gebruikt, aangegeven:

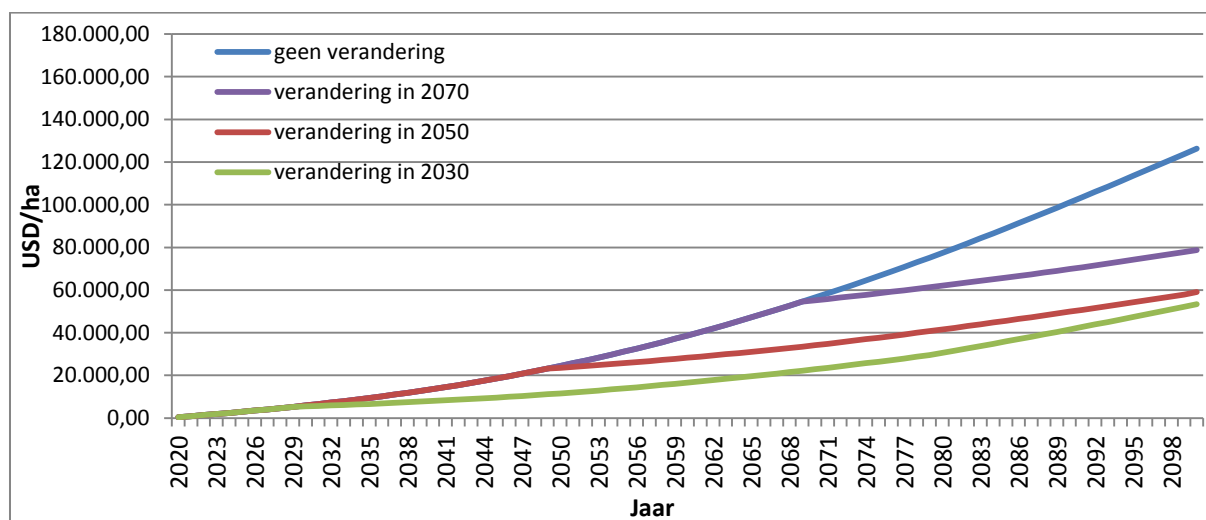
Model	Heide-flux t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> jr <sup>-1</sup>	Gras-flux t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> jr <sup>-1</sup>	Leeftijd jaar	Gemiddelde temperatuur °C	Regenval mm/jaar
<b>Basismodel</b>	12,650	5,900	/	/	/
<b>Glensaugh</b>	16,170	10,050	8 – 10	7,5	1131,0
<b>Glen Tanar</b>	16,170	3,410	15 – 20	7,7	1002,9
<b>Lumphanan</b>	5,650	4,250	13 – 20	5,9	1002,9

Tabel 6: Relevante kenmerken die in de verschillende modellen worden gebruikt.

Bron: (Quin, 2015)

Zoals eerder vermeld hanteren we vier scenario's voor de vegetatieverandering: geen verandering of een verandering in respectievelijk 2070, 2050 of 2030. Daarbij rekening houdend met een eventuele vermindering in bodemstock die daarmee gepaard gaat en een negatieve impact heeft op de economische waardering.

Als we met deze variabelen het basismodel berekenen komen we tot de volgende vaststellingen in de vier vooropgestelde scenario's:



Figuur 7: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het basismodel voor de verschillende scenario's (2020-2100).

We zien dat er in het scenario van 'geen verandering' de economische waarde van de koolstofvastlegging van een heidebodem over de 80 jaar heen uit komt op 126.287,12\$/ha. Gedeeld over die periode komen we uit op een jaarlijkse waarde van 1.578,59\$/ha/jr. In het geval van een vegetatieverandering in 2070 bedraagt de economische waarde van een hectare heidegebied 78.754,91\$. Dat is een vermindering van bijna 50.000\$/ha in slechts 30 jaar tijd. Het is dan ook niet verwonderlijk dat in de overige twee scenario's de economische waarde nog lager ligt. Voor een verandering in 2050 komt dit neer op 59.087,75\$/ha, een verandering in 2030 levert

nog 53.315,63\$/ha op. Enigszins merkwaardig is dat deze laatste twee scenario's een uitkomst hebben die relatief dicht bij elkaar ligt. Dit komt doordat, in het scenario van een verandering in 2030, de bodemstock in 50 jaar na 2030 (zijnde 2080) het punt van de grasbodemstock bereikt en daarna niet langer de negatieve gevolgen voelt dat het met zich meebrengt. Een gevolg daarvan is dat, onder aanvoer van de exponentiele toename in SCC ten opzichte van 2030, de grasflux een belangrijkere rol krijgt in het aandeel van de totale monetarisatie.

<b>Scenario</b>	<b>Economische waarde</b>	<b>Economische waarde per jaar</b>
Geen verandering	126.287,12\$/ha	1.578,59\$/ha/jr
Verandering in 2070	78.754,91\$/ha	984,44\$/ha/jr
Verandering in 2050	59.087,75\$/ha	738,60\$/ha/jr
Verandering in 2030	53.315,63\$/ha	666,45\$/ha/jr

We kunnen besluiten dat indien de vegetatieverandering zich voordoet voor 2070, het gebied de 40% van zijn waarde zal verliezen ten opzichte van wanneer er zich geen vegetatieverandering voordoet. Indien de verandering zich voor 2050 voordoet, verliest het gebied meer dan de helft van zijn oorspronkelijke waarde.





## Hoofdstuk 10: Invloed van koolstofvastlegging op economische waardering

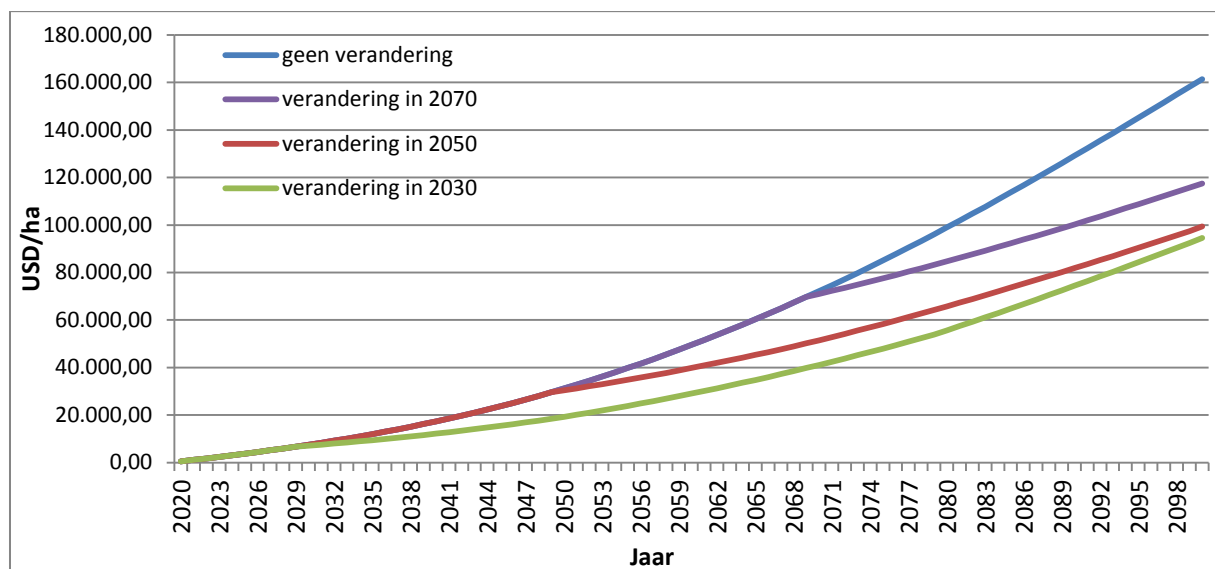
In dit hoofdstuk staan de verschillen in koolstofvastlegging centraal. In vijf modellen worden de verschillen in CO<sub>2</sub>-flux en bodemstock belicht en hun invloed op de economische waardering van heide. Voor de verschillen in CO<sub>2</sub>-flux refereren we naar Tabel 6, de verschillen in bodemstock voor de modellen 'Bodemstock Hoog' en 'Bodemstock Laag' worden in onderstaande tabel weergegeven:

Model	Bodemstock heide	Bodemstock gras
<b>Basismodel</b>	329,63	251,53
<b>Bodemstock Hoog</b>	378,77	254,47
<b>Bodemstock Laag</b>	330,00	270,97

Tabel 7: Verschillen in bodemstock tussen de verschillende modellen.  
Bron: (Emmett et al., 2010)

### I. Model 'Glensaugh'

Het 'Glensaugh' model is op alle vlakken identiek aan het basismodel, behalve qua CO<sub>2</sub>-flux. De flux in dit model is gebaseerd op het Glensaugh heidegebied dat als observatie wordt gebruikt door Quin et al. (2015). De heidespecifieke karakteristieken zijn beschreven in Tabel 6. De observaties uit de studie worden overgenomen in dit model: een jaarlijkse flux van 16,17 ton CO<sub>2</sub>/ha voor heide en een jaarlijkse flux van 10,05 ton CO<sub>2</sub>/ha voor grassen. Dit zijn relatief hoge flux-waarden voor zowel heide als gras. Overige factoren zoals bodemstock en SCC zijn in dit model hetzelfde als in het basismodel.



Figuur 8: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Glensaugh' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).

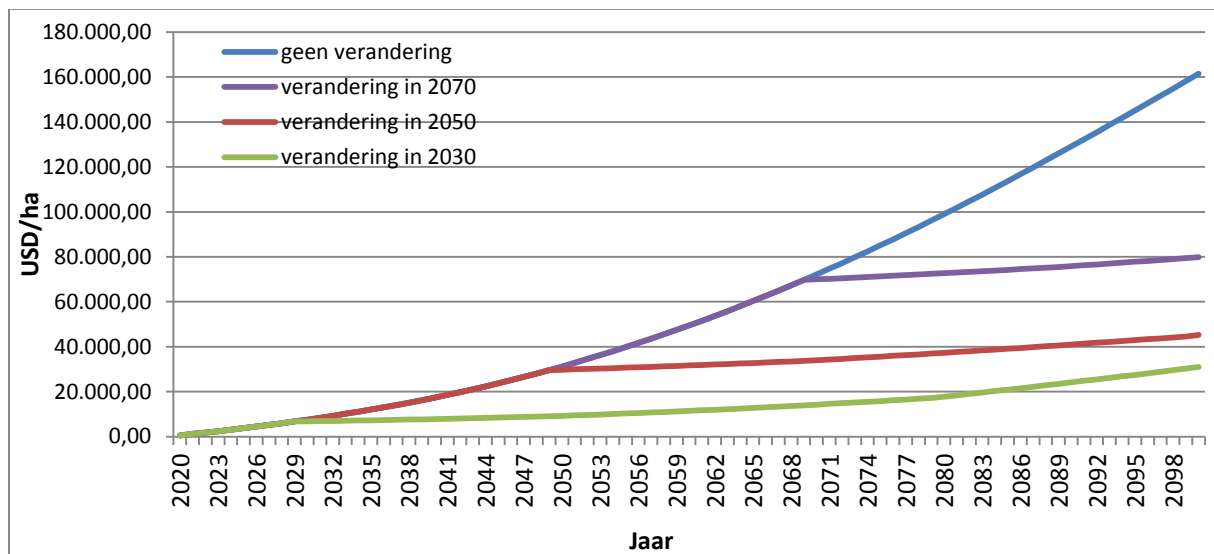
Aangezien dit model hogere fluxes aangeeft voor zowel heide als gras, is het niet verwonderlijk dat in dit model de economische waarde in het algemeen hoger ligt ten opzichte van het basismodel.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	161.427,89\$/ha	2.017,85\$/ha/jr
Verandering in 2070	117.470,96\$/ha	1.468,39\$/ha/jr
Verandering in 2050	99.365,59\$/ha	1.242,07\$/ha/jr
Verandering in 2030	94.484,39\$/ha	1.181,05\$/ha/jr

Ook hier zien we het verschijnsel dat de laatste twee scenario's dicht bij elkaar uitkomen, om dezelfde reden als in het basismodel. Dit model genereert relatief hoge waarden voor de koolstofvastlegging en bekommt daarbij een hogere economische waarde. Verder gaat de verhouding van het basismodel (100% - 50% - 33%) in dit model niet op, alle waarden blijven binnen de 50% van het eerste scenario.

## II. Model 'Glen Tanar'

Het model 'Glen Tanar' is ook gebaseerd op de observaties van Quin et al. (2015) uit het gelijknamige natuurgebied in het Verenigd Koninkrijk. De heidespecifieke kenmerken zijn beschreven in Tabel 6. De CO<sub>2</sub>-flux voor heide is in dit model identiek aan het 'Glensaugh' model, namelijk 16,17 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar. De jaarlijkse koolstofflux voor grassen daarentegen is lager dan in de twee voorgaande modellen met 3,41 ton CO<sub>2</sub> per hectare. Dit resulteert in de volgende grafiek voor de economische waardering:



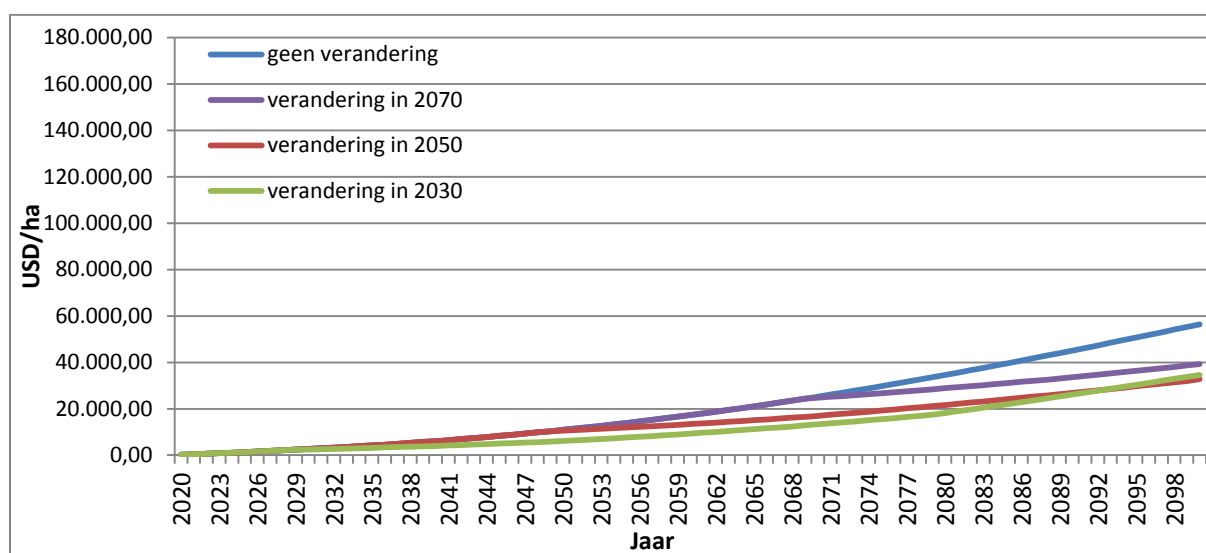
Figuur 9: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Glen Tanar' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).

In dit model heeft de vegetatieverandering een zeer ingrijpend effect op de monetarisatie. Ten opzichte van het scenario zonder verandering, wordt de economische waarde in de andere scenario's minstens gehalveerd of in het scenario van een verandering in 2030 geslonken tot 20%.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	161.427,89\$/ha	2.017,85\$/ha/jr
Verandering in 2070	79.806,93\$/ha	997,59\$/ha/jr
Verandering in 2050	45.235,54\$/ha	565,44\$/ha/jr
Verandering in 2030	30.959,12\$/ha	386,99\$/ha/jr

### III. Model 'Lumphanan'

Ook in het 'Lumphanan' model gebruiken we een verschillende CO<sub>2</sub>-flux. Deze is gebaseerd op de koolstofvastlegging van heide- en grasbodems in het gelijknamige natuurgebied (Quin et al., 2015). De heidespecifieke kenmerken zijn beschreven in Tabel 6. In dit model zijn de fluxes opmerkelijk lager in tegenstelling tot de vorige modellen met een jaarlijkse CO<sub>2</sub>-flux voor heide van 5,65 ton CO<sub>2</sub>/ha en voor gras 4,25 ton CO<sub>2</sub>/ha. Alle andere variabelen zijn *ceteris peribus* met het basismodel.



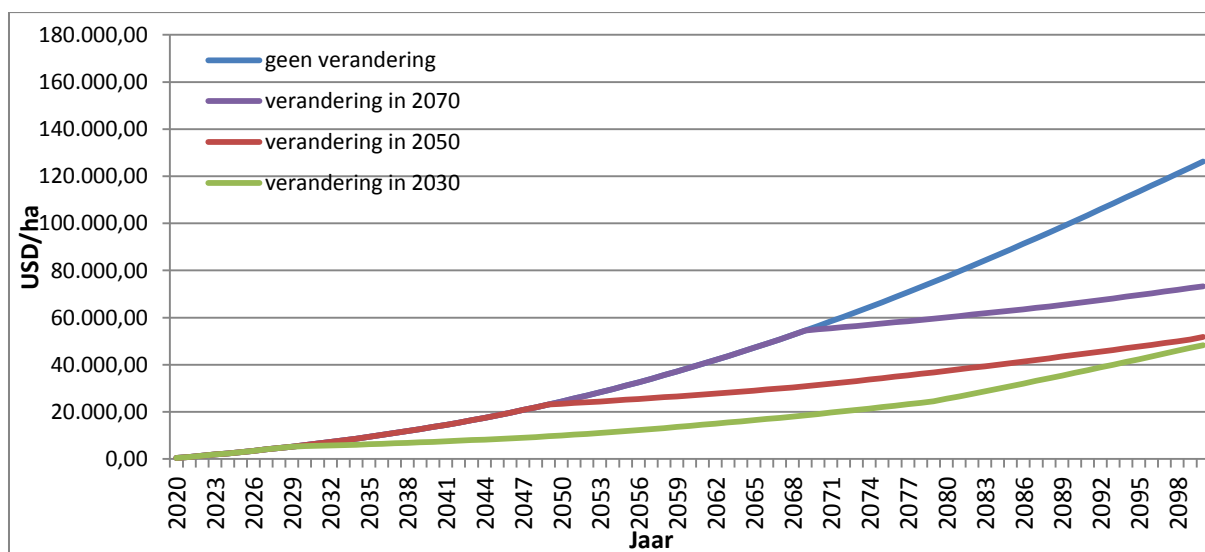
Figuur 10: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Lumphanan' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).

Het 'Lumphanan' model heeft door de lage fluxwaarden ook een lage economische waarde. In het scenario met de hoogste waardering bedraagt de economische waarde een derde van de waarde in de modellen 'Glensaugh' en 'Glen Tanar'. Aangezien de flux een belangrijke component is van de waarderingmethode is dit ook niet verwonderlijk. Verder zien we dat in dit model het 2030-scenario uiteindelijk een hogere waarde aanneemt ten opzichte van het 2050-scenario. Dit komt door de vermindering in bodemstock. Door de lage fluxwaarden wordt dit effect versterkt.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	56.404,92\$/ha	705,06\$/ha/jr
Verandering in 2070	39.221,22\$/ha	490,27\$/ha/jr
Verandering in 2050	32.820,61\$/ha	410,26\$/ha/jr
Verandering in 2030	34.617,95\$/ha	432,72\$/ha/jr

#### IV. Model 'Bodemstock Hoog'

We berekenen ook twee modellen waar we de bodemstock laten variëren. In het basismodel is er een verschil in bodemstock tussen heide en gras is van ongeveer 80 ton CO<sub>2</sub> per hectare. In dit model 'Bodemstock Hoog' gebruiken we observaties uit Emmett et al. (2010). De bodemstock van heidelandschappen fluctueert in dit model rond 378,77 ton CO<sub>2</sub> per hectare in tegenstelling tot 329,63 ton in het basismodel (Tabel 7). De bodemstock van grassen bedraagt 254,47 ton CO<sub>2</sub> per hectare, wat vergelijkbaar is met de waarden die in het basismodel wordt gebruikt. Het verschil in bodemstock bedraagt in dit model 124,30 ton. Net zoals in het basismodel gaat dit verschil in twee fases uit de bodem, de eerste twintig jaar verlaat 2,79675 ton CO<sub>2</sub> jaarlijks de bodem, de volgende dertig jaar is het jaarlijks verlies vastgelegd op 2,27883 ton CO<sub>2</sub>.



Figuur 11: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Bodemstock Hoog' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).

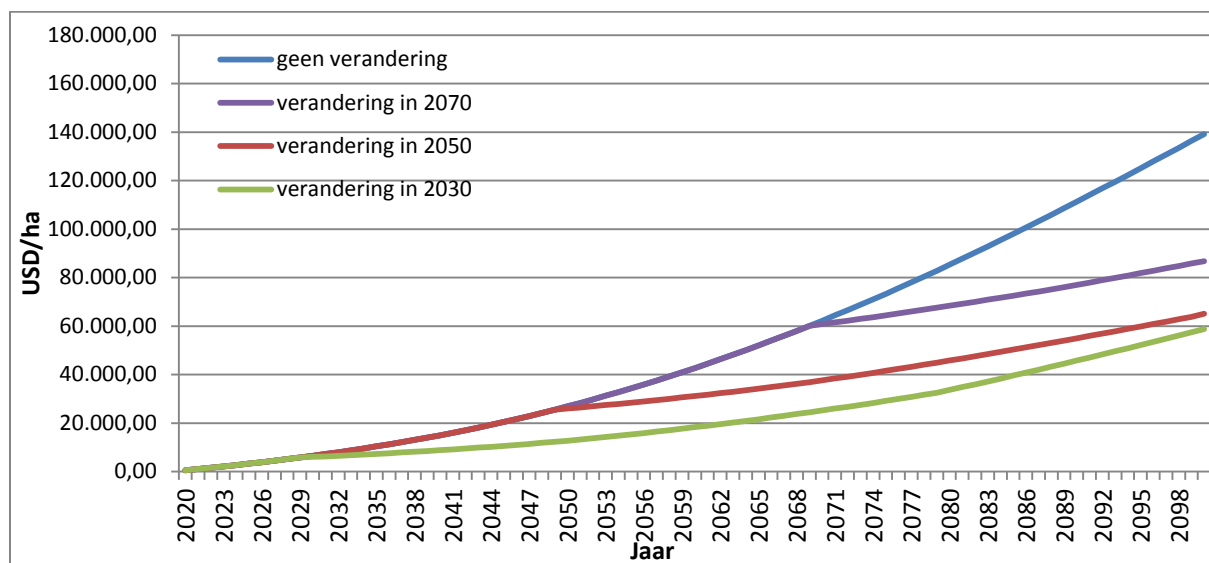
Door het grote verschil in bodemstock liggen de economische waarden lager dan in het basismodel omdat het verschil na vegetatieverandering groter is en daardoor de monetaarisatie ook vermindert. Een ander gevolg hiervan is dat de uitkomsten van de verschillende scenario's, buiten het scenario zonder vegetatieverandering, relatief dicht bij elkaar liggen.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	126.287,12\$/ha	1.578,59\$/ha/jr
Verandering in 2070	73.270,41\$/ha	915,88\$/ha/jr
Verandering in 2050	51.864,20\$/ha	648,30\$/ha/jr
Verandering in 2030	48.334,33\$/ha	604,18\$/ha/jr

De verschillen tussen dit model en het basismodel moeten echter wel gekaderd worden in dit onderzoek. Zo wordt enkel de invloed van klimaatverandering op de koolstofvastlegging onderzocht. Mochten we op dit moment heide uit het basismodel waarderen ten opzichte van heide uit het 'Bodemstock Hoog' model, zou het laatste model een hogere waardering hebben dan in het basismodel (Tabel 7). In het model 'Bodemstock Hoog' wordt meer koolstof opgeslagen in de bodem waardoor de economische waarde hoger ligt. In het geval van klimaatverandering verlaat in dit model ook meer koolstof de bodem, waardoor de economische waarde in dit onderzoek lager ligt.

#### V. Model 'Bodemstock Laag'

Het tweede model met een variatie op de bodemstock is het model 'Bodemstock Laag', de naam verraad al dat in dit model het verschil in bodemstock lager zal liggen dan in de voorgaande modellen. In dit model gaan we uit van een gelijkaardige bodemstock voor heide van 330,00 ton CO<sub>2</sub> per hectare, maar een hogere bodemstock voor gras van 270,97 ton CO<sub>2</sub> per hectare in plaats van 251,53 ton in het basismodel (Tabel 7). Het verschil bedraagt zo nog slechts 59 ton CO<sub>2</sub> per hectare (Emmett et al., 2010). In de eerste fase van twintig jaar verlaat er jaarlijks 1,3275 ton CO<sub>2</sub> de bodem, in de tweede fase van dertig jaar bedraagt het verlies 1,0817 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar. In het basismodel bedragen deze jaarlijkse verliezen respectievelijk 1,7555 en 1,4300 ton CO<sub>2</sub> per hectare.



Figuur 12: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Bodemstock Laag' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).

De uitkomsten in dit model zijn licht hoger dan in het 'Bodemstock Hoog' model, door het feit dat er minder verschil is in de bodemstock en dus de het verlies ten opzichte van het scenario zonder vegetatieverandering beperkter is voor dit model. Dit model komt hoger uit dan het basismodel maar de verschillen zijn zeer beperkt.

<b>Scenario</b>	<b>Economische waarde</b>	<b>Economische waarde per jaar</b>
Geen verandering	126.287,12\$/ha	1.578,59\$/ha/jr
Verandering in 2070	81.008,03\$/ha	1.012,60\$/ha/jr
Verandering in 2050	62.053,81\$/ha	775,67\$/ha/jr
Verandering in 2030	55.360,85\$/ha	692,01\$/ha/jr

Ook in dit model is het belangrijk de waarden te kaderen binnen het onderzoeksopzet van deze studie. We meten enkel de invloed van klimaatverandering op de koolstofvastlegging. Mochten we op dit moment heide uit het basismodel waarderen ten opzichte van heide uit het 'Bodemstock Laag' model, zou de waardering van beide modellen gelijkaardig zijn. De bodemstock voor heide is namelijk vergelijkbaar. Maar aangezien bij een vegetatieverandering door klimaatverandering de heide verandert in gras, ligt economische waardering hoger in het model 'Bodemstock Laag', aangezien in dat model de bodemstock van gras hoger is dan in het basismodel (Tabel 7). Dit is wat onderzocht wordt in deze studie.

## Hoofdstuk 11: Invloed van de *social cost of carbon* op economische waardering

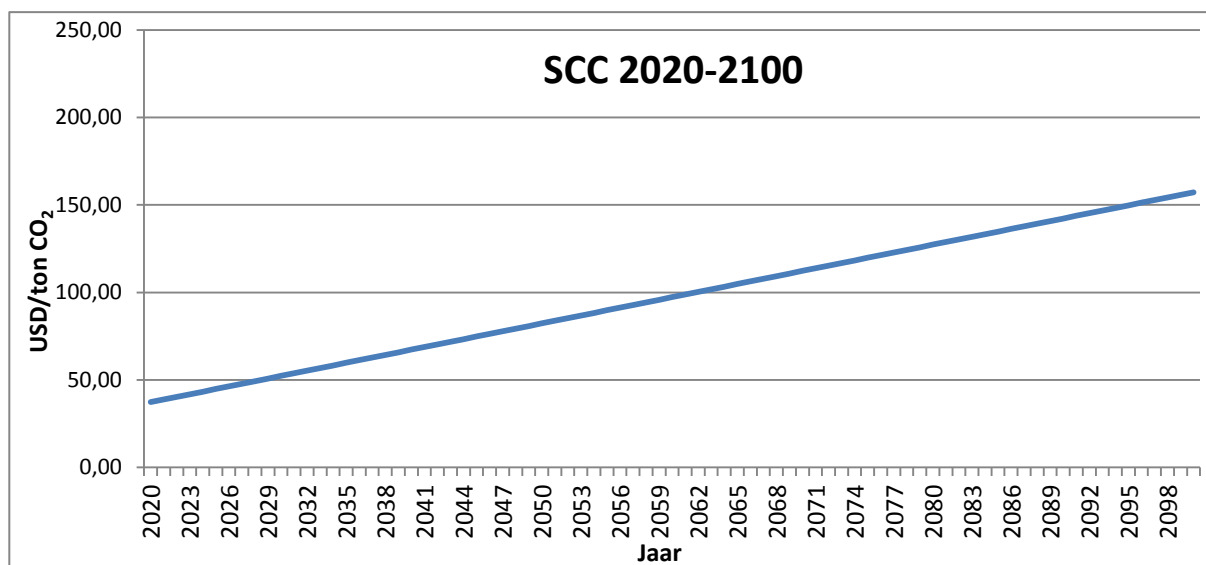
In dit hoofdstuk worden acht modellen voorgesteld die elk een andere benadering hebben betreffende de *social cost of carbon*. In onderstaande tabel worden de verschillende SCC-schattingen weergegeven, allen uitgedrukt in 2007 US\$, op het model 'Europa' na dat met een reële marktwaarde(\*) werkt:

Model	SCC in 2020	SCC in 2100	Discontovoet
<b>Basismodel</b>	\$ 35,47	\$ 204,28	3%
<b>Yang</b>	\$ 35,47	\$ 155,47	1,5%
<b>Tol</b>	\$ 39,10	\$ 225,18	variabel
<b>Europa</b>	\$ 31,00	\$ 200,26	*
<b>Verenigde Staten</b>	\$ 42,00	\$ 114,49	3%
<b>DICE/FUND</b>	\$ 30,00	\$ 172,77	3%
<b>5% verdiscontering</b>	\$ 22,60	\$ 101,63	5%
<b>Stern</b>	\$ 85,00	\$ 484,32	0,1%
<b>High impact</b>	\$ 123,00	\$ 328,59	3%

Tabel 8: Start- en eindwaarden van de verschillende SCC-schattingen en hun discontovoet.

### I. Model 'Yang'

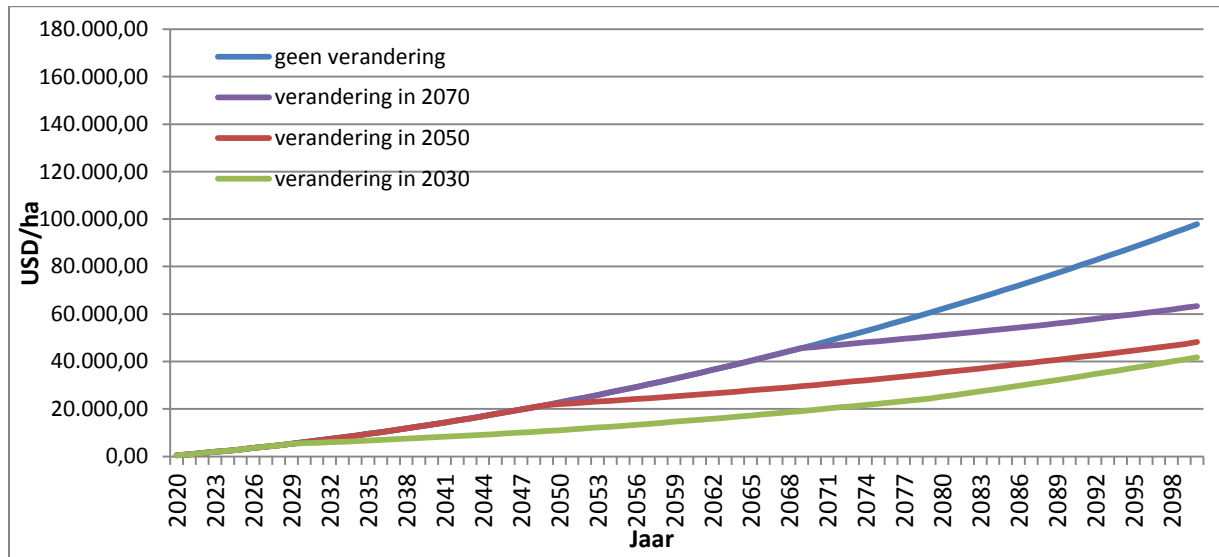
Yang et al. (2018) gebruikte het DICE-model als ruggengraat van hun SCC-berekening. De SCC begint op hetzelfde niveau als het basismodel met 35,47\$/ton CO<sub>2</sub> in 2020, het verschil zit in de evolutie. Daar waar het basismodel gebruikt maakt van een exponentiele groei met een variabel degressief groeiritme, wordt er in dit model een lineaire groei voorgesteld waarbij de SCC-waarde elk jaar met 1,50\$ verhoogt. Op die manier komen in 2100 uit op een SCC-waarde van 155,47\$/ton CO<sub>2</sub>. De discontovoet in dit model bedraagt 1,5%.



Figuur 13: Verloop van SCC waarden in het 'Yang' model (2020-2100).



De andere factoren zijn identiek aan die van het basismodel, met de gemiddelde waarden van Quin et al. (2015) geïmplementeerd. Daaruit vloeien de volgende economische waarden voort:



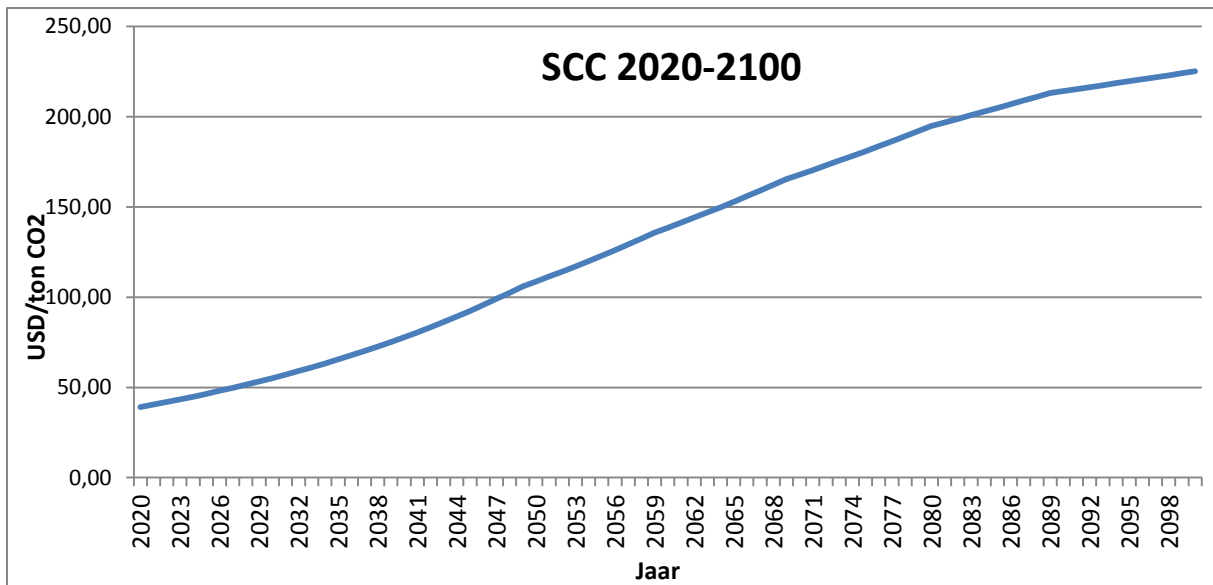
Figuur 14: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Yang' model voor de verschillende scenario's (2020-2100)

Dit model geeft dezelfde trend aan als de voorgaande modellen. In het optimale scenario komen we uit rond 100.000\$ en voor de andere scenario's zien we ongeveer hetzelfde verloop terugkomen als in het basismodel. Door de lage SCC-waarden naarmate de tijd vordert, zijn de uitkomsten ook lager dan bij andere modellen met een normale *flux*-waarde.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	97.823,34\$/ha	1.222,79\$/ha/jr
Verandering in 2070	63.294,12\$/ha	791,18\$/ha/jr
Verandering in 2050	48.215,25\$/ha	602,69\$/ha/jr
Verandering in 2030	41.791,90\$/ha	522,40\$/ha/jr

## II. Model 'Tol'

Het 'Tol' model gebruikt een andere SCC berekeningsmethode. De SCC-waarden zijn gebaseerd op de meta-analyse van R. S. Tol (2007). De degressieve groeimethode is echter hetzelfde als in het basismodel met een initiële groei van 3,5% per jaar die evolueert naar 0,5% tegen 2100. Het verschil tussen de twee modellen is de beginwaarde in 2020. Daar waar in het basismodel dit 35,47\$/ton CO<sub>2</sub> is, is dit in het 'Tol' model 39,10\$/ton CO<sub>2</sub>. Dit relatief klein verschil loopt door de groeimethode op tot meer dan 20\$/ton CO<sub>2</sub> in 2100. Aangezien de SCC is gebaseerd op een meta-analyse is er geen vaste discontovoet, wel kunnen we stellen dat dit geen abnormale discontovoet is door de aard van de analyse.



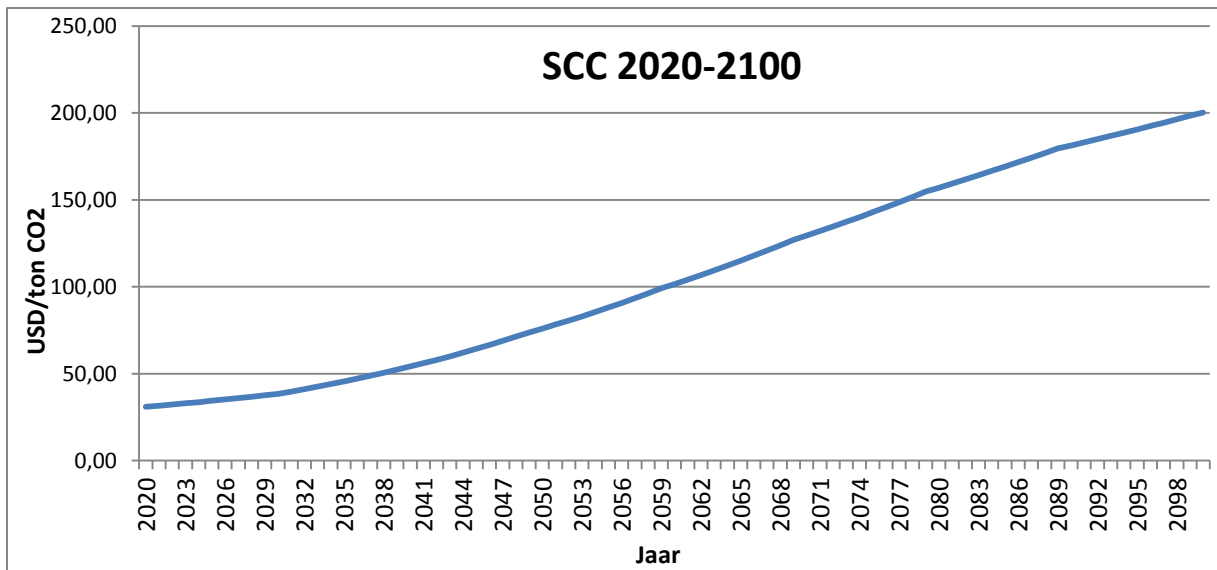
Figuur 15: Verloop van SCC-waarden in het 'Tol' model (2020-2100).

Aangezien dit het enige noemenswaardige verschil is tussen dit model en het basismodel is de verdeling van de monetarisatie dan ook gelijklopend met die van het basismodel:

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	139.211,35\$/ha	1.740,14\$/ha/jr
Verandering in 2070	86.816,61\$/ha	1.085,21\$/ha/jr
Verandering in 2050	65.136,16\$/ha	814,20\$/ha/jr
Verandering in 2030	58.772,78\$/ha	734,66\$/ha/jr

### III. Model 'Europa'

Het 'Europa' model is niet gebaseerd op de wetenschappelijke literatuur maar op Europese wetgeving en marktwerking. Sinds 2008 vaardigt de Europese Unie ETS-certificaten uit per ton CO<sub>2</sub> die bedrijven uitstoten. Dit model is dan ook gebaseerd op het verloop van de markt het afgelopen jaar en de vermindering in het aantal certificaten dat in omloop zal zijn. De Europese Unie heeft beslist dat vanaf 2021 elk jaar 2,2% van de certificaten uit het marktsysteem zullen worden gehaald. Daarmee is er in dit model rekening gehouden met een stijging van 2,2% in de SCC waarden tussen 2021 en 2030. Daarna zal dit model het degressieve groeiemodel volgen dat gebruikt is in het basismodel. De startwaarde voor de SCC in dit model is 31\$/ton CO<sub>2</sub> gezien de huidige waarde reeds 28\$/ton CO<sub>2</sub> (omgerekend €25) bedraagt en er geen daling in de prijs wordt verwacht de komende jaren.



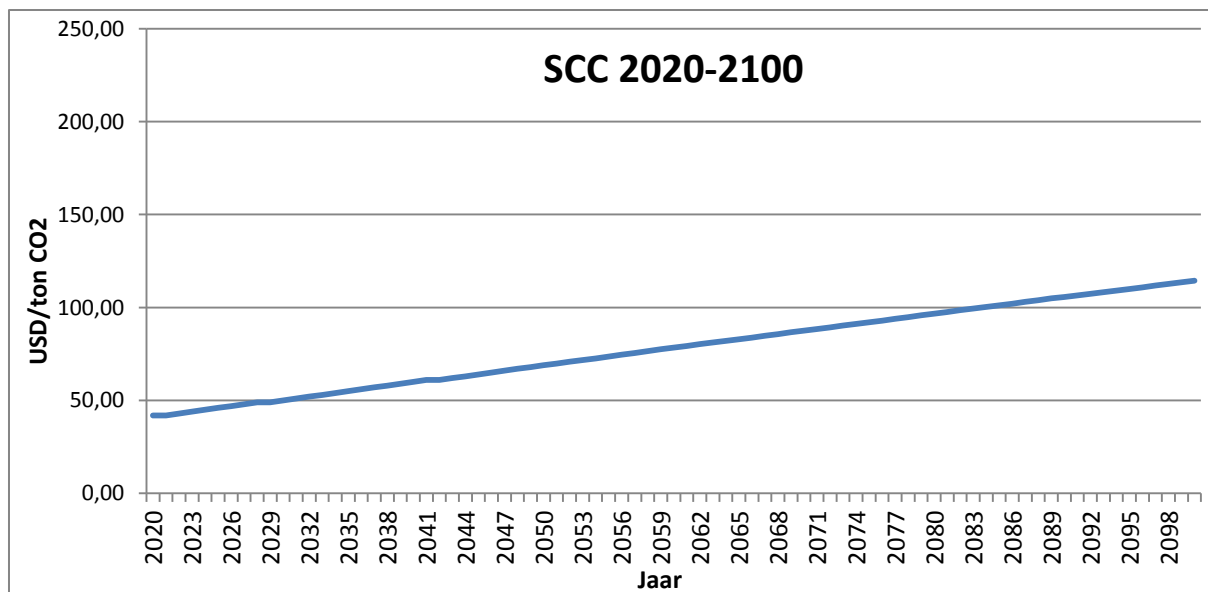
Figuur 16: Verloop van SCC-waarden in het 'Europa' model (2020-2100).

In dit model zien we dat de economische waarden structureel lager liggen ten opzichte van het basismodel, de SCC-waarden zijn dan ook lager. De verliezen tussen de scenario's liggen wel gelijklopend met het basismodel, omdat de *social cost of carbon* bijna over de hele periode 2020-2010 dezelfde groeivoet volgt.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	109.160,64\$/ha	1.364,51\$/ha/jr
Verandering in 2070	65.665,65\$/ha	820,82\$/ha/jr
Verandering in 2050	49.871,48\$/ha	623,39\$/ha/jr
Verandering in 2030	46.387,64\$/ha	579,85\$/ha/jr

#### IV. Model 'Verenigde Staten'

Het model 'Verenigde Staten' is structureel verschillend van de voorgaande modellen die andere SCC-waarden gebruikten dan het basismodel. De Amerikaanse regering heeft namelijk zelf een model ontwikkeld dat de *social cost of carbon* vastlegt tot en met 2050. Deze hebben een andere groeivoet dan de voorgaande modellen en leunt meer aan bij het 'Yang' model aangezien in dat model de SCC-waarden zich ook lineair verhouden. De gebruikte discontovoet in dit model bedraagt 3% en de SCC-waarden zijn uitgedrukt in 2007 US\$.



Figuur 17: Verloop van SCC-waarden in het 'Verenigde Staten' model (2020-2100).

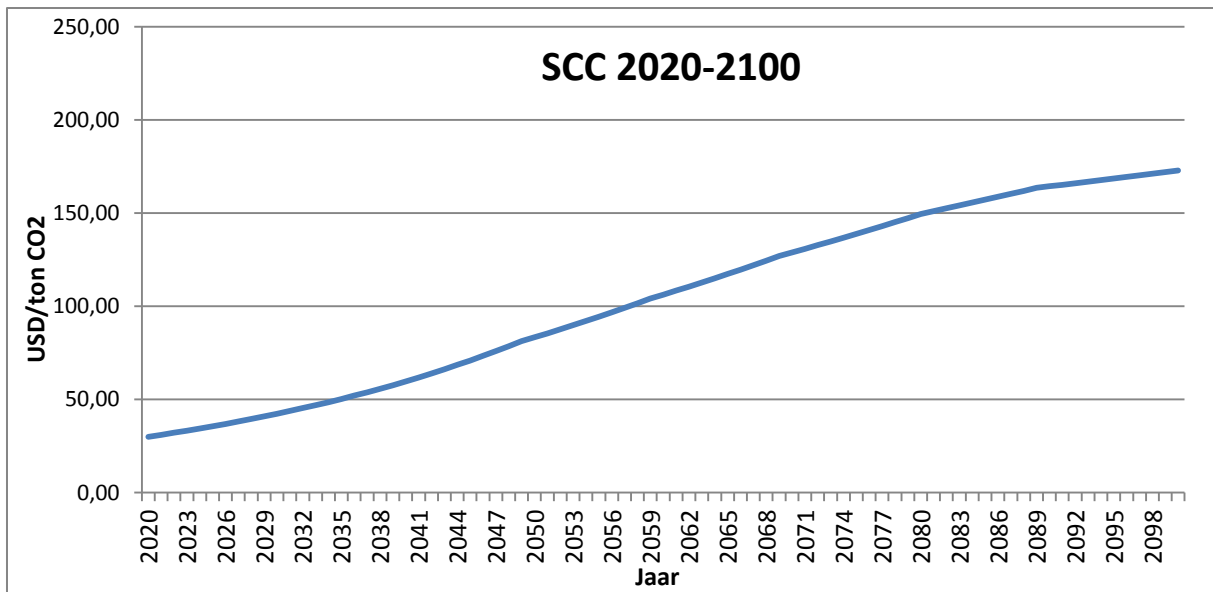
Dit model kent een relatief hoge startwaarde met 42,00\$/ton CO<sub>2</sub> in 2020, de eindwaarde in 2100 is echter het laagste van alle modellen met een discontovoet van 3% met 114,49\$/ton CO<sub>2</sub>.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	80.056,47\$/ha	1.000,71\$/ha/jr
Verandering in 2070	53.789,97\$/ha	672,37\$/ha/jr
Verandering in 2050	41.337,09\$/ha	516,71\$/ha/jr
Verandering in 2030	34.776,12\$/ha	434,70\$/ha/jr

De uitkomsten liggen daardoor ook een stuk lager dan in de andere modellen met een afwijkende SCC-berekening ten opzichte van het basismodel. Het verloop ligt ongeveer hetzelfde als in de andere modellen.

#### V. Model 'DICE/FUND'

Het model 'DICE/FUND' is gebaseerd op de studie van Rose et al. (2017) over de verschillen en overeenkomsten tussen de verschillende *Integrated Assessment Models*. Hierin worden twee belangrijke modellen, DICE en FUND, samengenomen om tot een SCC-berekening te komen. Hierin wordt uitgegaan van een waarde van 30\$/ton CO<sub>2</sub> in 2020 met een verdiscontering van 3%. Na de startwaarde wordt de degressieve groeivoet van in het basismodel gevolgd.



Figuur 18: Verloop van SCC-waarden in het 'DICE/FUND' model (2020-2100).

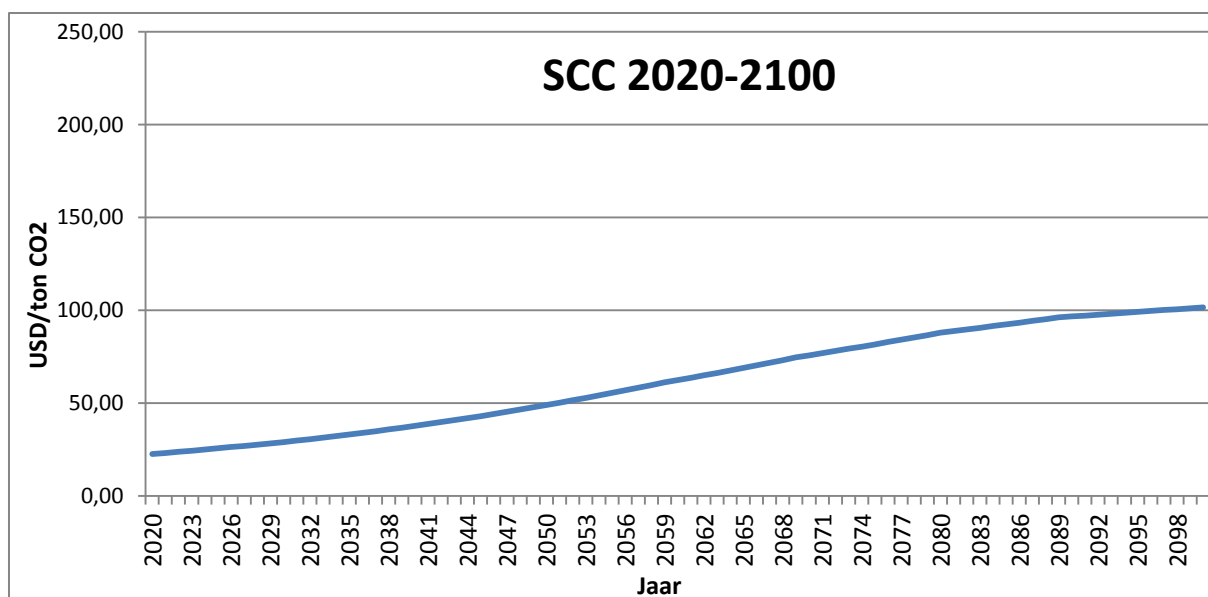
Door de lage startwaarde zijn de uitkomsten navenant, met monetaisatiewaarden die onder het basismodel zitten in alle scenario's. Verder is ook het verloop van de waardering gelijklopend met de andere modellen. Opmerkelijk is wel dat de uitkomsten zeer parallel lopen met die uit het model 'Europa', ondanks het feit dat er qua SCC-eindwaarde in 2100 een verschil van bijna 30\$/ton CO<sub>2</sub> is.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	106.811,77\$/ha	1.335,15\$/ha/jr
Verandering in 2070	66.611,21\$/ha	832,64\$/ha/jr
Verandering in 2050	49.976,59\$/ha	624,71\$/ha/jr
Verandering in 2030	45.094,21\$/ha	563,68\$/ha/jr

#### VI. Model '5% verdiscontering'

Zoals de naam al verradt, hebben we in dit model een discontovoet van 5% toegepast op de SCC-waarden. Een dergelijke verdiscontering wordt vaak gebruikt als algemene economische discontovoet aangezien ze ongeveer overeenkomt met het rendement op een Amerikaanse staatsbon. De discontovoet wordt echter zelden gebruikt in dit studiegebied, de Amerikaanse overheid heeft wel berekeningen gemaakt voor deze discontovoet en deze waarden worden overgenomen voor het berekenen van de *social cost of carbon* in dit model. De SCC start op 22,60\$/ton CO<sub>2</sub> in 2020 en komt uit op 101,63\$ in 2100, uitgedrukt in 2007 US\$. Hiermee heeft dit model de laagste SCC-waarden van alle modellen in dit onderzoek.

Buiten het feit dat dit model een meerwaarde is bij het in kaart brengen van de verschillende factoren die meespelen in het economisch waarderen van heide, en natuur in het algemeen, is dit ook een interessant model omdat de huidige Amerikaanse regering hun SCC-verdiscontering willen optrekken van 3% naar 5% (Malakoff, Service, & Cronwall, 2016).



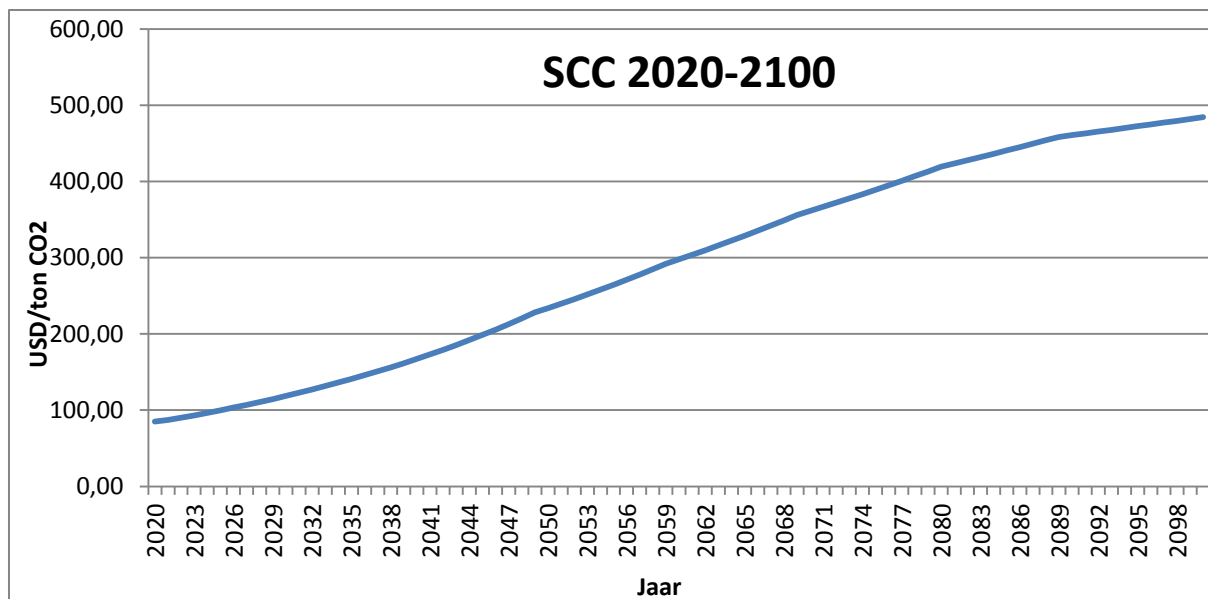
Figuur 19: Verloop van SCC-waarden in het '5% verdiscontering' model (2020-2100).

Met dergelijk lage SCC-waarden mag het niet verwonderen dat de economische waardering van de heidelandschappen ook lager ligt dan in andere modellen. Aangezien de inputwaarden ook van de Amerikaanse overheid komen, zoals in het model 'Verenigde Staten', lopen de waarden parallel. De waardering in dit model is grofweg driekwart van de waardering in het model 'Verenigde Staten'.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	64.055,27\$/ha	800.69\$/ha/jr
Verandering in 2070	40.408,25\$/ha	505,10\$/ha/jr
Verandering in 2050	30.623,94\$/ha	382,80\$/ha/jr
Verandering in 2030	27.327,02\$/ha	341,59\$/ha/jr

## VII. Model 'Stern'

In de literatuur hebben we reeds gesproken over de *reviews* van Nicholas Stern. Daarom gebruiken we ook zijn input in de empirische studie. In tegenstelling tot zo goed als alle voorgaande modellen, gebruiken we in het model 'Stern' een zeer lage verdisconteringsgraad. De gebruikte discontovoet bedraagt 0,10%. Voor dit model gebruiken we echter aangepaste waarden voor de *social cost of carbon*, aangezien de meest brede versie van Stern's SCC-berekeningen een startwaarde in 2020 heeft die meer dan 200\$ per ton CO<sub>2</sub> bedraagt (William D. Nordhaus, 2017) (R. S. Tol, 2007). Een waarde die hoger daarmee ligt dan de meeste eindwaarden in 2100 in zo goed als alle voorgaande modellen. Deze waarden worden dan ook eerder als uitschieters gezien en daarom gebruiken wij in dit model meer genuanceerde waarden. De startwaarde voor dit model is 85,00\$/ton CO<sub>2</sub> (Hope, 2013) (Van Den Bergh & Botzen, 2014). We gebruiken dezelfde degressieve groeivoet als in het basismodel. Op deze manier geraken we aan een SCC-waarde van 489,53\$ per ton CO<sub>2</sub> in 2100, de hoogste eindwaarde van alle gebruikte modellen.



Figuur 20: Verloop van SCC-waarden in het 'Stern' model (2020-2100).

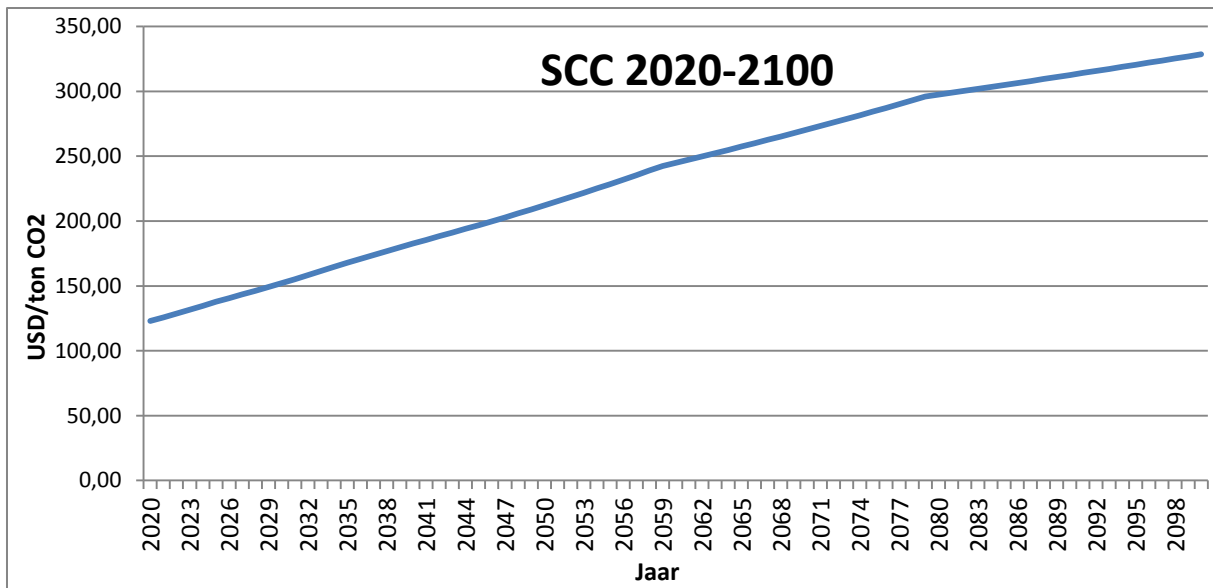
Met een dergelijk hoge SCC-waarden, is ook de economische waardering in dit model zeer hoog. In dit model is de waardering in elk scenario de hoogste over alle modellen heen. In het scenario zonder vegetatieverandering bereikt de economische waardering van de koolstofvastlegging zelfs bijna 300.000\$ per hectare over een periode van 80 jaar.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	299.428,85\$/ha	3.742,85\$/ha/jr
Verandering in 2070	186.733,21\$/ha	2.334,17\$/ha/jr
Verandering in 2050	140.103,90\$/ha	1.751,30\$/ha/jr
Verandering in 2030	126.418,64\$/ha	1.580,23\$/ha/jr

#### VIII. Model 'High Impact'

Het model 'High Impact' is het derde model dat gebruikmaakt van inputwaarden die beschikbaar zijn gesteld door de Amerikaanse overheid. In de vorige modellen maakten we gebruik van de hoge en centrale verdisconteringsgraad van 5% en 3%. In dit model gaan we uit van de zogenaamde *high impact social cost of carbon*. Dit is het 95<sup>e</sup> percentiel op de centrale 3% verdisconteringsvoet. Hiervoor wordt een grotere impact op het klimaat verwacht en bijgevolg zijn de SCC-waarden in dit model dan ook een stuk hoger dan in het centrale model 'Verenigde Staten'.

Dit model heeft de hoogste startwaarde van alle modellen van 123,00\$/ton CO<sub>2</sub>. Ter vergelijking, deze startwaarde is hoger dan de eindwaarde in 2100 van het model 'Verenigde Staten'. De eindwaarde van dit model is 328,59\$/ton CO<sub>2</sub>, uitgedrukt in 2007 US\$.



Figuur 21: Verloop van SCC-waarden in het 'High Impact' model (2020-2100).

De resultaten van de economische waardering zijn in dit model de op een na hoogste van alle modellen. Door de hoge startwaarde worden de scenario's met een vroege vegetatieverandering relatief hoog gewaardeerd.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	242.997,12\$/ha	3.037,46\$/ha/jr
Verandering in 2070	164.205,85\$/ha	2.052,57\$/ha/jr
Verandering in 2050	125.482,31\$/ha	1.568,53\$/ha/jr
Verandering in 2030	105.144,89\$/ha	1.314,31\$/ha/jr

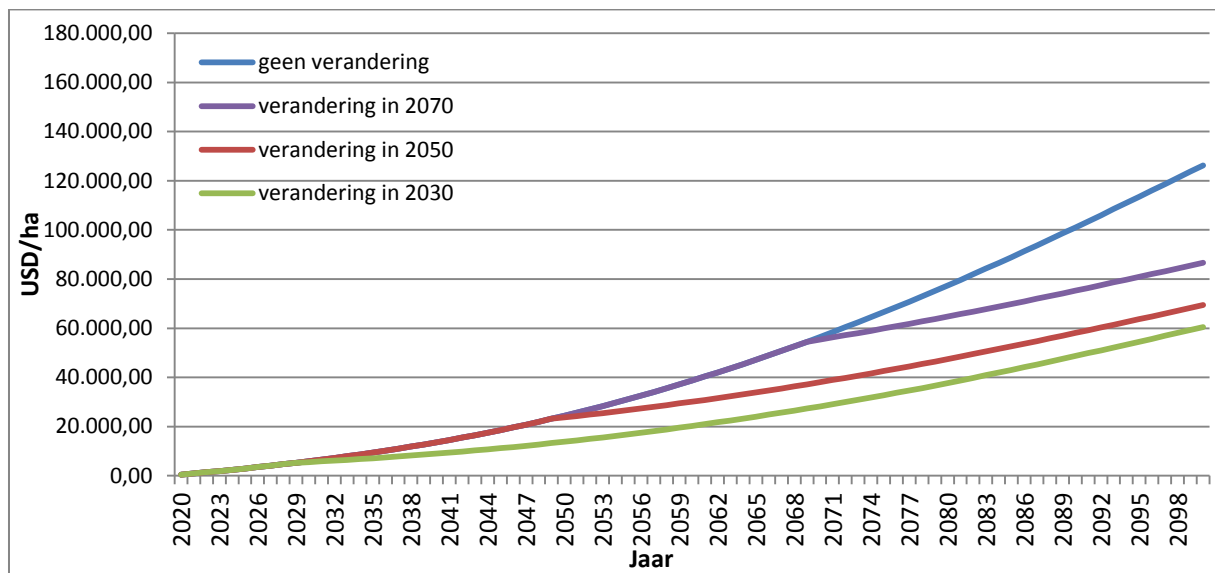




## Hoofdstuk 12: Invloed leeftijd op economische waardering

Zoals reeds vermeld in de literatuurstudie, kunnen we een onderscheid maken in heidelandschappen op basis van leeftijd (G. R. Kopittke et al., 2013). Ze kunnen opgedeeld worden in drie categorieën: jong (11 jaar), middel (18 jaar) en oud (27 jaar). Aangezien in de modellen 'Glensaugh', 'Glen Tanar' en 'Lumphanan' reeds heide bestudeerd werd die kan worden ingedeeld in de categorie 'jong' of 'middel' (Tabel 6), onderzoeken we in dit model de specifieke invloed van 'oude' heide. Bij 'oude' heide zien we een significant verschil met de andere leeftijdscategorieën, waaronder een bodemstock van om en bij de 263 ton CO<sub>2</sub>/ha.

We merken meteen op dat het verschil tussen de 'oude' bodemstock (262,9 ton CO<sub>2</sub>/ha) en de gras bodemstock (251,5 ton CO<sub>2</sub>/ha) ernstig is geslonken in vergelijking met de 'normale' bodemstock van heide. Dit heeft dan ook gevolgen op de economische waardering van koolstofvastlegging:



Figuur 22: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Oud' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).

We zien dat de waardering na de vegetatieverandering niet langer de gestage groei kan aanhouden als in het scenario zonder verandering. Toch blijft de groei in de nasleep van de vegetatieverandering relatief sterk. In dit model zijn de waarden in de veranderingsscenario's dan ook één van de hoogste. Vermeldenswaardig is dat als we het basismodel als referentie nemen voor 'jonge' en 'middel' heide, dat dit model een hogere waardering geeft in de veranderingsscenario's dan bij jongere heidelandschappen.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	126.287,12\$/ha	1.578,59\$/ha/jr
Verandering in 2070	86.648,31\$/ha	1.083,10\$/ha/jr
Verandering in 2050	69.481,45\$/ha	868,52\$/ha/jr
Verandering in 2030	60.482,79\$/ha	756,03\$/ha/jr

Ook in dit model is het belangrijk de waarden te kaderen binnen het onderzoeksopzet van deze studie. We meten enkel de invloed van klimaatverandering op de koolstofvastlegging. Mochten we op dit moment heide uit het basismodel waarderen ten opzichte van heide uit het 'Oude' model, zou de waardering van basismodel hoger zijn. De bodemstock voor heide is in model 'Oud' namelijk lager dan in het basismodel (Kopttike et al., 2013). In het geval van klimaatverandering verlaat in dit model ook minder koolstof de bodem, waardoor de economische waarde in dit onderzoek hoger ligt.

## Hoofdstuk 13: Invloed heidebeheer op economische waardering

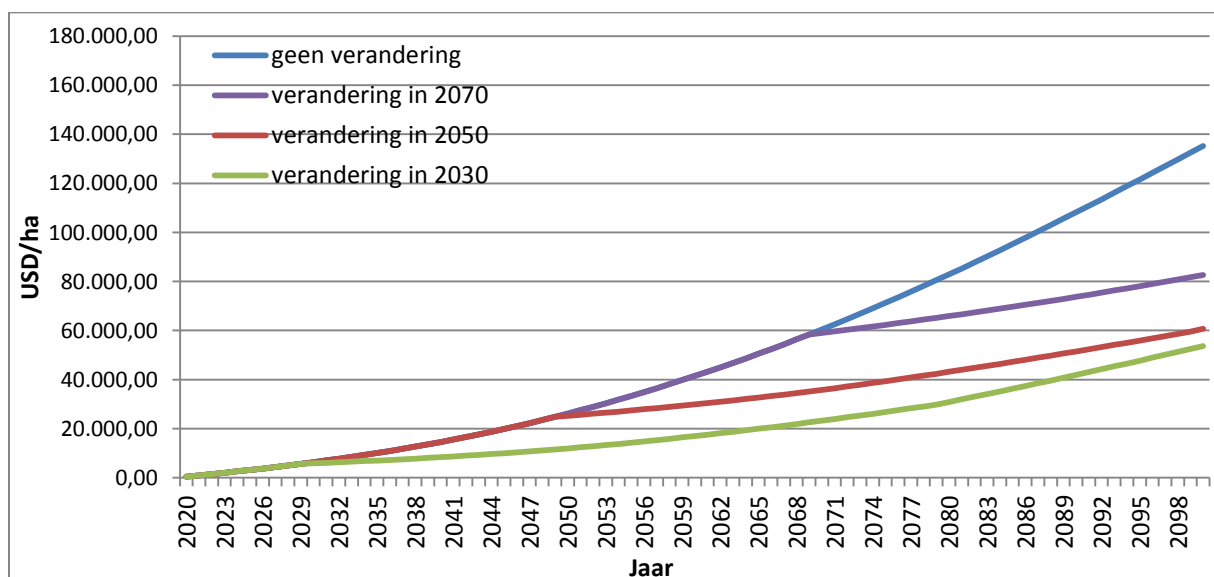
Dit hoofdstuk bestaat uit twee modellen waar de invloed van heidebeheer op de economische waardering van heide wordt onderzocht. Er werd uitgegaan van een model waar heidebeheer een minimale invloed heeft op de koolstofvastlegging, in het andere model is de invloed maximaal. De fluxes worden in de volgende tabel weergegeven:

Model	CO <sub>2</sub> -flux heide	CO <sub>2</sub> -flux gras
Basismodel	12,650 ton CO <sub>2</sub> /ha/jr	5,900 ton CO <sub>2</sub> /ha/jr
Heidebeheer I	13,548 ton CO <sub>2</sub> /ha/jr	5,900 ton CO <sub>2</sub> /ha/jr
Heidebeheer II	17,804 ton CO <sub>2</sub> /ha/jr	5,900 ton CO <sub>2</sub> /ha/jr

Tabel 9: Invloed van heidebeheer op koolstofvastlegging in de verschillende modellen.  
Bron: (Dixon et al., 2015)

### I. Model 'Heidebeheer I'

In het model 'Heidebeheer I' gaan we ervan uit dat er aan heidebeheer wordt gedaan voor een bepaald heidegebied. Onderzoek heeft aangetoond dat goed onderhouden heide meer koolstof weet vast te leggen en dus een hogere CO<sub>2</sub>-flux heeft ten opzichte van het niet-beheerde heide, in het basismodel bijvoorbeeld (Dixon et al., 2015). In dit model gaan we van heidebeheer uit, maar dat deze voordelen voor de CO<sub>2</sub>-flux minimaal zijn. We gaan uit van een stijging van 10 centimeter qua hoogte voor de heideplanten. Volgens Dixon et al. (2015) zou dit  $0,829 \pm 0,583 \text{ g CO}_2 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$  moeten opleveren. Uitgaand van een minimale stijging komt dit neer op  $0,246 \text{ g CO}_2 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$ , omgerekend 0,898 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar. Daarmee komen we uit op een totale flux voor heide van 13,548 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar. De gras-flux blijft ongewijzigd ten opzichte van het basismodel (Tabel 9). Ook de andere factoren zijn *ceteris paribus* met het basismodel.



Figuur 23: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Heidebeheer I' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).

We zien dat de economische waardering licht hoger ligt dan in het basismodel, de verschillen zijn echter relatief klein door de minimale verandering in flux ten opzichte van het basismodel. Vooral

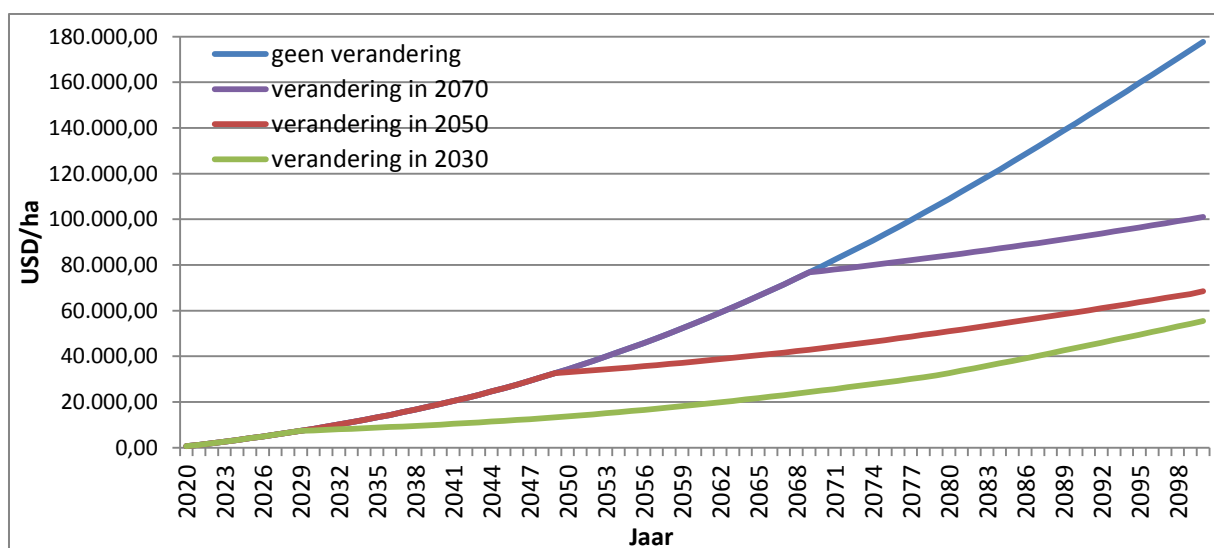
in de scenario's met vegetatieverandering in 2030 of 2050 zijn de verschillen minimaal omdat de gras-*flux* hetzelfde is als in het basismodel en dus ook een groot deel van de waardering in deze scenario's gelijkloopt. In het scenario zonder vegetatieverandering bedraagt het verschil met het basismodel 10.000\$/ha.

Scenario	Economische waarde	Economische waarde per jaar
Geen verandering	135.251,01\$/ha	1.690,64\$/ha/jr
Verandering in 2070	82.625,65\$/ha	1.032,82\$/ha/jr
Verandering in 2050	60.731,86\$/ha	759,15\$/ha/jr
Verandering in 2030	53.689,25\$/ha	671,12\$/ha/jr

Toch is het belangrijk om te benadrukken dat in deze heidebeheer-modellen enkel de economische waarde van de koolstofvastlegging wordt berekend. We weten dat de kost voor het beheer van heide en het beheer van gras duidelijk verschillen (Hampton, 2008). Deze kosten worden niet mee opgenomen in deze modellen, maar zullen wel mee in rekening worden genomen voor de conclusie.

## II. Model 'Heidebeheer II'

Daar waar we in het 'Heidebeheer I' nog uit gingen van minimale stijgingen in de CO<sub>2</sub>-*flux* door heidebeheermaatregelen, gaan we in het tweede model uit van maximale stijgingen. We maken opnieuw de assumptie dat de heideplanten in dit geval 10 centimeter groter zijn dan in het basismodel en dat dit een stijging in CO<sub>2</sub>-*flux* teweegbrengt zoals beschreven door Dixon et al. (2015). De mogelijke opbrengst voor de koolstofvastlegging bedraagt  $0,829 \pm 0,583 \text{ g CO}_2 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$ , aangezien we de opbrengsten willen maximaliseren in dit model komen we uit op  $1,412 \text{ g CO}_2 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$ . Omgerekend is dit 5,154 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar. Hierdoor bekomen we uit op een totale *flux* voor heide van 17,804 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar ten opzichte van 12,65 ton CO<sub>2</sub> in het basismodel.



Figuur 24: Economische waarde van de koolstofvastlegging van 1 hectare heidegebied in het 'Heidebeheer II' model voor de verschillende scenario's (2020-2100).

Dit model geeft een duidelijker verschil weer ten opzichte van het model 'Heidebeheer I'. We stellen vast dat de uitkomsten van alle modellen grondig verschillen van het basismodel, op het scenario van een vegetatieverandering in 2030 na. Door de hogere *flux*-waarden zijn ook de monetaisatiewaarden hoger. In het scenario zonder vegetatieverandering is de waardering zelfs hoger dan in de andere modellen met een hogere *flux*, zijnde 'Glensaugh' en 'Glen Tanar'.

<b>Scenario</b>	<b>Economische waarde</b>	<b>Economische waarde per jaar</b>
Geen verandering	177.738,39\$/ha	2.221,73\$/ha/jr
Verandering in 2070	100.972,31\$/ha	1.262,15\$/ha/jr
Verandering in 2050	68.524,65\$/ha	856,56\$/ha/jr
Verandering in 2030	55.460,19\$/ha	693,25\$/ha/jr

Net zoals in het vorige model, moeten ook hier de kosten van beheer nog worden geïnternaliseerd. Er is een duidelijk verschil tussen de kosten van heidebeheer en grasbeheer, deze zullen echter in de conclusie mee worden opgenomen (Hampton, 2008).



## Hoofdstuk 14: Conclusie

De centrale onderzoeksvraag van dit onderzoek is: "Wat is de economische waarde van klimaatverandering op de koolstofvastlegging van heide?". In totaal zijn er vijf belangrijke factoren die de koolstofvastlegging of de economische waardering kunnen beïnvloeden. We kunnen concluderen dat elk van de vijf onderzochte factoren een invloed hebben op de uiteindelijke economische waarde van de koolstofvastlegging van heidelandschappen. De factoren worden verderop ook afzonderlijk besproken.

	GEEN VERANDERING	2070 VERANDERING	2050 VERANDERING	2030 VERANDERING	RELATIEVE WAARDE TOV OPTIMAAL MODEL			
BASISMODEL	\$ 68.826.481,25	\$ 42.921.426,48	\$ 32.202.824,34	\$ 29.057.016,16	100%	62%	47%	42%
GLENSAUGH	\$ 87.978.197,77	\$ 64.021.673,48	\$ 54.154.245,40	\$ 51.493.994,88	100%	73%	62%	59%
GLEN TANAR	\$ 87.978.197,77	\$ 43.494.776,57	\$ 24.653.370,55	\$ 16.872.721,23	100%	49%	28%	19%
LUMPHANAN	\$ 30.740.681,35	\$ 21.375.565,71	\$ 17.887.230,39	\$ 18.866.781,41	100%	70%	58%	61%
SCC YANG	\$ 53.313.717,85	\$ 34.495.296,98	\$ 26.277.312,89	\$ 22.776.585,64	100%	65%	49%	43%
SCC TOL	\$ 75.870.183,72	\$ 47.315.050,96	\$ 35.499.206,48	\$ 32.031.166,00	100%	62%	47%	42%
SCC EU	\$ 59.492.549,54	\$ 35.787.778,87	\$ 27.179.955,67	\$ 25.281.262,36	100%	60%	46%	42%
SCC USG	\$ 43.630.774,93	\$ 29.315.534,32	\$ 22.528.715,84	\$ 18.952.987,70	100%	67%	52%	43%
SCC DF	\$ 58.212.417,18	\$ 36.303.108,15	\$ 27.237.242,82	\$ 24.576.342,20	100%	62%	47%	42%
OUD	\$ 68.826.481,25	\$ 47.223.330,68	\$ 37.867.392,06	\$ 32.963.120,54	100%	69%	55%	48%
BS Hoog	\$ 68.826.481,25	\$ 39.932.371,46	\$ 28.265.990,61	\$ 26.342.211,05	100%	58%	41%	38%
BS Laag	\$ 68.826.481,25	\$ 44.149.373,88	\$ 33.819.324,14	\$ 30.171.664,31	100%	64%	49%	44%
5% DISCONTO	\$ 34.910.122,65	\$ 22.022.495,57	\$ 16.690.047,96	\$ 14.893.224,22	100%	63%	48%	43%
STERN	\$ 163.188.475,85	\$ 101.769.600,63	\$ 76.356.626,47	\$ 68.898.159,30	100%	62%	47%	42%
HIGH IMPACT	\$ 132.433.427,75	\$ 89.492.186,22	\$ 68.387.860,91	\$ 57.303.964,44	100%	68%	52%	43%
HEIDEBEHEER I	\$ 73.711.801,21	\$ 45.030.978,26	\$ 33.098.861,85	\$ 29.260.643,11	100%	61%	45%	40%
HEIDEBEHEER II	\$ 96.867.423,46	\$ 55.029.910,68	\$ 37.345.933,91	\$ 30.225.801,73	100%	57%	39%	31%
GEMIDDELDE	\$ 74.919.640,94	\$ 47.040.026,99	\$ 35.261.890,72	\$ 31.174.567,43	100%	63,09%	47,63%	42,56%

Figuur 25: Resultaten in de verschillende scenario's. Alle waarden zijn uitgedrukt in \$/ha voor de periode 2020 - 2100 voor een heidegebied gelijkaardig aan de Mechelse Heide (545 ha). De relatieve waarden ten opzichte van het scenario zonder vegetatieverandering zijn rechts voorgesteld.

Als we de vier vegetatieverandering scenario's gemiddeld gezien met elkaar vergelijken, kunnen we stellen dat het scenario zonder vegetatieverandering zonder twijfel de hoogste economische waarden genereert. De gevolgen van de klimaatverandering zijn een aanslag op de economische waardering van de koolstofvastlegging. De waardering gaat achteruit bij een vegetatieverandering in 2070, met een verlies rond de 30 à 40% ten opzichte van het optimale scenario. Hetzelfde geldt voor een vegetatieverandering in 2050, met als enige bemerking dat de monetarisatie van dit scenario relatief weinig verschilt met het scenario van een vegetatieverandering in 2030. In het 2050-scenario bedraagt het verlies gemiddeld 52% ten opzichte van het scenario zonder vegetatieverandering, in het 2030-scenario is dit 55 à 60%. Dit komt door de invloed van de bodemstock, die op zichzelf geen grote veranderingen teweegbrengt in het model.

### I. Koolstofvastlegging

In de modellen 'Glensaugh', 'Glen Tanar' en 'Lumphanan' zijn de verschillen in koolstofvastlegging in heide onderling, maar ook tussen heidelandschappen en grassen in het waarderingsmodel opgenomen. In deze modellen wordt gewag gemaakt van een CO<sub>2</sub>-flux die varieert tussen 5,65 en 16,17 ton CO<sub>2</sub>/ha/jr voor heide, en tussen 3,41 en 10,05 ton CO<sub>2</sub>/ha/jr voor gras. Uit de modellen kunnen we afleiden dat de CO<sub>2</sub>-flux een duidelijke positieve invloed heeft op de economische waardering van heide. Een hogere flux leidt tot een hogere economische schatting. De verschillen



in koolstofvastlegging tussen heide onderling en in vergelijking met grassen zijn echter zeer ruim. Zo bedraagt de koolstofvastlegging in het model 'Lumphanan' slechts een derde van die in de andere modellen. Dit model genereert dan ook de op een na laagste waarde van alle modellen.

Voor de koolstofvastlegging is dus niet enkel de  $CO_2$ -flux van belang, maar ook het verschil in fluxes tussen heide- en graslandschappen. Dit heeft ook een effect op de uitkomsten. We zien dat in het 'Glen Tanar' model, waar het verschil tussen de  $CO_2$ -fluxes het hoogste is, in het 2070-scenario de heide meer dan 50% van haar oorspronkelijke waarde verliest, in 2050 en 2030 bedragen de verliezen in dit model respectievelijk zelfs 62% en 71% (Figuur 25). Ter vergelijking, de andere twee modellen verliezen bij een vegetatieverandering in 2070 en 2050 respectievelijk 30% en 40% van hun waarde ten opzichte van het scenario zonder vegetatieverandering. Het zwaard snijdt echter langs twee kanten: in het 'Lumphanan' model, waar het verschil tussen de fluxes het laagste is ( $1,40 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ ), ligt de economische waarde van de koolstofvastlegging hoger in het scenario van een vegetatieverandering in 2030 dan in 2050, met een relatieve stijging van 5,4%. Dit is het enige model waar een vegetatieverandering op een vroeger tijdstip een hogere economische waardering genereert.

Daarnaast speelt de koolstof in de bodem (bodemstock) een belangrijke rol in de koolstofvastlegging van heide. Uit de literatuur blijkt dat naarmate de heide ouder wordt, de bodemstock geleidelijk afneemt. Dit wil zeggen dat deze heideplanten niet op de meest efficiënte manier koolstof vastneemt en bijgevolg een overgang naar grassen minder ingrijpende gevolgen heeft voor de economische waardering, zoals we in het model 'Oud' zien.

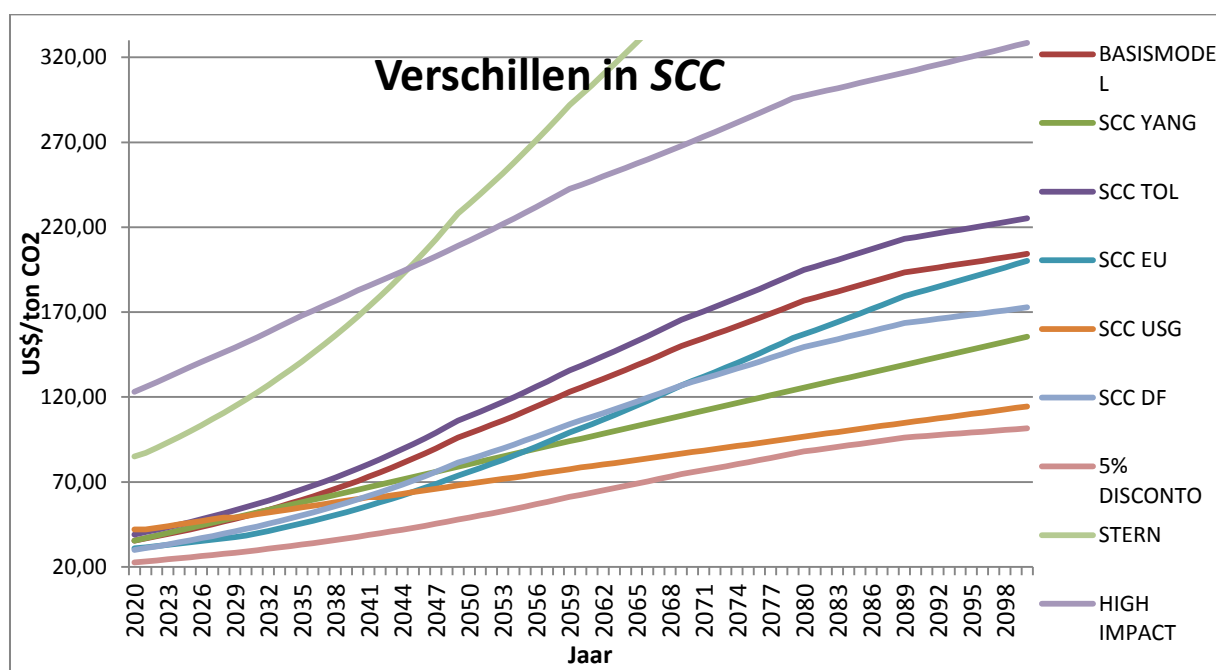
## II. Invloed klimaatverandering op koolstofvastlegging

De wetenschappelijke literatuur is het erover eens dat onder invloed van klimaatverandering en natuurlijke successie heidelandschappen geleidelijk veranderen naar graslandschappen. Onder andere de hogere toekomstige temperatuur en extremere, minder consistente regenval zorgen voor langere periodes van droogte waardoor heidelandschappen het moeilijker zullen krijgen. Door de toenemende vergrassing van de heidelandschappen zullen ook de belangrijke ecosysteemdiensten die ze leveren, wegvallen. Voorgaand onderzoek toont aan dat de koolstofvastlegging van grassen lager ligt dan van heide. Omwille van de klimaatverandering zal de koolstofvastlegging door zowel de plant als de bodem verminderen.

## III. Economische waarde koolstofdioxide

De economische waardering van koolstofdioxide ( $CO_2$ ) is een cruciaal aspect in het waarderen van de koolstofvastlegging. Deze economische waardering wordt in de literatuur de *social cost of carbon* (SCC) genoemd en is een onzekere factor in het proces van monetarisering. Er bestaat een grote waaier aan SCC-schattingen die elk een impact hebben op de economische waarde. In dit onderzoek zijn er acht modellen geweid aan het in kaart brengen van deze schattingen en hun invloed. Een constante trend zien we doorheen alle modellen: een hogere SCC-schatting leidt tot een hogere economische waardering. We zien dat de meeste modellen een waarde tussen 30\$ en 40\$ voorstellen voor een ton  $CO_2$  in 2020, uitgedrukt in 2007 US\$.

De *social cost of carbon* is op zichzelf ook onderhevig aan verschillende factoren. Veel wetenschappelijke modellen gebruiken verschillende schadefuncties en ook qua verdisconteringsgraad is de literatuur niet eensgezind. Een discontovoet rond 3% is gangbaar, maar door het grote voorspellende gelaat is het niet perfect. Het vastleggen van een discontovoet is een ethisch en politiek proces waarbij 'optimisten' een hoge discontovoet voorstellen en 'pessimisten' een quasi nul quotering verdedigen. Tekenend is dat het model met de hoogste discontovoet (5%) de laagste economische waardering genereerde en het model met de laagste discontovoet (0,10%) de hoogste economische waarde optekende die bijna vijf keer hoger was dan die in het '5%'-model. Hieruit kunnen we stellen dat de verdisconteringsgraad een negatieve invloed heeft op de economische waardering.



Figuur 26: Verloop SCC-waarden in de verschillende modellen over de periode 2020 -2100.

In de modellen die in dit onderzoek gebruikt zijn varieert de *social cost of carbon* tussen 22,60\$ ('5% verdiscontering') en 123\$ ('High impact') voor 2020, en tussen 101,63\$ ('5% verdiscontering') en 484,23\$ ('Stern') voor 2100, allen uitgedrukt in 2007 US\$ (Figuur 26).

#### IV. Economische waarde koolstofvastlegging

Dit onderzoek heeft geprobeerd de economische waarde van CO<sub>2</sub> en de ecosysteemdiensten die heide levert, met elkaar te koppelen. Aan de hand van de *carbon fluxes* uit de literatuur en metingen over de hoeveelheid koolstof die heidelandschappen opnemen, hebben we de koolstofvastlegging van heide in kaart kunnen brengen. Door deze waarden te vermenigvuldigen met de economische waarden van CO<sub>2</sub> bekomen de economische waarde van de koolstofvastlegging van heide. Als we veronderstellen dat de klimaatverandering geen invloed heeft op heide dan komen we uit op een totale waarde tussen 56.404,92\$/ha ('Lumphanan') en 299.428,40\$/ha ('Stern') voor de periode 2020-2100 (Figuur 25).

## V. Heidebeheermaatregelen

Een belangrijke manier om de invloed van klimaatverandering op de heidelandschappen tegen te gaan is door middel van heidebeheer. Er kan op verschillende manieren aan heidebeheer gedaan worden: gecontroleerde verbranding, plaggen, maaien en begrazen met vee zijn het meest voorkomend en worden ook allen in België toegepast. Heidebeheer draagt echter kosten met zich mee en de literatuur beschrijft dat in Nederland herders die instaan voor de begrazing een jaarlijks gemiddeld exploitatieverlies lijden van ongeveer €30.000. Een kudde die de hele Mechelse Heide zou begrazen, zou de herder met een verlies van bijna €60.000 per jaar opzadelen.

Niet alleen voor de herder, maar ook voor de overheid en de instanties die instaan voor het beheer zijn er kosten verbonden aan heidebeheer. Uit de literatuur blijkt dat de kosten voor heidebeheer hoger liggen dan voor grasbeheer, soms zelfs tot het tweevoudige. Dit staat echter in schril contrast met het verlies in economische waardering die gepaard gaat met een transformatie van heide naar gras. We zien dat ook in de modellen die de invloed van heidebeheer hebben onderzocht. Heidebeheer heeft vooral een invloed op de monetarisatie zolang er zich geen vegetatieverandering voordoet. Hoewel sommige beheermaatregelen goedkoper zijn dan andere, wordt zowel uit de literatuur als in de praktijk vaak een combinatie van maatregelen voorgesteld om aan heidebeheer te doen. In Vlaanderen gaat het vaak over een combinatie van begrazing, verbranding en maaien.

De kostprijs wordt echter opgedreven door de grote mate waarin heide in Vlaanderen verspreid is. Vlaanderen telt veel geïsoleerde heidegebieden wat het beheer en onderhoud moeilijk maakt. Vlaamse beleidsmakers zullen moeten kiezen tussen het verbinden van bestaande heidegebieden die een grotere recreatieve waarde hebben en de kostprijs drukken, of de huidige stand van zaken behouden met een grote verscheidenheid aan kleine, dure en geïsoleerde heidegebieden die onder druk zullen komen te staan door de klimaatverandering.

## Hoofdstuk 15: Aanbevelingen

### I. Beleidsaanbevelingen

Uit dit onderzoek blijkt dat de klimaatverandering een invloed heeft op de economische waardering van heidelandschappen. Om dit verlies aan economische, en ecologische, waarde tegen te gaan is een beleid nodig dat de klimaatverandering tegengaat of beperkt. Deze studie kan een hulpmiddel zijn om het (economisch) belang van natuurgebieden aan te kaarten en de stelling dat 'ecologie en economie onverenigbaar zijn' onderuit te halen. Het onderhouden en beschermen van heidelandschappen kan een hulpmiddel zijn in het tegengaan van de klimaatverandering. De onderzochte ecosysteemdienst, koolstofvastlegging, leidt tot klimaatregulering. Hoe meer koolstofdioxide heidelandschappen uit de lucht kunnen nemen, hoe minder CO<sub>2</sub> de atmosfeer kan bereiken en ons klimaat kan ontregelen.

Daarnaast moet gekeken worden naar de wijze waarop er aan heidebeheer wordt gedaan in Vlaanderen. Heidebeheer is namelijk een belangrijke pijler in het afremmen van de effecten van klimaatverandering en in het onderhoud van onze natuurgebieden. In deze studie hebben zowel de economische waardering van de koolstofvastlegging van heide als de kosten die gepaard gaan met heidebeheer in kaart gebracht. Het is aangetoond dat heidebeheer de CO<sub>2</sub>-flux, en dus ook de economische waarde, verhoogt. Uit Tabel 5 blijkt dat het maximale kostenbesparing in beheer tussen grassen en heide €200/ha/jr bedraagt. In geen enkel becijferd model is het verschil tussen een scenario mét klimaatverandering en zonder klimaatverandering klein genoeg dat de kostenbesparing in heidebeheer het verlies aan economische waarde compenseert. In het model 'Glensaugh' is het verschil tussen het scenario zonder vegetatieverandering en een scenario met een vegetatieverandering het kleinste, met een verschil van 549.46\$ per hectare per jaar (over de periode 2020 – 2100).

Er kan op verschillende manieren aan heidebeheer worden gedaan. Plaggen is de meest ingrijpende en intensieve maatregel. Deze heidebeheermaatregel is dan ook een van de duurste, maar heeft als voordeel dat dit maar eens om de 20 jaar moet worden uitgevoerd. Ook maaien is geen goedkope heidebeheermaatregel, maar het wordt zelden als exclusieve maatregel genomen. De kostprijs van de laatste heidebeheermaatregel, begrazing, is afhankelijk van de wijze waarop men begraaft. Gescheperde begrazing is duurder, maar sluit dichter aan bij traditioneel heidebeheer. Een ander neveneffect, specifiek voor Nederland, is dat gescheperde begrazing verlieslatend is voor de herder. Er is geen aanwijzing gevonden dat dit in Vlaanderen ook het geval zou zijn, maar mocht deze assumptie ook in Vlaanderen kloppen, moet er gekeken worden naar een systeem van ondersteuning dat kan worden opgezet. Dit kan, zoals in Nederland, via subsidies, maar ook door de herder zelfbedruipender te maken door in te zetten op de verkoop van activiteit gebonden producten of diensten (verkoop van wol of vlees, rondleidingen, schoolexcursies begeleiden, etc.).

In de praktijk zien we dat er een combinatie van de voornoemde heidebeheermaatregelen wordt gebruikt. Uit de literatuur blijkt ook dat een dergelijke combinatie de groei van de planten en de biodiversiteit ten goede komen. In dat opzicht lijken nieuwe beleidsaanbevelingen zich hier niet op

zijn plaats. Enkel qua leeftijd moet men de heide goed monitoren. De literatuur beveelt een leeftijd jonger dan 18 jaar aan, en we zien ook dat hun bodemstock beduidend lager is bij hoge leeftijd.

Ten slotte moet er qua heidebeheer niet enkel gekeken worden naar de manier waarop men heidelandschappen onderhoudt. Er is namelijk een bredere visie in heidebeheer nodig om de vele kleine, geïsoleerde en dure heidegebieden in Vlaanderen aaneen te sluiten om op die manier de economische en toeristische waarde te verhogen en tegelijkertijd de kosten van heidebeheer te drukken. De grote heidegebieden die op dit moment openbaar zijn voor het publiek zorgen door de toeristen die ze aantrekken ook voor economische waarde. Een goed voorbeeld daarvan is het Nationaal Park Hoge Kempen dat een jaarlijkse omzet van 190 miljoen euro genereert en in Limburg voor 5000 banen zorgt (Bade et al., 2012). Deze zaken zijn niet opgenomen in dit onderzoek, maar dragen evenzeer bij tot economische waarde van de heide en economische ontwikkeling van de regio.

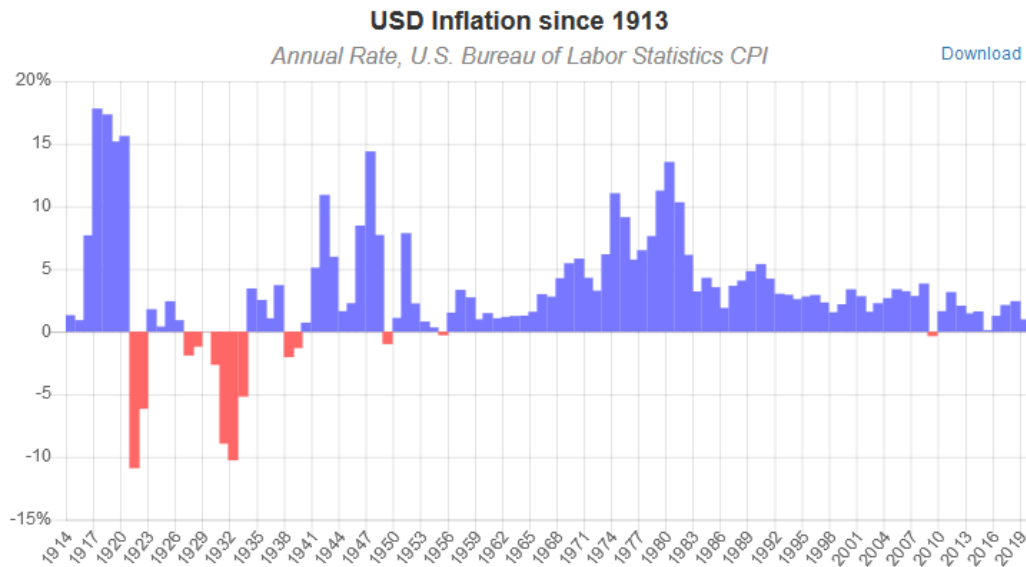
## II. Beperkingen onderzoek

Uit de literatuur blijkt dat bossen meer koolstof in de bodem opnemen en dus een hogere economische waarde voor koolstofvastlegging hebben dan heidelandschappen (Quin et al., 2015) (Beier et al., 2009) (Ostle, Levy, Evans, & Smith, 2009). Of de totale economische kost ook daarom ook hoger is, is nog maar de vraag en vraagt verder onderzoek. Zo leveren bossen namelijk andere ecosysteemdiensten dan heide en zal ook de recreatieve waarde niet gelijk zijn.

Het opzet van dit onderzoek was zeer specifiek, wat belangrijk is in het kader van een masterthesis. Maar dat zet ook de deur open naar vervolgonderzoek. Daar waar in dit onderzoek enkel de invloed van klimaatverandering op de koolstofvastlegging is bestudeerd, zou er in de toekomst een meer algemeen onderzoek kunnen worden verricht, waarbij men een totale economische waardering probeert te berekenen. In dat geval zouden alle ecosysteemdiensten van heide onderzocht kunnen worden, en zou ook de recreatiewaarde van heide hierbij betrokken kunnen worden.

Een van de grootste beperkingen voor dit onderzoek en eender welke studie die gebruikmaakt van de *social cost of carbon*, zijn echter de schattingen die hierover bestaan. De economische waarde van CO<sub>2</sub> is dermate onderhevig aan interpretatie en onzekerheden dat één betrouwbare schatting maken onmogelijk is. Daarom dat in dit onderzoek acht modellen zijn gewijd aan de SCC-schattingen, desondanks zijn de verschillen in de uitkomst zo groot dat er geen conclusie kan getrokken worden over de (toekomstige) impact van een ton CO<sub>2</sub> in de atmosfeer. De *social cost of carbon* is daarom ook een storende factor in de betrouwbaarheid van dit onderzoek.

Een bijhorende beperking van dit onderzoek is dat er met nominale waarden wordt gewerkt, in plaats van met reële waarden. Dit geeft een licht vertekend beeld aangezien de waarden dus niet zijn aangepast naar de huidige 2019 US\$. Alle SCC-berekeningen maken gebruik van 2007 US\$, ook de schatting van het basismodel is omgezet naar 2007 US\$. Dit is evenwel niet de reële kost die op dit moment geldt, in dat geval zouden de bedragen zich 20 à 25% hoger bevinden door de jaarlijkse inflatie tussen 2007 en 2019 (Figuur 27). De verschillen binnen hetzelfde model in de verschillende scenario's blijven echter wel vergelijkbaar en betrouwbaar.



Figuur 27: Jaarlijkse inflatiegraad van de Amerikaanse Dollar tussen 1913 en 2019.

In het geval van heidebeheer zijn de kosten in beeld gebracht met dank aan de beschikbare literatuur. Toch is het onduidelijk wat de directe invloed van een bepaalde heidebeheermaatregel is op de koolstofvastlegging. De literatuur beschrijft vaak algemeen de biodiversiteit of de *cover* die heide bedekt, maar de koolstofvastlegging wordt hier zelden bij betrokken. Daarnaast zijn voor de kosten van heidebeheer in dit onderzoek de vaste kosten, zoals monitoring en de aankoop van materieel, niet mee in rekening gebracht omwille van het feit dat voor heide en gras deze factoren gelijkaardig zijn.

Ten slotte beschikt de Universiteit Hasselt met haar ECOTRON-infrastructuur over een gesofisticeerde installatie waarbij de invloed van klimaatverandering op bijvoorbeeld heidelandschappen in de praktijk kan worden gemeten. Dit geeft de mogelijkheid om in de toekomst meer praktijkgericht *'hands-on'* onderzoek te kunnen doen, in tegenstelling tot dit onderzoek dat het thema op een theoretischere manier benaderd.



## Bibliografie

- Allemeersch, L., Geusens, J., & Mertens, J. (1988). *Heide in Limburg*: Tielt : Lannoo.
- Alonso, I., Weston, K., Gregg, R., & Morecroft, M. (2012). *Carbon storage by habitat: Review of the evidence of the impacts of management decisions and condition of carbon stores and sources*.
- Anthoff, D., & Tol, R. S. J. (2013). The uncertainty about the social cost of carbon: A decomposition analysis using fund. *Climatic Change*, 117(3), 515-530. doi:10.1007/s10584-013-0706-7
- Ascoli, D., Lonati, M., Marzano, R., Bovio, G., Cavallero, A., & Lombardi, G. (2013). Prescribed burning and browsing to control tree encroachment in southern European heathlands. *Forest Ecology and Management*, 289, 69-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.041>
- Bade, T., van Erk, A., Houben, S., & Smid, G. (2012). *Hoge Kempen, hoge baten*: Triple E Producties.
- Beier, C. (2004). Climate Change and Ecosystem Function: Full-Scale Manipulations of CO<sub>2</sub> and Temperature. *The New Phytologist*, 162(2), 243-245.
- Beier, C., Emmett, B. A., Tietema, A., Schmidt, I. K., Peñuelas, J., Láng, E. K., . . . Spano, D. (2009). Carbon and nitrogen balances for six shrublands across Europe. *Global Biogeochemical Cycles*, 23(4). doi:doi:10.1029/2008GB003381
- Belgian Royal Meteorological Institute. (2010). *Belgian National Climate Change Adaptation Strategy*.
- Blenkinsop, S., & Fowler, H. (2007). Changes in European Drought Characteristics Projected by the PRUDENCE Regional Climate Models. *International Journal of Climatology*, 27, 1595-1610. doi:10.1002/joc.1538
- Bokdam, J., & Gleichman, J. M. (2000). Effects of grazing by free-ranging cattle on vegetation dynamics in a continental north-west European heathland. *Journal of Applied Ecology*, 37(3), 415-431. doi:doi:10.1046/j.1365-2664.2000.00507.x
- Center for Biological Diversity versus National Highway Traffic Safety Administration, No. 06-71891 C.F.R. (2007).
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., . . . van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253. doi:10.1038/387253a0
- de Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. doi:[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- de Jong, J. J., Bouwma, I. M., & van Wijk, M. N. (2007). *Beheerskosten van Natura 2000-gebieden*. Retrieved from Wageningen: <http://edepot.wur.nl/25534>
- Diaz, D., & Moore, F. (2017). Quantifying the economic risks of climate change. *Nature Climate Change*, 7(11), 774-782. doi:<http://dx.doi.org/10.1038/nclimate3411>



- Dixon, S. D., Worrall, F., Rowson, J. G., & Evans, M. G. (2015). Calluna vulgaris canopy height and blanket peat CO<sub>2</sub> flux: Implications for management. *Ecological Engineering*, 75, 497-505. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.047>
- Emmett, B., Reynolds, B., Chamberlain, P., Rowe, E., Spurgeon, D., Brittain, S., . . . Poskitt, J. (2010). Countryside survey: soils report from 2007.
- European Commission. (2016). *The EU Emission trading System*.
- Frank, A. B. (2002). Carbon dioxide fluxes over a grazed prairie and seeded pasture in the Northern Great Plains. *Environmental Pollution*, 116(3), 397-403. doi:[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00216-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00216-0)
- Gimingham, C. H. (1994). *Lowland heaths of West Europe: Management for conservation* (Vol. 24).
- Griggs, D. J., & Noguer, M. (2002). Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Weather*, 57(8), 267-269. doi:doi:10.1256/004316502320517344
- Hampton, M. (2008). *Management of Natura 2000 habitats. 4010 Northern Atlantic wet heaths with Erica tetralix*.
- Heal, G. M., & Millner, A. (2014). Agreeing to disagree on climate policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(10), 3695-3698.
- Henning, K., Lorenz, A., von Oheimb, G., Härdtle, W., & Tischew, S. (2017). Year-round cattle and horse grazing supports the restoration of abandoned, dry sandy grassland and heathland communities by suppressing Calamagrostis epigejos and enhancing species richness. *Journal for Nature Conservation*, 40, 120-130. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2017.10.009>
- Hope, C. (2006). The marginal impact of CO<sub>2</sub> from PAGE2002: an integrated assessment model incorporating the IPCC's five reasons for concern. *Integrated assessment*, 6(1).
- Hope, C. (2013). Critical issues for the calculation of the social cost of CO<sub>2</sub>: why the estimates from PAGE09 are higher than those from PAGE2002. *Climatic Change*, 117(3), 531-543. doi:10.1007/s10584-012-0633-z
- Howarth, R. B., Gerst, M. D., & Borsuk, M. E. (2014). Risk mitigation and the social cost of carbon. *Global Environmental Change*, 24, 123-131. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.012>
- Johnson, L. T., & Hope, C. (2012). The social cost of carbon in U.S. regulatory impact analyses: an introduction and critique. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 2(3), 205-221. doi:<https://doi.org/10.1007/s13412-012-0087-7>
- Kappelle, M., Van Vuuren, M. M., & Baas, P. (1999). Effects of climate change on biodiversity: a review and identification of key research issues. *Biodiversity & Conservation*, 8(10), 1383-1397.
- Kelleher, P. J. (2012). Energy Policy an the Social Discount Rate. Retrieved from <https://www.ourenergypolicy.org/energy-policy-and-the-social-discount-rate/> website:
- Kopittke, G. R., Tietema, A., van Loon, E. E., & Asscheman, D. (2014). Fourteen Annually Repeated Droughts Suppressed Autotrophic Soil Respiration and Resulted in an Ecosystem Change. *Ecosystems*, 17(2), 242-257. doi:10.1007/s10021-013-9720-x
- Kopittke, G. R., Tietema, A., van Loon, E. E., & Kalbitz, K. (2013). The age of managed heathland communities: implications for carbon storage? *Plant and Soil*, 369(1), 219-230. doi:10.1007/s11104-012-1558-z

- Lake, S., Bullock, J. M., & Hartley, S. (2001). Impacts of livestock grazing on lowland heathland in the UK. *English Nature*, 422, 143.
- Malakoff, D., Service, R. F., & Cronwall, W. (2016). Trump team targets changes to key metric that calculates social cost of carbon. Retrieved from <http://www.sciencemag.org/news/2016/12/trump-team-targets-changes-key-metric-calculates-social-cost-carbon> website: doi:10.1126/science.aal0525
- Martínez-Zavala, L., & Jordán-López, A. (2009). Influence of different plant species on water repellency in Mediterranean heathland soils. *CATENA*, 76(3), 215-223. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.12.002>
- Melaku Canu, D., Ghermandi, A., Nunes, P. A. L. D., Lazzari, P., Cossarini, G., & Solidoro, C. (2015). Estimating the value of carbon sequestration ecosystem services in the Mediterranean Sea: An ecological economics approach. *Global Environmental Change*, 32, 87-95. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.008>
- Mohamed, A., Härdtle, W., Jirjahn, B., Niemeyer, T., & von Oheimb, G. (2007). Effects of prescribed burning on plant available nutrients in dry heathland ecosystems. *Plant Ecology*, 189(2), 279-289. doi:10.1007/s11258-006-9183-7
- Nordhaus, W. D. (2008). *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*: Yale University Press.
- Nordhaus, W. D. (2017). Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7), 1518-1523. doi:10.1073/pnas.1609244114
- Odé, B., Groen, K., & De Blust, G. (2001). Het Nederlandse en Vlaamse heidelandschap. 102, 145-149.
- Ostle, N. J., Levy, P. E., Evans, C. D., & Smith, P. (2009). UK land use and soil carbon sequestration. *Land Use Policy*, 26, S274-S283. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.006>
- Pakeman, R. J., Hulme, P. D., Torvell, L., & Fisher, J. M. (2003). Rehabilitation of degraded dry heather [*Calluna vulgaris* (L.) Hull] moorland by controlled sheep grazing. *Biological Conservation*, 114(3), 389-400. doi:[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00067-3)
- Piessens, K., Aerts, N., & Hermy, M. (2006). Long-term (1978-2003) effects of an extensive grazing regime on plant species composition of a heathland reserve. *Belgian Journal of Botany*, 139(1), 49-64.
- Piessens, K., & Hermy, M. (2006). Does the heathland flora in north-western Belgium show an extinction debt? *Biological Conservation*, 132(3), 382-394. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.032>
- Pindyck, R. S. (2013). Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us? *Journal of Economic Literature*, 51(3), 860-872. doi:doi: 10.1257/jel.51.3.860
- Pizer, W., Adler, M., Aldy, J., Anthoff, D., Cropper, M., Gillingham, K., . . . Wiener, J. (2014). Using and improving the social cost of carbon. *Science*, 346(6214), 1189.
- Quin, S. L. O., Artz, R. R. E., Coupar, A. M., & Woodin, S. J. (2015). *Calluna vulgaris*-dominated upland heathland sequesters more CO<sub>2</sub> annually than grass-dominated upland heathland. *Science of The Total Environment*, 505, 740-747. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.037>

- Reeder, J. D., Schuman, G. E., & Bowman, R. A. (1998). Soil C and N changes on conservation reserve program lands in the Central Great Plains. *Soil and Tillage Research*, 47(3), 339-349. doi:[https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00122-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00122-6)
- Rego, P. R., Guitian, M. A. R., Castro, H. L., Costa, J. F. d., & Sobrino, C. M. (2013). Loss of European Dry Heaths in NW Spain: A Case Study. *Diversity*, 5(3), 557-580. doi:<http://dx.doi.org/10.3390/d5030557>
- Rose, S. K., Diaz, D. B., & Blanford, G. J. (2017). Understanding the social cost of carbon: A model diagnostic and inter-comparison study. *Climate Change Economics*, 08(02), 1750009. doi:10.1142/s2010007817500099
- Schrijver, R. (2015). Kunnen we de schapen scheren? Marktkansen voor ongesubsidieerde gescheperde schaapskuddes in Noord-Brabant. In (Vol. 2629, pp. 30). Wageningen: Alterra Wageningen.
- Schrijver, R. (2016a). Duurzaam heidebeheer: Hoeveel ruimte is er voor schaapskuddes op de heide? *Vakblad Natuur Bos Landschap*, 130, 3-5.
- Schrijver, R. (2016b). Wie stuurt de herder? Concurrentie of coöperatie? Natuur-en cultuurproductie met schaapskuddes. In (Vol. 2708, pp. 52). Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- Sedláková, I., & Chytrý, M. (1999). Regeneration patterns in a Central European dry heathland: effects of burning, sod-cutting and cutting. *Plant Ecology*, 143(1), 77-87. doi:10.1023/a:1009807411654
- Smits, J., & Noordijk, J. (2013). *Heidebeheer*: Knnv Uitgeverij.
- Soussana, J.-F., Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J., Chevallier, T., & Arrouays, D. (2004). Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management*, 20(2), 219-230. doi:10.1111/j.1475-2743.2004.tb00362.x
- Thompson, D. B. A., MacDonald, A. J., Marsden, J. H., & Galbraith, C. A. (1995). Upland heather moorland in Great Britain: A review of international importance, vegetation change and some objectives for nature conservation. *Biological Conservation*, 71(2), 163-178. doi:[https://doi.org/10.1016/0006-3207\(94\)00043-P](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00043-P)
- Tietema, A., Papp, B., & Sass-Gyarmati, A. (2015). Effects of experimental increase of temperature and drought on heathland vegetation. *Acta Biologica Plantarum Agriensis*, 3, 31-42.
- Tol, R. S. (2007). The social cost of carbon: trends, cutliers and catastrophes. *Economics Discussion Papers*, 44.
- Tol, R. S. J. (2005). The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties. *Energy Policy*, 33(16), 2064-2074. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.04.002>
- Treharne, R., Bjerke, J. W., Tømmervik, H., Stendardi, L., & Phoenix, G. K. (2019). Arctic browning: Impacts of extreme climatic events on heathland ecosystem CO<sub>2</sub> fluxes. *Global Change Biology*, 25(2), 489-503. doi:doi:10.1111/gcb.14500
- United States Government. (2016). *Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866*. Washington DC.
- Vaes, G., Willems, P., & Berlamont, J. (2002). 100 years of Belgian rainfall: are there trends? *Water Science and Technology*, 45(2), 55-61.

- Van Den Bergh, J. C. J. M., & Botzen, W. J. W. (2014). A lower bound to the social cost of CO<sub>2</sub> emissions. *Nature Climate Change*, 4(4), 253-258. doi:<http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2135>
- Verburg, R. W., Hennen, W. H. G. J., Puister, L. F., Michels, R., & van Duijvendijk, K. (2017). *Estimating costs of nature management in the European Union : Exploration modelling for PBL's Nature Outlook* (2352-2739). Retrieved from Wageningen: <http://edepot.wur.nl/425041>
- Vlaamse overheid. (2011). Agentschap voor Natuur en Bos zet 200 schapen in om heide na brand te herstellen [Press release]. Retrieved from <https://www.vlaanderen.be/vlaamse-overheid/persberichten/agentschap-voor-natuur-en-bos-zet-200-schapen-om-heide-na-brand-te-herstellen>
- Watson, R. T., Noble, I. R., Bolin, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D. J., & Dokken, D. J. (2000). *Land use, land-use change and forestry: a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Webb, N. R. (1998). The traditional management of European heathlands. *Journal of Applied Ecology*, 35(6), 987-990. doi:doi:10.1111/j.1365-2664.1998.tb00020.x
- Yang, P., Yao, Y.-F., Mi, Z., Cao, Y.-F., Liao, H., Yu, B.-Y., . . . Wei, Y.-M. (2018). Social cost of carbon under shared socioeconomic pathways. *Global Environmental Change*, 53, 225-232. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.10.001>



# Bijlagen

## I. Basismodel

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), STANDAARD SCC, STANDAARD BODEMSTOCK								
	geen verandering		verandering in 2070		verandering in 2050		verandering in 2030	
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$							SCC
2020	448,70		448,70		448,70		448,70	35,47
2021	913,10		913,10		913,10		913,10	36,71
2022	1393,75		1393,75		1393,75		1393,75	38,00
2023	1891,23		1891,23		1891,23		1891,23	39,33
2024	2406,11		2406,11		2406,11		2406,11	40,70
2025	2939,02		2939,02		2939,02		2939,02	42,13
2026	3490,59		3490,59		3490,59		3490,59	43,60
2027	4061,45		4061,45		4061,45		4061,45	45,13
2028	4652,30		4652,30		4652,30		4652,30	46,71
2029	5263,82		5263,82		5263,82		5263,82	48,34
2030	5896,75		5896,75		5896,75		5471,19	50,03
2031	6551,83		6551,83		6551,83		5685,81	51,79
2032	7229,84		7229,84		7229,84		5907,95	53,60
2033	7931,58		7931,58		7931,58		6137,86	55,47
2034	8657,89		8657,89		8657,89		6375,81	57,42
2035	9409,61		9409,61		9409,61		6622,10	59,42
2036	10187,64		10187,64		10187,64		6877,01	61,50
2037	10992,90		10992,90		10992,90		7140,83	63,66
2038	11826,35		11826,35		11826,35		7413,89	65,89
2039	12688,97		12688,97		12688,97		7696,51	68,19
2040	13581,78		13581,78		13581,78		7989,02	70,58
2041	14505,83		14505,83		14505,83		8291,77	73,05
2042	15462,23		15462,23		15462,23		8605,11	75,60
2043	16452,11		16452,11		16452,11		8929,42	78,25
2044	17476,63		17476,63		17476,63		9265,08	80,99
2045	18537,00		18537,00		18537,00		9612,49	83,82
2046	19634,49		19634,49		19634,49		9972,06	86,76
2047	20770,40		20770,40		20770,40		10344,22	89,79
2048	21946,06		21946,06		21946,06		10729,40	92,94
2049	23162,86		23162,86		23162,86		11128,06	96,19
2050	24410,09		24410,09		23571,49		11536,69	98,60
2051	25688,50		25688,50		23990,33		11988,42	101,06
2052	26998,87		26998,87		24419,65		12451,45	103,59
2053	28342,00		28342,00		24859,69		12926,06	106,18
2054	29718,70		29718,70		25310,74		13412,53	108,83
2055	31129,82		31129,82		25773,07		13911,17	111,55
2056	32576,23		32576,23		26246,95		14422,27	114,34
2057	34058,79		34058,79		26732,68		14946,15	117,20
2058	35578,41		35578,41		27230,55		15483,12	120,13
2059	37136,03		37136,03		27740,87		16033,52	123,13
2060	38724,80		38724,80		28261,40		16594,93	125,59
2061	40345,34		40345,34		28792,33		17167,56	128,11
2062	41998,30		41998,30		29333,89		17751,65	130,67
2063	43684,31		43684,31		29886,27		18347,42	133,28
2064	45404,05		45404,05		30449,71		18955,10	135,95
2065	47158,18		47158,18		31024,41		19574,94	138,67

2066		48947,39		48947,39		31610,61		20207,18	141,44
2067		50772,38		50772,38		32208,53		20852,06	144,27
2068		52633,88		52633,88		32818,41		21509,83	147,15
2069		54532,60		54532,60		33440,48		22180,77	150,10
2070		56459,81		55164,01		34121,48		22861,76	152,35
2071		58415,93		55804,89		34812,69		23552,98	154,63
2072		60401,38		56455,38		35514,27		24254,56	156,95
2073		62416,62		57115,63		36226,38		24966,66	159,31
2074		64462,09		57785,79		36949,16		25689,45	161,70
2075		66538,24		58465,99		37682,79		26423,07	164,12
2076		68645,53		59156,40		38427,42		27167,71	166,58
2077		70784,43		59857,16		39183,22		27923,51	169,08
2078		72955,41		60568,44		39950,36		28690,64	171,62
2079		75158,96		61290,39		40729,01		29469,29	174,19
2080		77395,56		62023,16		41519,33		30512,45	176,81
2081		79654,53		62763,26		42317,56		31566,04	178,57
2082		81936,09		63510,77		43123,77		32630,16	180,36
2083		84240,46		64265,74		43938,04		33704,93	182,16
2084		86567,88		65028,27		44760,46		34790,45	183,99
2085		88918,57		65798,43		45591,10		35886,81	185,83
2086		91292,77		66576,28		46430,04		36994,15	187,68
2087		93690,71		67361,91		47277,38		38112,56	189,56
2088		96112,63		68155,40		48133,19		39242,15	191,46
2089		98558,77		68956,83		48997,55		40383,03	193,37
2090		101017,13		69825,52		49866,24		41529,62	194,34
2091		103487,80		70698,55		50739,27		42681,95	195,31
2092		105970,81		71575,95		51616,67		43840,03	196,29
2093		108466,24		72457,73		52498,46		45003,91	197,27
2094		110974,15		73343,92		53384,65		46173,61	198,25
2095		113494,59		74234,55		54275,27		47349,15	199,24
2096		116027,64		75129,62		55170,35		48530,57	200,24
2097		118573,35		76029,18		56069,90		49717,90	201,24
2098		121131,80		76933,23		56973,95		50911,17	202,25
2099		123703,03		77841,80		57882,52		52110,40	203,26
2100	<b>totaal</b>	<b>126287,12</b>	<b>per ha</b>	<b>78754,91</b>		<b>59087,75</b>	<b>per ha</b>	<b>53315,63</b>	204,28
		€ 1.578,59	per ha/jaar	€ 984,44	per ha/jaar	738,60	per ha/jaar	666,45	per ha/jaar
		<b>€ 68.826.481,25</b>		<b>€ 42.921.426,48</b>		<b>€ 32.202.824,34</b>		<b>€ 29.057.016,16</b>	
			verschil	<b>€ 25.905.054,76</b>	verschil	<b>€ 36.623.656,90</b>	verschil	<b>€ 39.769.465,09</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	1,7555
			1,43
		20jr	50jr

## II. Model 'Glensaugh'

FLUXES QUIN (GLENSAUGH), STANDAARD SCC, STANDAARD BODEMSTOCK								
	geen verandering		verandering in 2070		verandering in 2050		verandering in 2030	
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$						SCC	
2020	573,55		573,55		573,55		573,55	35,47
2021	1167,17		1167,17		1167,17		1167,17	36,71
2022	1781,58		1781,58		1781,58		1781,58	38,00
2023	2417,48		2417,48		2417,48		2417,48	39,33
2024	3075,64		3075,64		3075,64		3075,64	40,70
2025	3756,84		3756,84		3756,84		3756,84	42,13
2026	4461,88		4461,88		4461,88		4461,88	43,60
2027	5191,59		5191,59		5191,59		5191,59	45,13
2028	5946,85		5946,85		5946,85		5946,85	46,71
2029	6728,54		6728,54		6728,54		6728,54	48,34
2030	7537,59		7537,59		7537,59		7143,57	50,03
2031	8374,95		8374,95		8374,95		7573,13	51,79
2032	9241,63		9241,63		9241,63		8017,72	53,60
2033	10138,63		10138,63		10138,63		8477,87	55,47
2034	11067,04		11067,04		11067,04		8954,13	57,42
2035	12027,93		12027,93		12027,93		9447,06	59,42
2036	13022,46		13022,46		13022,46		9957,24	61,50
2037	14051,80		14051,80		14051,80		10485,27	63,66
2038	15117,16		15117,16		15117,16		11031,79	65,89
2039	16219,81		16219,81		16219,81		11597,44	68,19
2040	17361,05		17361,05		17361,05		12182,88	70,58
2041	18542,24		18542,24		18542,24		12788,81	73,05
2042	19764,77		19764,77		19764,77		13415,95	75,60
2043	21030,08		21030,08		21030,08		14065,05	78,25
2044	22339,69		22339,69		22339,69		14736,86	80,99
2045	23695,13		23695,13		23695,13		15432,18	83,82
2046	25098,00		25098,00		25098,00		16151,84	86,76
2047	26549,98		26549,98		26549,98		16896,68	89,79
2048	28052,78		28052,78		28052,78		17667,60	92,94
2049	29608,18		29608,18		29608,18		18465,50	96,19
2050	31202,46		31202,46		30426,03		19283,34	98,60
2051	32836,60		32836,60		31264,32		20154,48	101,06
2052	34511,60		34511,60		32123,57		21047,40	103,59
2053	36228,46		36228,46		33004,30		21962,63	106,18
2054	37988,25		37988,25		33907,05		22900,75	108,83
2055	39792,04		39792,04		34832,37		23862,33	111,55
2056	41640,92		41640,92		35780,82		24847,94	114,34
2057	43536,02		43536,02		36752,98		25858,19	117,20
2058	45478,49		45478,49		37749,45		26893,70	120,13
2059	47469,53		47469,53		38770,82		27955,09	123,13
2060	49500,40		49500,40		39812,63		29037,72	125,59
2061	51571,87		51571,87		40875,27		30141,99	128,11
2062	53684,78		53684,78		41959,16		31268,35	130,67
2063	55839,95		55839,95		43064,74		32417,24	133,28
2064	58038,22		58038,22		44192,42		33589,11	135,95
2065	60280,45		60280,45		45342,66		34784,41	138,67



2066		62567,53		62567,53		46515,90		36003,62	141,44
2067		64900,35		64900,35		47712,61		37247,22	144,27
2068		67279,83		67279,83		48933,25		38515,68	147,15
2069		69706,89		69706,89		50178,30		39809,52	150,10
<b>2070</b>		72170,37		70970,62		51491,54		41122,76	152,35
2071		74670,79		72253,31		52824,48		42455,70	154,63
2072		77208,72		73555,24		54177,42		43808,64	156,95
2073		79784,72		74876,69		55550,65		45181,87	159,31
2074		82399,36		76217,97		56944,48		46575,69	161,70
2075		85053,22		77579,36		58359,21		47990,43	164,12
2076		87746,89		78961,18		59795,17		49426,39	166,58
2077		90480,96		80363,72		61252,67		50883,88	169,08
2078		93256,05		81787,30		62732,02		52363,24	171,62
2079		96072,76		83232,24		64233,57		53864,79	174,19
2080		98931,72		84698,85		65757,64		55641,69	176,81
2081		101819,27		86180,13		67296,96		57436,37	178,57
2082		104735,69		87676,21		68851,66		59248,99	180,36
2083		107681,28		89187,26		70421,91		61079,74	182,16
2084		110656,33		90713,42		72007,87		62928,79	183,99
2085		113661,13		92254,85		73609,68		64796,33	185,83
2086		116695,97		93811,68		75227,52		66682,56	187,68
2087		119761,16		95384,09		76861,53		68587,64	189,56
2088		122857,01		96972,21		78511,88		70511,77	191,46
2089		125983,81		98576,22		80178,74		72455,15	193,37
2090		129126,25		100251,41		81853,92		74408,24	194,34
2091		132284,40		101934,98		83537,49		76371,10	195,31
2092		135458,34		103626,96		85229,47		78343,77	196,29
2093		138648,15		105327,40		86929,92		80326,30	197,27
2094		141853,91		107036,35		88638,86		82318,75	198,25
2095		145075,70		108753,84		90356,35		84321,16	199,24
2096		148313,59		110479,92		92082,43		86333,58	200,24
2097		151567,68		112214,62		93817,14		88356,07	201,24
2098		154838,04		113958,00		95560,52		90388,66	202,25
2099		158124,74		115710,10		97312,61		92431,42	203,26
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>161427,89</b>	<b>per ha</b>	<b>117470,96</b>		<b>99365,59</b>	<b>per ha</b>	<b>94484,39</b>	204,28
		€ 2.017,85	per ha/jaar	€ 1.468,39	per ha/jaar	1242,07	per ha/jaar	1181,05	per ha/jaar
		<b>€ 87.978.197,77</b>		<b>€ 64.021.673,48</b>		<b>€ 54.154.245,40</b>		<b>€ 51.493.994,88</b>	
			verschil	<b>€ 23.956.524,29</b>	verschil	<b>€ 33.823.952,36</b>	verschil	<b>€ 36.484.202,89</b>	

Mechelse Heide = 545 ha					
		Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies	
		16,17	10,05	1,755	1,43
				20jr	50jr

### III. Model 'Glen Tanar'

FLUXES QUIN (GLEN TANAR), STANDAARD SCC, STANDAARD BODEMSTOCK							
jaar	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030			
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$						<b>SCC</b>
2020	573,55	573,55	573,55	573,55	573,55	35,47	
2021	1167,17	1167,17	1167,17	1167,17	1167,17	36,71	
2022	1781,58	1781,58	1781,58	1781,58	1781,58	38,00	
2023	2417,48	2417,48	2417,48	2417,48	2417,48	39,33	
2024	3075,64	3075,64	3075,64	3075,64	3075,64	40,70	
2025	3756,84	3756,84	3756,84	3756,84	3756,84	42,13	
2026	4461,88	4461,88	4461,88	4461,88	4461,88	43,60	
2027	5191,59	5191,59	5191,59	5191,59	5191,59	45,13	
2028	5946,85	5946,85	5946,85	5946,85	5946,85	46,71	
2029	6728,54	6728,54	6728,54	6728,54	6728,54	48,34	
<b>2030</b>	7537,59	7537,59	7537,59	7537,59	6811,35	50,03	
2031	8374,95	8374,95	8374,95	8374,95	6897,05	51,79	
2032	9241,63	9241,63	9241,63	9241,63	6985,75	53,60	
2033	10138,63	10138,63	10138,63	10138,63	7077,56	55,47	
2034	11067,04	11067,04	11067,04	11067,04	7172,58	57,42	
2035	12027,93	12027,93	12027,93	12027,93	7270,93	59,42	
2036	13022,46	13022,46	13022,46	13022,46	7372,72	61,50	
2037	14051,80	14051,80	14051,80	14051,80	7478,07	63,66	
2038	15117,16	15117,16	15117,16	15117,16	7587,11	65,89	
2039	16219,81	16219,81	16219,81	16219,81	7699,97	68,19	
2040	17361,05	17361,05	17361,05	17361,05	7816,78	70,58	
2041	18542,24	18542,24	18542,24	18542,24	7937,67	73,05	
2042	19764,77	19764,77	19764,77	19764,77	8062,80	75,60	
2043	21030,08	21030,08	21030,08	21030,08	8192,30	78,25	
2044	22339,69	22339,69	22339,69	22339,69	8326,34	80,99	
2045	23695,13	23695,13	23695,13	23695,13	8465,07	83,82	
2046	25098,00	25098,00	25098,00	25098,00	8608,65	86,76	
2047	26549,98	26549,98	26549,98	26549,98	8757,26	89,79	
2048	28052,78	28052,78	28052,78	28052,78	8911,08	92,94	
2049	29608,18	29608,18	29608,18	29608,18	9070,27	96,19	
<b>2050</b>	31202,46	31202,46	29771,36	29771,36	9233,45	98,60	
2051	32836,60	32836,60	29938,61	29938,61	9433,54	101,06	
2052	34511,60	34511,60	30110,05	30110,05	9638,65	103,59	
2053	36228,46	36228,46	30285,77	30285,77	9848,87	106,18	
2054	37988,25	37988,25	30465,88	30465,88	10064,36	108,83	
2055	39792,04	39792,04	30650,50	30650,50	10285,23	111,55	
2056	41640,92	41640,92	30839,73	30839,73	10511,62	114,34	
2057	43536,02	43536,02	31033,70	31033,70	10743,68	117,20	
2058	45478,49	45478,49	31232,51	31232,51	10981,53	120,13	
2059	47469,53	47469,53	31436,29	31436,29	11225,33	123,13	
2060	49500,40	49500,40	31644,15	31644,15	11474,01	125,59	
2061	51571,87	51571,87	31856,17	31856,17	11727,66	128,11	
2062	53684,78	53684,78	32072,42	32072,42	11986,38	130,67	
2063	55839,95	55839,95	32293,00	32293,00	12250,28	133,28	
2064	58038,22	58038,22	32518,00	32518,00	12519,46	135,95	
2065	60280,45	60280,45	32747,49	32747,49	12794,02	138,67	

2066		62567,53		62567,53		32981,57		13074,07	141,44
2067		64900,35		64900,35		33220,34		13359,72	144,27
2068		67279,83		67279,83		33463,88		13651,08	147,15
2069		69706,89		69706,89		33712,29		13948,27	150,10
<b>2070</b>		72170,37		69959,03		34013,94		14249,92	152,35
2071		74670,79		70214,95		34320,11		14556,10	154,63
2072		77208,72		70474,71		34630,88		14866,87	156,95
2073		79784,72		70738,36		34946,31		15182,29	159,31
2074		82399,36		71005,97		35266,47		15502,45	161,70
2075		85053,22		71277,59		35591,43		15827,42	164,12
2076		87746,89		71553,29		35921,27		16157,25	166,58
2077		90480,96		71833,12		36256,05		16492,04	169,08
2078		93256,05		72117,15		36595,86		16831,84	171,62
2079		96072,76		72405,44		36940,76		17176,75	174,19
2080		98931,72		72698,06		37290,84		17779,66	176,81
2081		101819,27		72993,60		37644,41		18388,60	178,57
2082		104735,69		73292,09		38001,53		19003,63	180,36
2083		107681,28		73593,57		38362,21		19624,80	182,16
2084		110656,33		73898,07		38726,50		20252,19	183,99
2085		113661,13		74205,61		39094,44		20885,86	185,83
2086		116695,97		74516,23		39466,05		21525,86	187,68
2087		119761,16		74829,95		39841,38		22172,26	189,56
2088		122857,01		75146,81		40220,46		22825,13	191,46
2089		125983,81		75466,84		40603,34		23484,52	193,37
2090		129126,25		75851,63		40988,13		24147,21	194,34
2091		132284,40		76238,34		41374,84		24813,22	195,31
2092		135458,34		76626,99		41763,48		25482,55	196,29
2093		138648,15		77017,57		42154,07		26155,23	197,27
2094		141853,91		77410,12		42546,61		26831,28	198,25
2095		145075,70		77804,62		42941,12		27510,70	199,24
2096		148313,59		78201,10		43337,60		28193,52	200,24
2097		151567,68		78599,56		43736,06		28879,76	201,24
2098		154838,04		79000,01		44136,51		29569,43	202,25
2099		158124,74		79402,46		44538,96		30262,54	203,26
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>161427,89</b>	<b>per ha</b>	<b>79806,93</b>		<b>45235,54</b>	<b>per ha</b>	<b>30959,12</b>	<b>204,28</b>
		€ 2.017,85	per ha/jaar	€ 997,59	per ha/jaar	565,44	per ha/jaar	386,99	per ha/jaar
		<b>€ 87.978.197,77</b>		<b>€ 43.494.776,57</b>		<b>€ 24.653.370,55</b>		<b>€ 16.872.721,23</b>	
			verschil	<b>€ 44.483.421,19</b>	verschil	<b>€ 63.324.827,21</b>	verschil	<b>€ 71.105.476,54</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	16,17	3,41	1,755
			1,43
			20jr
			50jr

#### IV. Model 'Lumphanan'

FLUXES QUIN (LUMPHANAN), STANDAARD SCC, STOCK VERMINDERING LT						
jaar	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030		
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$					SCC
2020	200,41	200,41	200,41	200,41	200,41	35,47
2021	407,83	407,83	407,83	407,83	407,83	36,71
2022	622,50	622,50	622,50	622,50	622,50	38,00
2023	844,70	844,70	844,70	844,70	844,70	39,33
2024	1074,67	1074,67	1074,67	1074,67	1074,67	40,70
2025	1312,69	1312,69	1312,69	1312,69	1312,69	42,13
2026	1559,04	1559,04	1559,04	1559,04	1559,04	43,60
2027	1814,01	1814,01	1814,01	1814,01	1814,01	45,13
2028	2077,90	2077,90	2077,90	2077,90	2077,90	46,71
2029	2351,04	2351,04	2351,04	2351,04	2351,04	48,34
2030	2633,73	2633,73	2633,73	2633,73	2475,87	50,03
2031	2926,31	2926,31	2926,31	2926,31	2605,07	51,79
2032	3229,14	3229,14	3229,14	3229,14	2738,80	53,60
2033	3542,57	3542,57	3542,57	3542,57	2877,21	55,47
2034	3866,96	3866,96	3866,96	3866,96	3020,46	57,42
2035	4202,71	4202,71	4202,71	4202,71	3168,72	59,42
2036	4550,21	4550,21	4550,21	4550,21	3322,18	61,50
2037	4909,87	4909,87	4909,87	4909,87	3481,00	63,66
2038	5282,12	5282,12	5282,12	5282,12	3645,38	65,89
2039	5667,40	5667,40	5667,40	5667,40	3815,52	68,19
2040	6066,17	6066,17	6066,17	6066,17	3991,61	70,58
2041	6478,89	6478,89	6478,89	6478,89	4173,87	73,05
2042	6906,06	6906,06	6906,06	6906,06	4362,50	75,60
2043	7348,17	7348,17	7348,17	7348,17	4557,74	78,25
2044	7805,77	7805,77	7805,77	7805,77	4759,81	80,99
2045	8279,37	8279,37	8279,37	8279,37	4968,95	83,82
2046	8769,56	8769,56	8769,56	8769,56	5185,41	86,76
2047	9276,90	9276,90	9276,90	9276,90	5409,45	89,79
2048	9801,99	9801,99	9801,99	9801,99	5641,33	92,94
2049	10345,47	10345,47	10345,47	10345,47	5881,32	96,19
2050	10902,53	10902,53	10591,46	10591,46	6127,32	98,60
2051	11473,52	11473,52	10843,61	10843,61	6412,30	101,06
2052	12058,78	12058,78	11102,06	11102,06	6704,42	103,59
2053	12658,68	12658,68	11366,97	11366,97	7003,83	106,18
2054	13273,57	13273,57	11638,50	11638,50	7310,74	108,83
2055	13903,83	13903,83	11916,82	11916,82	7625,31	111,55
2056	14549,86	14549,86	12202,10	12202,10	7947,75	114,34
2057	15212,03	15212,03	12494,51	12494,51	8278,25	117,20
2058	15890,75	15890,75	12794,23	12794,23	8617,01	120,13
2059	16586,45	16586,45	13101,44	13101,44	8964,24	123,13
2060	17296,06	17296,06	13414,80	13414,80	9318,42	125,59
2061	18019,86	18019,86	13734,42	13734,42	9679,68	128,11
2062	18758,13	18758,13	14060,44	14060,44	10048,16	130,67
2063	19511,18	19511,18	14392,98	14392,98	10424,02	133,28
2064	20279,28	20279,28	14732,17	14732,17	10807,39	135,95
2065	21062,74	21062,74	15078,14	15078,14	11198,43	138,67

2066		21861,88		21861,88		15431,03		11597,29	141,44
2067		22676,99		22676,99		15790,98		12004,13	144,27
2068		23508,41		23508,41		16158,13		12419,10	147,15
2069		24356,46		24356,46		16532,62		12842,37	150,10
<b>2070</b>		<b>25217,23</b>		<b>24736,57</b>		<b>16962,25</b>		<b>13272,00</b>	<b>152,35</b>
2071		26090,91		25122,38		17398,31		13708,06	154,63
2072		26977,69		25513,98		17840,92		14150,67	156,95
2073		27877,78		25911,45		18290,17		14599,92	159,31
2074		28791,37		26314,88		18746,15		15055,90	161,70
2075		29718,66		26724,37		19208,98		15518,73	164,12
2076		30659,86		27140,00		19678,74		15988,50	166,58
2077		31615,18		27561,86		20155,56		16465,31	169,08
2078		32584,83		27990,05		20639,53		16949,28	171,62
2079		33569,02		28424,66		21130,75		17440,50	174,19
2080		34567,98		28865,79		21629,35		18191,93	176,81
2081		35576,92		29311,34		22132,93		18950,87	178,57
2082		36595,96		29761,34		22641,54		19717,40	180,36
2083		37625,19		30215,84		23155,24		20491,60	182,16
2084		38664,70		30674,88		23674,08		21273,54	183,99
2085		39714,62		31138,51		24198,11		22063,30	185,83
2086		40775,03		31606,78		24727,38		22860,95	187,68
2087		41846,05		32079,74		25261,94		23666,58	189,56
2088		42927,77		32557,42		25801,85		24480,27	191,46
2089		44020,32		33039,88		26347,15		25302,10	193,37
2090		45118,32		33587,91		26895,18		26128,03	194,34
2091		46221,82		34138,68		27445,95		26958,09	195,31
2092		47330,84		34692,21		27999,48		27792,31	196,29
2093		48445,40		35248,50		28555,77		28630,69	197,27
2094		49565,53		35807,58		29114,85		29473,27	198,25
2095		50691,26		36369,45		29676,72		30320,06	199,24
2096		51822,62		36934,13		30241,40		31171,09	200,24
2097		52959,64		37501,63		30808,90		32026,37	201,24
2098		54102,34		38071,97		31379,24		32885,92	202,25
2099		55250,76		38645,16		31952,43		33749,77	203,26
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>56404,92</b>	<b>per ha</b>	<b>39221,22</b>		<b>32820,61</b>	<b>per ha</b>	<b>34617,95</b>	<b>204,28</b>
		€ 705,06	per ha/jaar	€ 490,27	per ha/jaar	410,26	per ha/jaar	432,72	per ha/jaar
		<b>€ 30.740.681,35</b>		<b>€ 21.375.565,71</b>		<b>€ 17.887.230,39</b>		<b>€ 18.866.781,41</b>	
			verschil	<b>€ 9.365.115,64</b>	verschil	<b>€ 12.853.450,96</b>	verschil	<b>€ 11.873.899,94</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	5,65	4,25	1,755 1,43
			20jr 50jr

## V. Model 'Bodemstock Hoog'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), STANDAARD SCC, HOGE WAARDEN BODEMSTOCK							
jaar	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030			
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$						<b>SCC</b>
2020	448,70	448,70	448,70	448,70	448,70	35,47	
2021	913,10	913,10	913,10	913,10	913,10	36,71	
2022	1393,75	1393,75	1393,75	1393,75	1393,75	38,00	
2023	1891,23	1891,23	1891,23	1891,23	1891,23	39,33	
2024	2406,11	2406,11	2406,11	2406,11	2406,11	40,70	
2025	2939,02	2939,02	2939,02	2939,02	2939,02	42,13	
2026	3490,59	3490,59	3490,59	3490,59	3490,59	43,60	
2027	4061,45	4061,45	4061,45	4061,45	4061,45	45,13	
2028	4652,30	4652,30	4652,30	4652,30	4652,30	46,71	
2029	5263,82	5263,82	5263,82	5263,82	5263,82	48,34	
<b>2030</b>	5896,75	5896,75	5896,75	5896,75	5419,09	50,03	
2031	6551,83	6551,83	6551,83	6551,83	5579,79	51,79	
2032	7229,84	7229,84	7229,84	7229,84	5746,12	53,60	
2033	7931,58	7931,58	7931,58	7931,58	5918,27	55,47	
2034	8657,89	8657,89	8657,89	8657,89	6096,44	57,42	
2035	9409,61	9409,61	9409,61	9409,61	6280,85	59,42	
2036	10187,64	10187,64	10187,64	10187,64	6471,71	61,50	
2037	10992,90	10992,90	10992,90	10992,90	6669,26	63,66	
2038	11826,35	11826,35	11826,35	11826,35	6873,72	65,89	
2039	12688,97	12688,97	12688,97	12688,97	7085,33	68,19	
2040	13581,78	13581,78	13581,78	13581,78	7304,35	70,58	
2041	14505,83	14505,83	14505,83	14505,83	7531,04	73,05	
2042	15462,23	15462,23	15462,23	15462,23	7765,66	75,60	
2043	16452,11	16452,11	16452,11	16452,11	8008,49	78,25	
2044	17476,63	17476,63	17476,63	17476,63	8259,82	80,99	
2045	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	8519,95	83,82	
2046	19634,49	19634,49	19634,49	19634,49	8789,18	86,76	
2047	20770,40	20770,40	20770,40	20770,40	9067,84	89,79	
2048	21946,06	21946,06	21946,06	21946,06	9356,25	92,94	
2049	23162,86	23162,86	23162,86	23162,86	9654,75	96,19	
<b>2050</b>	24410,09	24410,09	23468,83	23468,83	9960,71	98,60	
2051	25688,50	25688,50	23782,44	23782,44	10326,67	101,06	
2052	26998,87	26998,87	24103,90	24103,90	10701,77	103,59	
2053	28342,00	28342,00	24433,39	24433,39	11086,25	106,18	
2054	29718,70	29718,70	24771,12	24771,12	11480,35	108,83	
2055	31129,82	31129,82	25117,29	25117,29	11884,29	111,55	
2056	32576,23	32576,23	25472,11	25472,11	12298,34	114,34	
2057	34058,79	34058,79	25835,81	25835,81	12722,73	117,20	
2058	35578,41	35578,41	26208,60	26208,60	13157,74	120,13	
2059	37136,03	37136,03	26590,71	26590,71	13603,62	123,13	
2060	38724,80	38724,80	26980,46	26980,46	14058,42	125,59	
2061	40345,34	40345,34	27378,00	27378,00	14522,31	128,11	
2062	41998,30	41998,30	27783,50	27783,50	14995,48	130,67	
2063	43684,31	43684,31	28197,11	28197,11	15478,12	133,28	
2064	45404,05	45404,05	28618,99	28618,99	15970,41	135,95	
2065	47158,18	47158,18	29049,30	29049,30	16472,54	138,67	

2066		48947,39		48947,39		29488,22		16984,72	141,44
2067		50772,38		50772,38		29935,93		17507,14	144,27
2068		52633,88		52633,88		30392,58		18040,01	147,15
2069		54532,60		54532,60		30858,37		18583,53	150,10
<b>2070</b>		56459,81		55005,38		31410,05		19135,21	152,35
2071		58415,93		55485,25		31970,00		19695,16	154,63
2072		60401,38		55972,31		32538,36		20263,52	156,95
2073		62416,62		56466,68		33115,23		20840,40	159,31
2074		64462,09		56968,47		33700,77		21425,93	161,70
2075		66538,24		57477,78		34295,08		22020,24	164,12
2076		68645,53		57994,73		34898,31		22623,47	166,58
2077		70784,43		58519,44		35510,59		23235,75	169,08
2078		72955,41		59052,02		36132,05		23857,21	171,62
2079		75158,96		59592,58		36762,83		24488,00	174,19
2080		77395,56		60141,26		37403,08		25531,15	176,81
2081		79654,53		60695,42		38049,73		26584,74	178,57
2082		81936,09		61255,12		38702,84		27648,87	180,36
2083		84240,46		61820,42		39362,49		28723,64	182,16
2084		86567,88		62391,38		40028,73		29809,15	183,99
2085		88918,57		62968,04		40701,64		30905,52	185,83
2086		91292,77		63550,47		41381,27		32012,85	187,68
2087		93690,71		64138,72		42067,70		33131,26	189,56
2088		96112,63		64732,86		42760,99		34260,85	191,46
2089		98558,77		65332,94		43461,22		35401,74	193,37
2090		101017,13		66036,66		44164,95		36548,33	194,34
2091		103487,80		66743,91		44872,20		37700,65	195,31
2092		105970,81		67454,69		45582,98		38858,74	196,29
2093		108466,24		68169,03		46297,32		40022,62	197,27
2094		110974,15		68886,94		47015,23		41192,31	198,25
2095		113494,59		69608,44		47736,73		42367,86	199,24
2096		116027,64		70333,55		48461,83		43549,28	200,24
2097		118573,35		71062,28		49190,56		44736,61	201,24
2098		121131,80		71794,65		49922,94		45929,87	202,25
2099		123703,03		72530,69		50658,97		47129,10	203,26
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>126287,12</b>	<b>per ha</b>	<b>73270,41</b>		<b>51864,20</b>	<b>per ha</b>	<b>48334,33</b>	<b>204,28</b>
		€ 1.578,59	per ha/jaar	€ 915,88	per ha/jaar	648,30	per ha/jaar	604,18	per ha/jaar
		<b>€ 68.826.481,25</b>		<b>€ 39.932.371,46</b>		<b>€ 28.265.990,61</b>		<b>€ 26.342.211,05</b>	
			verschil	<b>€ 28.894.109,78</b>	verschil	<b>€ 40.560.490,64</b>	verschil	<b>€ 42.484.270,19</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	2,79675   2,278833
			20jr   50jr

## VI. Model 'Bodemstock Laag'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), STANDAARD SCC, LAGE WAARDEN BODEMSTOCK						
	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030		
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$					SCC
2020	448,70	448,70	448,70	448,70	448,70	35,47
2021	913,10	913,10	913,10	913,10	913,10	36,71
2022	1393,75	1393,75	1393,75	1393,75	1393,75	38,00
2023	1891,23	1891,23	1891,23	1891,23	1891,23	39,33
2024	2406,11	2406,11	2406,11	2406,11	2406,11	40,70
2025	2939,02	2939,02	2939,02	2939,02	2939,02	42,13
2026	3490,59	3490,59	3490,59	3490,59	3490,59	43,60
2027	4061,45	4061,45	4061,45	4061,45	4061,45	45,13
2028	4652,30	4652,30	4652,30	4652,30	4652,30	46,71
2029	5263,82	5263,82	5263,82	5263,82	5263,82	48,34
2030	5896,75	5896,75	5896,75	5896,75	5492,60	50,03
2031	6551,83	6551,83	6551,83	6551,83	5729,39	51,79
2032	7229,84	7229,84	7229,84	7229,84	5974,47	53,60
2033	7931,58	7931,58	7931,58	7931,58	6228,12	55,47
2034	8657,89	8657,89	8657,89	8657,89	6490,65	57,42
2035	9409,61	9409,61	9409,61	9409,61	6762,37	59,42
2036	10187,64	10187,64	10187,64	10187,64	7043,60	61,50
2037	10992,90	10992,90	10992,90	10992,90	7334,67	63,66
2038	11826,35	11826,35	11826,35	11826,35	7635,93	65,89
2039	12688,97	12688,97	12688,97	12688,97	7947,73	68,19
2040	13581,78	13581,78	13581,78	13581,78	8270,45	70,58
2041	14505,83	14505,83	14505,83	14505,83	8604,46	73,05
2042	15462,23	15462,23	15462,23	15462,23	8950,17	75,60
2043	16452,11	16452,11	16452,11	16452,11	9307,97	78,25
2044	17476,63	17476,63	17476,63	17476,63	9678,29	80,99
2045	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	10061,58	83,82
2046	19634,49	19634,49	19634,49	19634,49	10458,28	86,76
2047	20770,40	20770,40	20770,40	20770,40	10868,87	89,79
2048	21946,06	21946,06	21946,06	21946,06	11293,82	92,94
2049	23162,86	23162,86	23162,86	23162,86	11733,65	96,19
2050	24410,09	24410,09	23613,69	24410,09	12184,48	98,60
2051	25688,50	25688,50	24075,79	25688,50	12671,42	101,06
2052	26998,87	26998,87	24549,43	26998,87	13170,53	103,59
2053	28342,00	28342,00	25034,92	28342,00	13682,13	106,18
2054	29718,70	29718,70	25532,55	29718,70	14206,51	108,83
2055	31129,82	31129,82	26042,62	31129,82	14744,00	111,55
2056	32576,23	32576,23	26565,44	32576,23	15294,93	114,34
2057	34058,79	34058,79	27101,33	34058,79	15859,63	117,20
2058	35578,41	35578,41	27650,62	35578,41	16438,45	120,13
2059	37136,03	37136,03	28213,64	37136,03	17031,74	123,13
2060	38724,80	38724,80	28787,92	38724,80	17636,89	125,59
2061	40345,34	40345,34	29373,68	40345,34	18254,15	128,11
2062	41998,30	41998,30	29971,17	41998,30	18883,76	130,67
2063	43684,31	43684,31	30580,60	43684,31	19525,95	133,28
2064	45404,05	45404,05	31202,22	45404,05	20180,99	135,95
2065	47158,18	47158,18	31836,27	47158,18	20849,13	138,67



2066		48947,39		48947,39		32483,00		21530,64	141,44
2067		50772,38		50772,38		33142,67		22225,77	144,27
2068		52633,88		52633,88		33815,53		22934,80	147,15
2069		54532,60		54532,60		34501,85		23658,02	150,10
2070		56459,81		55229,22		35235,91		24392,09	152,35
2071		58415,93		55936,28		35980,99		25137,16	154,63
2072		60401,38		56653,95		36737,24		25893,42	156,95
2073		62416,62		57382,38		37504,84		26661,01	159,31
2074		64462,09		58121,74		38283,95		27440,12	161,70
2075		66538,24		58872,19		39074,74		28230,92	164,12
2076		68645,53		59633,90		39877,40		29033,58	166,58
2077		70784,43		60407,03		40692,10		29848,27	169,08
2078		72955,41		61191,76		41519,02		30675,19	171,62
2079		75158,96		61988,26		42358,34		31514,52	174,19
2080		77395,56		62796,71		43210,25		32557,67	176,81
2081		79654,53		63613,24		44070,68		33611,26	178,57
2082		81936,09		64437,93		44939,72		34675,39	180,36
2083		84240,46		65270,88		45817,45		35750,16	182,16
2084		86567,88		66112,15		46703,95		36835,67	183,99
2085		88918,57		66961,84		47599,32		37932,04	185,83
2086		91292,77		67820,02		48503,64		39039,37	187,68
2087		93690,71		68686,79		49417,01		40157,78	189,56
2088		96112,63		69562,22		50339,51		41287,37	191,46
2089		98558,77		70446,41		51271,23		42428,26	193,37
2090		101017,13		71382,79		52207,61		43574,85	194,34
2091		103487,80		72323,86		53148,68		44727,17	195,31
2092		105970,81		73269,63		54094,45		45885,26	196,29
2093		108466,24		74220,12		55044,95		47049,14	197,27
2094		110974,15		75175,38		56000,20		48218,83	198,25
2095		113494,59		76135,40		56960,23		49394,38	199,24
2096		116027,64		77100,23		57925,05		50575,80	200,24
2097		118573,35		78069,88		58894,70		51763,13	201,24
2098		121131,80		79044,38		59869,21		52956,39	202,25
2099		123703,03		80023,76		60848,58		54155,62	203,26
2100	<b>totaal</b>	<b>126287,12</b>	<b>per ha</b>	<b>81008,03</b>		<b>62053,81</b>	<b>per ha</b>	<b>55360,85</b>	204,28
		€ 1.578,59	per ha/jaar	€ 1.012,60	per ha/jaar	775,67	per ha/jaar	692,01	per ha/jaar
		<b>€ 68.826.481,25</b>		<b>€ 44.149.373,88</b>		<b>€ 33.819.324,14</b>		<b>€ 30.171.664,31</b>	
			verschil	<b>€ 24.677.107,37</b>	verschil	<b>€ 35.007.157,11</b>	verschil	<b>€ 38.654.816,94</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	1,3275 1,081667
			20jr 50jr

## VII. Model 'Yang'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), SCC (YANG - NORDHAUS), STANDAARD BODEMSTOCK							
jaar	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030			
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$						<b>SCC</b>
2020	448,70	448,70	448,70	448,70	448,70	35,47	
2021	916,37	916,37	916,37	916,37	916,37	36,97	
2022	1403,01	1403,01	1403,01	1403,01	1403,01	38,47	
2023	1908,63	1908,63	1908,63	1908,63	1908,63	39,97	
2024	2433,23	2433,23	2433,23	2433,23	2433,23	41,47	
2025	2976,80	2976,80	2976,80	2976,80	2976,80	42,97	
2026	3539,34	3539,34	3539,34	3539,34	3539,34	44,47	
2027	4120,86	4120,86	4120,86	4120,86	4120,86	45,97	
2028	4721,36	4721,36	4721,36	4721,36	4721,36	47,47	
2029	5340,83	5340,83	5340,83	5340,83	5340,83	48,97	
<b>2030</b>	5979,28	5979,28	5979,28	5979,28	5550,03	50,47	
2031	6636,70	6636,70	6636,70	6636,70	5765,44	51,97	
2032	7313,09	7313,09	7313,09	7313,09	5987,08	53,47	
2033	8008,46	8008,46	8008,46	8008,46	6214,93	54,97	
2034	8722,81	8722,81	8722,81	8722,81	6449,00	56,47	
2035	9456,13	9456,13	9456,13	9456,13	6689,28	57,97	
2036	10208,42	10208,42	10208,42	10208,42	6935,78	59,47	
2037	10979,69	10979,69	10979,69	10979,69	7188,51	60,97	
2038	11769,94	11769,94	11769,94	11769,94	7447,44	62,47	
2039	12579,16	12579,16	12579,16	12579,16	7712,60	63,97	
2040	13407,36	13407,36	13407,36	13407,36	7983,97	65,47	
2041	14254,53	14254,53	14254,53	14254,53	8261,56	66,97	
2042	15120,67	15120,67	15120,67	15120,67	8545,37	68,47	
2043	16005,79	16005,79	16005,79	16005,79	8835,40	69,97	
2044	16909,89	16909,89	16909,89	16909,89	9131,64	71,47	
2045	17832,96	17832,96	17832,96	17832,96	9434,10	72,97	
2046	18775,00	18775,00	18775,00	18775,00	9742,78	74,47	
2047	19736,02	19736,02	19736,02	19736,02	10057,67	75,97	
2048	20716,02	20716,02	20716,02	20716,02	10378,79	77,47	
2049	21714,99	21714,99	21714,99	21714,99	10706,12	78,97	
<b>2050</b>	22732,94	22732,94	22048,54	22048,54	11039,67	80,47	
2051	23769,86	23769,86	22388,30	22388,30	11406,07	81,97	
2052	24825,75	24825,75	22734,29	22734,29	11779,18	83,47	
2053	25900,62	25900,62	23086,49	23086,49	12159,00	84,97	
2054	26994,47	26994,47	23444,91	23444,91	12545,52	86,47	
2055	28107,29	28107,29	23809,54	23809,54	12938,75	87,97	
2056	29239,08	29239,08	24180,39	24180,39	13338,68	89,47	
2057	30389,85	30389,85	24557,47	24557,47	13745,31	90,97	
2058	31559,60	31559,60	24940,75	24940,75	14158,65	92,47	
2059	32748,32	32748,32	25330,26	25330,26	14578,70	93,97	
2060	33956,02	33956,02	25725,98	25725,98	15005,45	95,47	
2061	35182,69	35182,69	26127,92	26127,92	15438,91	96,97	
2062	36428,33	36428,33	26536,08	26536,08	15879,07	98,47	
2063	37692,95	37692,95	26950,46	26950,46	16325,93	99,97	
2064	38976,55	38976,55	27371,05	27371,05	16779,50	101,47	
2065	40279,12	40279,12	27797,86	27797,86	17239,78	102,97	

2066		41600,66		41600,66		28230,89		17706,76	104,47
2067		42941,18		42941,18		28670,13		18180,45	105,97
2068		44300,68		44300,68		29115,60		18660,84	107,47
2069		45679,15		45679,15		29567,28		19147,93	108,97
<b>2070</b>		47076,60		46137,05		30061,08		19641,73	110,47
2071		48493,02		46601,16		30561,58		20142,24	111,97
2072		49928,41		47071,50		31068,80		20649,45	113,47
2073		51382,78		47548,05		31582,71		21163,37	114,97
2074		52856,13		48030,82		32103,33		21683,99	116,47
2075		54348,45		48519,80		32630,66		22211,31	117,97
2076		55859,74		49015,00		33164,69		22745,34	119,47
2077		57390,01		49516,43		33705,43		23286,08	120,97
2078		58939,26		50024,06		34252,87		23833,52	122,47
2079		60507,48		50537,92		34807,01		24387,67	123,97
2080		62094,68		51057,99		35367,86		25127,94	125,47
2081		63700,85		51584,28		35935,42		25877,06	126,97
2082		65325,99		52116,79		36509,68		26635,04	128,47
2083		66970,11		52655,52		37090,65		27401,86	129,97
2084		68633,21		53200,46		37678,32		28177,53	131,47
2085		70315,28		53751,62		38272,69		28962,06	132,97
2086		72016,32		54309,00		38873,77		29755,43	134,47
2087		73736,34		54872,59		39481,56		30557,65	135,97
2088		75475,34		55442,41		40096,05		31368,72	137,47
2089		77233,31		56018,44		40717,25		32188,65	138,97
2090		79010,26		56646,34		41345,15		33017,42	140,47
2091		80806,18		57280,94		41979,75		33855,04	141,97
2092		82621,07		57922,26		42621,06		34701,52	143,47
2093		84454,94		58570,27		43269,08		35556,84	144,97
2094		86307,79		59224,99		43923,80		36421,01	146,47
2095		88179,61		59886,42		44585,23		37294,04	147,97
2096		90070,40		60554,55		45253,36		38175,91	149,47
2097		91980,17		61229,39		45928,19		39066,63	150,97
2098		93908,92		61910,93		46609,73		39966,20	152,47
2099		95856,64		62599,17		47297,98		40874,63	153,97
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>97823,34</b>	<b>per ha</b>	<b>63294,12</b>		<b>48215,25</b>	<b>per ha</b>	<b>41791,90</b>	<b>155,47</b>
		€ 1.222,79	per ha/jaar	€ 791,18	per ha/jaar	602,69	per ha/jaar	522,40	per ha/jaar
		<b>€ 53.313.717,85</b>		<b>€ 34.495.296,98</b>		<b>€ 26.277.312,89</b>		<b>€ 22.776.585,64</b>	
			verschil	<b>€ 18.818.420,87</b>	verschil	<b>€ 27.036.404,96</b>	verschil	<b>€ 30.537.132,21</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	1,755
			1,43
			20jr
			50jr

## VIII. Model 'Tol'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), SCC (TOL 2007), STANDAARD BODEMSTOCK						
	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030		
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$					SCC
2020	494,62	494,62	494,62	494,62	494,62	39,10
2021	1006,54	1006,54	1006,54	1006,54	1006,54	40,47
2022	1536,39	1536,39	1536,39	1536,39	1536,39	41,88
2023	2084,77	2084,77	2084,77	2084,77	2084,77	43,35
2024	2652,36	2652,36	2652,36	2652,36	2652,36	44,87
2025	3239,80	3239,80	3239,80	3239,80	3239,80	46,44
2026	3847,81	3847,81	3847,81	3847,81	3847,81	48,06
2027	4477,10	4477,10	4477,10	4477,10	4477,10	49,75
2028	5128,41	5128,41	5128,41	5128,41	5128,41	51,49
2029	5802,52	5802,52	5802,52	5802,52	5802,52	53,29
2030	6500,23	6500,23	6500,23	6500,23	6031,14	55,15
2031	7222,35	7222,35	7222,35	7222,35	6267,75	57,08
2032	7969,75	7969,75	7969,75	7969,75	6512,65	59,08
2033	8743,30	8743,30	8743,30	8743,30	6766,12	61,15
2034	9543,93	9543,93	9543,93	9543,93	7028,46	63,29
2035	10372,59	10372,59	10372,59	10372,59	7299,99	65,51
2036	11230,24	11230,24	11230,24	11230,24	7581,01	67,80
2037	12117,91	12117,91	12117,91	12117,91	7871,87	70,17
2038	13036,66	13036,66	13036,66	13036,66	8172,92	72,63
2039	13987,55	13987,55	13987,55	13987,55	8484,50	75,17
2040	14971,73	14971,73	14971,73	14971,73	8806,98	77,80
2041	15990,36	15990,36	15990,36	15990,36	9140,75	80,52
2042	17044,64	17044,64	17044,64	17044,64	9486,20	83,34
2043	18135,81	18135,81	18135,81	18135,81	9843,75	86,26
2044	19265,18	19265,18	19265,18	19265,18	10213,81	89,28
2045	20434,08	20434,08	20434,08	20434,08	10596,82	92,40
2046	21643,89	21643,89	21643,89	21643,89	10993,23	95,64
2047	22896,04	22896,04	22896,04	22896,04	11403,52	98,98
2048	24192,01	24192,01	24192,01	24192,01	11828,17	102,45
2049	25533,35	25533,35	25533,35	25533,35	12267,68	106,03
2050	26908,22	26908,22	25983,85	25983,85	12718,18	108,69
2051	28317,46	28317,46	26445,61	26445,61	13216,15	111,40
2052	29761,93	29761,93	26918,92	26918,92	13726,57	114,19
2053	31242,52	31242,52	27404,06	27404,06	14249,75	117,04
2054	32760,11	32760,11	27901,33	27901,33	14786,01	119,97
2055	34315,65	34315,65	28411,03	28411,03	15335,67	122,97
2056	35910,08	35910,08	28933,47	28933,47	15899,08	126,04
2057	37544,36	37544,36	29468,98	29468,98	16476,57	129,19
2058	39219,51	39219,51	30017,87	30017,87	17068,50	132,42
2059	40936,53	40936,53	30580,48	30580,48	17675,22	135,73
2060	42687,90	42687,90	31154,35	31154,35	18294,09	138,45
2061	44474,29	44474,29	31739,69	31739,69	18925,32	141,22
2062	46296,40	46296,40	32336,74	32336,74	19569,19	144,04
2063	48154,96	48154,96	32945,73	32945,73	20225,93	146,92
2064	50050,70	50050,70	33566,90	33566,90	20895,80	149,86
2065	51984,34	51984,34	34200,49	34200,49	21579,08	152,86

2066		53956,66		53956,66		34846,76		22276,01	155,91
2067		55968,43		55968,43		35505,95		22986,89	159,03
2068		58020,43		58020,43		36178,33		23711,99	162,21
2069		60113,47		60113,47		36864,15		24451,58	165,46
<b>2070</b>		<b>62237,91</b>		<b>60809,58</b>		<b>37614,84</b>		<b>25202,27</b>	<b>167,94</b>
2071		64394,21		61516,13		38376,79		25964,22	170,46
2072		66582,86		62233,28		39150,17		26737,60	173,02
2073		68804,34		62961,19		39935,15		27522,58	175,61
2074		71059,14		63700,02		40731,91		28319,34	178,25
2075		73347,76		64449,92		41540,61		29128,05	180,92
2076		75670,71		65211,08		42361,45		29948,88	183,63
2077		78028,51		65983,66		43194,60		30782,03	186,39
2078		80421,67		66767,82		44040,25		31627,68	189,18
2079		82850,73		67563,74		44898,58		32486,01	192,02
2080		85316,22		68371,61		45769,79		33635,93	194,90
2081		87806,38		69187,55		46649,70		34797,34	196,85
2082		90321,43		70011,65		47538,42		35970,37	198,82
2083		92861,63		70843,99		48436,03		37155,13	200,81
2084		95427,24		71684,66		49342,61		38351,73	202,81
2085		98018,50		72533,73		50258,26		39560,31	204,84
2086		100635,67		73391,30		51183,06		40780,96	206,89
2087		103279,01		74257,44		52117,11		42013,83	208,96
2088		105948,79		75132,24		53060,50		43259,02	211,05
2089		108645,27		76015,79		54013,33		44516,67	213,16
2090		111355,23		76973,38		54970,92		45780,60	214,23
2091		114078,74		77935,76		55933,30		47050,85	215,30
2092		116815,86		78902,95		56900,49		48327,46	216,37
2093		119566,67		79874,97		57872,51		49610,44	217,46
2094		122331,24		80851,86		58849,40		50899,85	218,54
2095		125109,63		81833,63		59831,17		52195,70	219,64
2096		127901,91		82820,31		60817,85		53498,02	220,73
2097		130708,15		83811,92		61809,46		54806,86	221,84
2098		133528,43		84808,49		62806,03		56122,25	222,95
2099		136362,80		85810,05		63807,59		57444,21	224,06
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>139211,35</b>	<b>per ha</b>	<b>86816,61</b>		<b>65136,16</b>	<b>per ha</b>	<b>58772,78</b>	<b>225,18</b>
		€ 1.740,14	per ha/jaar	€ 1.085,21	per ha/jaar	814,20	per ha/jaar	734,66	per ha/jaar
		<b>€ 75.870.183,72</b>		<b>€ 47.315.050,96</b>		<b>€ 35.499.206,48</b>		<b>€ 32.031.166,00</b>	
			verschil	<b>€ 28.555.132,76</b>	verschil	<b>€ 40.370.977,25</b>	verschil	<b>€ 43.839.017,72</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	1,755
			1,43
			20jr
			50jr

IX. Model 'Europa'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), SCC adhv EU ETS, STANDAARD BODEMSTOCK							
jaar	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030			
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$						<b>SCC</b>
2020	392,15	392,15	392,15	392,15	392,15	31,00	
2021	791,12	791,12	791,12	791,12	791,12	31,54	
2022	1198,87	1198,87	1198,87	1198,87	1198,87	32,23	
2023	1615,60	1615,60	1615,60	1615,60	1615,60	32,94	
2024	2041,48	2041,48	2041,48	2041,48	2041,48	33,67	
2025	2476,74	2476,74	2476,74	2476,74	2476,74	34,41	
2026	2921,58	2921,58	2921,58	2921,58	2921,58	35,16	
2027	3376,20	3376,20	3376,20	3376,20	3376,20	35,94	
2028	3840,82	3840,82	3840,82	3840,82	3840,82	36,73	
2029	4315,67	4315,67	4315,67	4315,67	4315,67	37,54	
<b>2030</b>	4800,96	4800,96	4800,96	4800,96	4474,68	38,36	
2031	5303,23	5303,23	5303,23	5303,23	4639,26	39,71	
2032	5823,09	5823,09	5823,09	5823,09	4809,60	41,10	
2033	6361,14	6361,14	6361,14	6361,14	4985,90	42,53	
2034	6918,02	6918,02	6918,02	6918,02	5168,37	44,02	
2035	7494,39	7494,39	7494,39	7494,39	5357,23	45,56	
2036	8090,94	8090,94	8090,94	8090,94	5552,70	47,16	
2037	8708,37	8708,37	8708,37	8708,37	5755,01	48,81	
2038	9347,40	9347,40	9347,40	9347,40	5964,40	50,52	
2039	10008,80	10008,80	10008,80	10008,80	6181,12	52,28	
2040	10693,35	10693,35	10693,35	10693,35	6405,43	54,11	
2041	11401,86	11401,86	11401,86	11401,86	6637,59	56,01	
2042	12135,17	12135,17	12135,17	12135,17	6877,87	57,97	
2043	12894,14	12894,14	12894,14	12894,14	7126,56	60,00	
2044	13679,68	13679,68	13679,68	13679,68	7383,95	62,10	
2045	14492,71	14492,71	14492,71	14492,71	7650,36	64,27	
2046	15334,20	15334,20	15334,20	15334,20	7926,09	66,52	
2047	16205,14	16205,14	16205,14	16205,14	8211,47	68,85	
2048	17106,56	17106,56	17106,56	17106,56	8506,83	71,26	
2049	18039,53	18039,53	18039,53	18039,53	8812,54	73,75	
<b>2050</b>	19000,49	19000,49	18354,41	18354,41	9127,41	75,97	
2051	19990,28	19990,28	18678,73	18678,73	9477,17	78,24	
2052	21009,77	21009,77	19012,78	19012,78	9837,41	80,59	
2053	22059,84	22059,84	19356,86	19356,86	10208,46	83,01	
2054	23141,41	23141,41	19711,25	19711,25	10590,65	85,50	
2055	24255,42	24255,42	20076,28	20076,28	10984,29	88,06	
2056	25402,86	25402,86	20452,26	20452,26	11389,75	90,71	
2057	26584,72	26584,72	20839,52	20839,52	11807,37	93,43	
2058	27802,04	27802,04	21238,39	21238,39	12237,53	96,23	
2059	29055,88	29055,88	21649,24	21649,24	12680,58	99,12	
2060	30341,06	30341,06	22070,35	22070,35	13134,71	101,60	
2061	31658,37	31658,37	22501,99	22501,99	13600,20	104,14	
2062	33008,62	33008,62	22944,42	22944,42	14077,32	106,74	
2063	34392,62	34392,62	23397,92	23397,92	14566,37	109,41	
2064	35811,22	35811,22	23862,75	23862,75	15067,65	112,14	
2065	37265,28	37265,28	24339,20	24339,20	15581,45	114,95	

2066		38755,70		38755,70		24827,56		16108,11	117,82
2067		40283,38		40283,38		25328,13		16647,93	120,77
2068		41849,25		41849,25		25841,22		17201,24	123,78
2069		43454,27		43454,27		26367,13		17768,39	126,88
<b>2070</b>		45091,38		43990,70		26945,62		18346,88	129,42
2071		46761,24		44537,86		27535,68		18936,94	132,00
2072		48464,50		45095,96		28137,54		19538,81	134,64
2073		50201,82		45665,22		28751,44		20152,70	137,34
2074		51973,89		46245,87		29377,62		20778,88	140,08
2075		53781,40		46838,14		30016,32		21417,58	142,89
2076		55625,06		47442,25		30667,80		22069,06	145,74
2077		57505,59		48058,44		31332,30		22733,56	148,66
2078		59423,74		48686,95		32010,09		23411,36	151,63
2079		61380,24		49328,03		32701,44		24102,71	154,66
2080		63366,10		49978,74		33403,17		25028,92	156,98
2081		65381,74		50639,20		34115,41		25969,02	159,34
2082		67427,61		51309,57		34838,34		26923,22	161,73
2083		69504,18		51989,99		35572,12		27891,74	164,16
2084		71611,89		52680,62		36316,90		28874,78	166,62
2085		73751,22		53381,61		37072,85		29872,57	169,12
2086		75922,64		54093,11		37840,14		30885,33	171,65
2087		78126,63		54815,29		38618,94		31913,28	174,23
2088		80363,68		55548,30		39409,43		32956,64	176,84
2089		82634,28		56292,30		40211,77		34015,66	179,49
2090		84927,60		57102,67		41022,13		35085,27	181,29
2091		87243,84		57921,14		41840,60		36165,57	183,10
2092		89583,25		58747,79		42667,25		37256,68	184,93
2093		91946,05		59582,71		43502,17		38358,70	186,78
2094		94332,48		60425,97		44345,44		39471,74	188,65
2095		96742,77		61277,68		45197,14		40595,90	190,54
2096		99177,17		62137,89		46057,36		41731,31	192,44
2097		101635,91		63006,71		46926,17		42878,08	194,37
2098		104119,24		63884,22		47803,68		44036,31	196,31
2099		106627,40		64770,50		48689,97		45206,12	198,27
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>109160,64</b>	<b>per ha</b>	<b>65665,65</b>		<b>49871,48</b>	<b>per ha</b>	<b>46387,64</b>	<b>200,26</b>
		€ 1.364,51	per ha/jaar	€ 820,82	per ha/jaar	623,39	per ha/jaar	579,85	per ha/jaar
		<b>€ 59.492.549,54</b>		<b>€ 35.787.778,87</b>		<b>€ 27.179.955,67</b>		<b>€ 25.281.262,36</b>	
			verschil	<b>€ 23.704.770,68</b>	verschil	<b>€ 32.312.593,88</b>	verschil	<b>€ 34.211.287,18</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	1,755
			1,43
			20jr
			50jr

X. Model 'Verenigde Staten'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), USG SCC, STANDAARD BODEMSTOCK						
	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030		
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$					SCC
2020	531,30	531,30	531,30	531,30	531,30	42,00
2021	1062,60	1062,60	1062,60	1062,60	1062,60	42,00
2022	1606,55	1606,55	1606,55	1606,55	1606,55	43,00
2023	2163,15	2163,15	2163,15	2163,15	2163,15	44,00
2024	2732,40	2732,40	2732,40	2732,40	2732,40	45,00
2025	3314,30	3314,30	3314,30	3314,30	3314,30	46,00
2026	3908,85	3908,85	3908,85	3908,85	3908,85	47,00
2027	4516,05	4516,05	4516,05	4516,05	4516,05	48,00
2028	5135,90	5135,90	5135,90	5135,90	5135,90	49,00
2029	5755,75	5755,75	5755,75	5755,75	5755,75	49,00
2030	6388,25	6388,25	6388,25	6388,25	5963,00	50,00
2031	7033,40	7033,40	7033,40	7033,40	6174,40	51,00
2032	7691,20	7691,20	7691,20	7691,20	6389,94	52,00
2033	8361,65	8361,65	8361,65	8361,65	6609,62	53,00
2034	9044,75	9044,75	9044,75	9044,75	6833,45	54,00
2035	9740,50	9740,50	9740,50	9740,50	7061,43	55,00
2036	10448,90	10448,90	10448,90	10448,90	7293,55	56,00
2037	11169,95	11169,95	11169,95	11169,95	7529,81	57,00
2038	11903,65	11903,65	11903,65	11903,65	7770,22	58,00
2039	12650,00	12650,00	12650,00	12650,00	8014,78	59,00
2040	13409,00	13409,00	13409,00	13409,00	8263,48	60,00
2041	14180,65	14180,65	14180,65	14180,65	8516,32	61,00
2042	14952,30	14952,30	14952,30	14952,30	8769,17	61,00
2043	15736,60	15736,60	15736,60	15736,60	9026,16	62,00
2044	16533,55	16533,55	16533,55	16533,55	9287,29	63,00
2045	17343,15	17343,15	17343,15	17343,15	9552,57	64,00
2046	18165,40	18165,40	18165,40	18165,40	9822,00	65,00
2047	19000,30	19000,30	19000,30	19000,30	10095,57	66,00
2048	19847,85	19847,85	19847,85	19847,85	10373,28	67,00
2049	20708,05	20708,05	20708,05	20708,05	10655,14	68,00
2050	21580,90	21580,90	20994,06	20994,06	10941,15	69,00
2051	22465,10	22465,10	21283,78	21283,78	11253,58	69,90
2052	23360,79	23360,79	21577,27	21577,27	11570,09	70,81
2053	24268,12	24268,12	21874,57	21874,57	11890,70	71,73
2054	25187,26	25187,26	22175,74	22175,74	12215,49	72,66
2055	26118,33	26118,33	22480,83	22480,83	12544,49	73,60
2056	27061,52	27061,52	22789,88	22789,88	12877,77	74,56
2057	28016,96	28016,96	23102,95	23102,95	13215,39	75,53
2058	28984,83	28984,83	23420,09	23420,09	13557,40	76,51
2059	29965,28	29965,28	23741,35	23741,35	13903,85	77,51
2060	30958,47	30958,47	24066,79	24066,79	14254,80	78,51
2061	31962,59	31962,59	24395,80	24395,80	14609,62	79,38
2062	32977,76	32977,76	24728,44	24728,44	14968,33	80,25
2063	34004,09	34004,09	25064,74	25064,74	15331,00	81,13
2064	35041,71	35041,71	25404,73	25404,73	15697,65	82,03
2065	36090,74	36090,74	25748,47	25748,47	16068,34	82,93



2066		37151,32		37151,32		26095,98		16443,10	83,84
2067		38223,56		38223,56		26447,32		16821,99	84,76
2068		39307,59		39307,59		26802,52		17205,04	85,69
2069		40403,55		40403,55		27161,64		17592,31	86,64
<b>2070</b>		41511,57		40766,61		27553,16		17983,84	87,59
2071		42630,66		41133,30		27948,61		18379,28	88,47
2072		43760,95		41503,66		28348,00		18778,68	89,35
2073		44902,54		41877,72		28751,39		19182,07	90,24
2074		46055,54		42255,53		29158,82		19589,50	91,15
2075		47220,08		42637,11		29570,32		20001,00	92,06
2076		48396,26		43022,50		29985,93		20416,61	92,98
2077		49584,20		43411,75		30405,71		20836,38	93,91
2078		50784,02		43804,90		30829,67		21260,35	94,85
2079		51995,84		44201,97		31257,88		21688,56	95,80
2080		53219,78		44603,02		31690,37		22259,41	96,75
2081		54454,73		45007,67		32126,76		22835,39	97,62
2082		55700,80		45415,97		32567,07		23416,56	98,50
2083		56958,08		45827,94		33011,34		24002,96	99,39
2084		58226,68		46243,62		33459,61		24594,64	100,28
2085		59506,69		46663,04		33911,92		25191,64	101,19
2086		60798,23		47086,23		34368,29		25794,02	102,10
2087		62101,39		47513,24		34828,78		26401,82	103,02
2088		63416,28		47944,08		35293,40		27015,09	103,94
2089		64743,00		48378,81		35762,21		27633,87	104,88
2090		66080,33		48851,37		36234,77		28257,61	105,72
2091		67428,37		49327,71		36711,12		28886,34	106,56
2092		68787,19		49807,86		37191,27		29520,10	107,42
2093		70156,88		50291,85		37675,26		30158,92	108,28
2094		71537,52		50779,72		38163,13		30802,86	109,14
2095		72929,21		51271,49		38654,89		31451,95	110,02
2096		74332,04		51767,19		39150,59		32106,23	110,90
2097		75746,09		52266,86		39650,26		32765,75	111,78
2098		77171,45		52770,52		40153,93		33430,54	112,68
2099		78608,21		53278,22		40661,62		34100,65	113,58
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>80056,47</b>	<b>per ha</b>	<b>53789,97</b>		<b>41337,09</b>	<b>per ha</b>	<b>34776,12</b>	114,49
		€ 1.000,71	per ha/jaar	€ 672,37	per ha/jaar	516,71	per ha/jaar	434,70	per ha/jaar
		<b>€ 43.630.774,93</b>		<b>€ 29.315.534,32</b>		<b>€ 22.528.715,84</b>		<b>€ 18.952.987,70</b>	
			verschil	<b>€ 14.315.240,61</b>	verschil	<b>€ 21.102.059,09</b>	verschil	<b>€ 24.677.787,23</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	1,755
			20jr
			50jr

XI. Model 'DICE/FUND'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), DICE/FUND SCC, STANDAARD BODEMSTOCK							
	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030			
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$						SCC
2020	379,50	379,50	379,50	379,50	379,50	30,00	
2021	772,28	772,28	772,28	772,28	772,28	31,05	
2022	1178,81	1178,81	1178,81	1178,81	1178,81	32,14	
2023	1599,57	1599,57	1599,57	1599,57	1599,57	33,26	
2024	2035,06	2035,06	2035,06	2035,06	2035,06	34,43	
2025	2485,78	2485,78	2485,78	2485,78	2485,78	35,63	
2026	2952,29	2952,29	2952,29	2952,29	2952,29	36,88	
2027	3435,12	3435,12	3435,12	3435,12	3435,12	38,17	
2028	3934,84	3934,84	3934,84	3934,84	3934,84	39,50	
2029	4452,06	4452,06	4452,06	4452,06	4452,06	40,89	
2030	4987,39	4987,39	4987,39	4987,39	4627,47	42,32	
2031	5541,44	5541,44	5541,44	5541,44	4809,02	43,80	
2032	6114,89	6114,89	6114,89	6114,89	4996,92	45,33	
2033	6708,42	6708,42	6708,42	6708,42	5191,40	46,92	
2034	7322,71	7322,71	7322,71	7322,71	5392,68	48,56	
2035	7958,51	7958,51	7958,51	7958,51	5601,01	50,26	
2036	8616,55	8616,55	8616,55	8616,55	5816,63	52,02	
2037	9297,63	9297,63	9297,63	9297,63	6039,80	53,84	
2038	10002,55	10002,55	10002,55	10002,55	6270,78	55,72	
2039	10732,14	10732,14	10732,14	10732,14	6509,84	57,68	
2040	11487,26	11487,26	11487,26	11487,26	6757,27	59,69	
2041	12268,82	12268,82	12268,82	12268,82	7013,36	61,78	
2042	13077,73	13077,73	13077,73	13077,73	7278,42	63,95	
2043	13914,95	13914,95	13914,95	13914,95	7552,75	66,18	
2044	14781,47	14781,47	14781,47	14781,47	7836,68	68,50	
2045	15678,32	15678,32	15678,32	15678,32	8130,55	70,90	
2046	16606,56	16606,56	16606,56	16606,56	8434,70	73,38	
2047	17567,29	17567,29	17567,29	17567,29	8749,50	75,95	
2048	18561,65	18561,65	18561,65	18561,65	9075,32	78,61	
2049	19590,81	19590,81	19590,81	19590,81	9412,54	81,36	
2050	20645,69	20645,69	19936,46	19936,46	9758,20	83,39	
2051	21726,95	21726,95	20290,75	20290,75	10140,27	85,48	
2052	22835,24	22835,24	20653,90	20653,90	10531,90	87,61	
2053	23971,24	23971,24	21026,13	21026,13	10933,31	89,80	
2054	25135,64	25135,64	21407,67	21407,67	11344,76	92,05	
2055	26329,14	26329,14	21798,74	21798,74	11766,50	94,35	
2056	27552,49	27552,49	22199,59	22199,59	12198,78	96,71	
2057	28806,42	28806,42	22610,47	22610,47	12641,87	99,12	
2058	30091,69	30091,69	23031,61	23031,61	13096,03	101,60	
2059	31409,10	31409,10	23463,28	23463,28	13561,55	104,14	
2060	32752,86	32752,86	23903,59	23903,59	14036,38	106,23	
2061	34123,49	34123,49	24352,70	24352,70	14520,71	108,35	
2062	35521,54	35521,54	24810,80	24810,80	15014,72	110,52	
2063	36947,54	36947,54	25278,05	25278,05	15518,61	112,73	
2064	38402,07	38402,07	25754,65	25754,65	16032,59	114,98	
2065	39885,69	39885,69	26240,79	26240,79	16556,84	117,28	

2066		41398,97		41398,97		26736,64		17091,57	119,63
2067		42942,53		42942,53		27242,42		17637,00	122,02
2068		44516,95		44516,95		27758,31		18193,34	124,46
2069		46122,87		46122,87		28284,51		18760,80	126,95
<b>2070</b>		47752,87		46656,97		28860,49		19336,78	128,85
2071		49407,32		47199,08		29445,11		19921,40	130,79
2072		51086,59		47749,32		30038,49		20514,78	132,75
2073		52791,05		48307,82		30640,78		21117,07	134,74
2074		54521,08		48874,69		31252,10		21728,39	136,76
2075		56277,05		49450,07		31872,59		22348,88	138,81
2076		58059,37		50034,08		32502,39		22978,68	140,89
2077		59868,42		50626,85		33141,64		23617,93	143,01
2078		61704,61		51228,50		33790,47		24266,76	145,15
2079		63568,33		51839,19		34449,04		24925,33	147,33
2080		65460,02		52459,03		35117,48		25807,62	149,54
2081		67370,62		53085,08		35792,61		26698,73	151,04
2082		69300,33		53717,38		36474,49		27598,75	152,55
2083		71249,33		54356,01		37163,19		28507,77	154,07
2084		73217,83		55001,02		37858,78		29425,88	155,61
2085		75206,01		55652,48		38561,32		30353,18	157,17
2086		77214,07		56310,46		39270,89		31289,74	158,74
2087		79242,21		56975,02		39987,55		32235,67	160,33
2088		81290,63		57646,22		40711,38		33191,07	161,93
2089		83359,54		58324,13		41442,45		34156,01	163,55
2090		85438,79		59058,86		42177,18		35125,78	164,37
2091		87528,44		59797,26		42915,57		36100,40	165,19
2092		89628,54		60539,35		43657,66		37079,89	166,02
2093		91739,14		61285,15		44403,46		38064,28	166,85
2094		93860,29		62034,67		45152,99		39053,59	167,68
2095		95992,04		62787,95		45906,27		40047,85	168,52
2096		98134,46		63544,99		46663,31		41047,08	169,36
2097		100287,58		64305,82		47424,14		42051,30	170,21
2098		102451,48		65070,45		48188,77		43060,55	171,06
2099		104626,19		65838,91		48957,23		44074,84	171,91
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>106811,77</b>	<b>per ha</b>	<b>66611,21</b>		<b>49976,59</b>	<b>per ha</b>	<b>45094,21</b>	<b>172,77</b>
		€ 1.335,15	per ha/jaar	€ 832,64	per ha/jaar	624,71	per ha/jaar	563,68	per ha/jaar
		<b>€ 58.212.417,18</b>		<b>€ 36.303.108,15</b>		<b>€ 27.237.242,82</b>		<b>€ 24.576.342,20</b>	
			verschil	<b>€ 21.909.309,03</b>	verschil	<b>€ 30.975.174,36</b>	verschil	<b>€ 33.636.074,98</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	1,755
			1,43
			20jr
			50jr

## XII. Model '5% verdiscontering'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), STANDAARD SCC, VERDISCONTERING AAN 5%						
	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030		
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$					SCC
2020	285,89	285,89	285,89	285,89	285,89	22,60
2021	579,21	579,21	579,21	579,21	579,21	23,19
2022	880,16	880,16	880,16	880,16	880,16	23,79
2023	1188,94	1188,94	1188,94	1188,94	1188,94	24,41
2024	1505,74	1505,74	1505,74	1505,74	1505,74	25,04
2025	1830,78	1830,78	1830,78	1830,78	1830,78	25,69
2026	2163,94	2163,94	2163,94	2163,94	2163,94	26,34
2027	2505,44	2505,44	2505,44	2505,44	2505,44	27,00
2028	2855,47	2855,47	2855,47	2855,47	2855,47	27,67
2029	3214,25	3214,25	3214,25	3214,25	3214,25	28,36
2030	3582,00	3582,00	3582,00	3334,74	3334,74	29,07
2031	3959,50	3959,50	3959,50	3458,42	3458,42	29,84
2032	4347,00	4347,00	4347,00	3585,37	3585,37	30,63
2033	4744,77	4744,77	4744,77	3715,69	3715,69	31,44
2034	5153,08	5153,08	5153,08	3849,47	3849,47	32,28
2035	5572,21	5572,21	5572,21	3986,79	3986,79	33,13
2036	6002,45	6002,45	6002,45	4127,75	4127,75	34,01
2037	6444,09	6444,09	6444,09	4272,44	4272,44	34,91
2038	6897,43	6897,43	6897,43	4420,97	4420,97	35,84
2039	7362,79	7362,79	7362,79	4573,43	4573,43	36,79
2040	7840,48	7840,48	7840,48	4729,94	4729,94	37,76
2041	8330,83	8330,83	8330,83	4890,59	4890,59	38,76
2042	8834,17	8834,17	8834,17	5055,50	5055,50	39,79
2043	9350,85	9350,85	9350,85	5224,78	5224,78	40,84
2044	9881,22	9881,22	9881,22	5398,54	5398,54	41,93
2045	10425,65	10425,65	10425,65	5576,91	5576,91	43,04
2046	10984,50	10984,50	10984,50	5760,01	5760,01	44,18
2047	11558,16	11558,16	11558,16	5947,96	5947,96	45,35
2048	12147,03	12147,03	12147,03	6140,88	6140,88	46,55
2049	12751,50	12751,50	12751,50	6338,93	6338,93	47,78
2050	13371,99	13371,99	12954,79	6542,22	6542,22	49,05
2051	14007,99	14007,99	13163,16	6766,95	6766,95	50,28
2052	14659,89	14659,89	13376,74	6997,31	6997,31	51,53
2053	15328,09	15328,09	13595,66	7233,42	7233,42	52,82
2054	16012,99	16012,99	13820,06	7475,44	7475,44	54,14
2055	16715,02	16715,02	14050,06	7723,51	7723,51	55,50
2056	17434,60	17434,60	14285,82	7977,78	7977,78	56,88
2057	18172,17	18172,17	14527,46	8238,40	8238,40	58,31
2058	18928,17	18928,17	14775,15	8505,55	8505,55	59,76
2059	19703,08	19703,08	15029,03	8779,37	8779,37	61,26
2060	20493,48	20493,48	15287,99	9058,66	9058,66	62,48
2061	21299,69	21299,69	15552,13	9343,55	9343,55	63,73
2062	22122,03	22122,03	15821,55	9634,13	9634,13	65,01
2063	22960,81	22960,81	16096,36	9930,52	9930,52	66,31
2064	23816,37	23816,37	16376,67	10232,84	10232,84	67,63
2065	24689,04	24689,04	16662,58	10541,21	10541,21	68,99

2066		25579,16		25579,16		16954,21		10855,74	70,37
2067		26487,09		26487,09		17251,67		11176,56	71,77
2068		27413,17		27413,17		17555,08		11503,80	73,21
2069		28357,78		28357,78		17864,56		11837,59	74,67
2070		29316,56		28671,90		18203,35		12176,38	75,79
2071		30289,71		28990,74		18547,23		12520,26	76,93
2072		31277,47		29314,35		18896,26		12869,29	78,08
2073		32280,04		29642,82		19250,53		13223,56	79,25
2074		33297,64		29976,22		19610,11		13583,14	80,44
2075		34330,52		30314,62		19975,09		13948,12	81,65
2076		35378,88		30658,09		20345,54		14318,57	82,87
2077		36442,98		31006,72		20721,54		14694,57	84,12
2078		37523,03		31360,58		21103,19		15076,22	85,38
2079		38619,28		31719,74		21490,56		15463,59	86,66
2080		39731,98		32084,29		21883,75		15982,56	87,96
2081		40855,80		32452,49		22280,86		16506,71	88,84
2082		41990,87		32824,37		22681,95		17036,11	89,73
2083		43137,28		33199,97		23087,04		17570,80	90,63
2084		44295,16		33579,32		23496,19		18110,84	91,53
2085		45464,61		33962,47		23909,43		18656,28	92,45
2086		46645,77		34349,44		24326,80		19207,17	93,37
2087		47838,73		34740,29		24748,34		19763,57	94,31
2088		49043,62		35135,05		25174,10		20325,54	95,25
2089		50260,56		35533,75		25604,12		20893,12	96,20
2090		51483,59		35965,92		26036,29		21463,54	96,68
2091		52712,73		36400,25		26470,62		22036,82	97,17
2092		53948,01		36836,75		26907,12		22612,96	97,65
2093		55189,48		37275,43		27345,80		23191,98	98,14
2094		56437,15		37716,31		27786,68		23773,90	98,63
2095		57691,06		38159,39		28229,76		24358,73	99,12
2096		58951,23		38604,69		28675,05		24946,48	99,62
2097		60217,71		39052,21		29122,58		25537,17	100,12
2098		61490,52		39501,97		29572,34		26130,81	100,62
2099		62769,70		39953,98		30024,35		26727,42	101,12
2100	<b>totaal</b>	<b>64055,27</b>	<b>per ha</b>	<b>40408,25</b>		<b>30623,94</b>	<b>per ha</b>	<b>27327,02</b>	101,63
		€ 800,69	per ha/jaar	€ 505,10	per ha/jaar	382,80	per ha/jaar	341,59	per ha/jaar
		<b>€ 34.910.122,65</b>		<b>€ 22.022.495,57</b>		<b>€ 16.690.047,96</b>		<b>€ 14.893.224,22</b>	
			verschil	<b>€ 12.887.627,09</b>	verschil	<b>€ 18.220.074,69</b>	verschil	<b>€ 20.016.898,43</b>	

Mechelse Heide = 545 ha					
		Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies	
		12,65	5,9	1,7555	1,43
				20jr	50jr

### XIII. Model 'Stern'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), STANDAARD SCC, VERDISCONTERING STERN REVIEW								
	geen verandering		verandering in 2070		verandering in 2050		verandering in 2030	
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$							SCC
2020	1075,25		1075,25		1075,25		1075,25	85,00
2021	2176,31		2176,31		2176,31		2176,31	87,04
2022	3315,90		3315,90		3315,90		3315,90	90,09
2023	4495,38		4495,38		4495,38		4495,38	93,24
2024	5716,14		5716,14		5716,14		5716,14	96,50
2025	6979,63		6979,63		6979,63		6979,63	99,88
2026	8287,33		8287,33		8287,33		8287,33	103,38
2027	9640,81		9640,81		9640,81		9640,81	106,99
2028	11041,66		11041,66		11041,66		11041,66	110,74
2029	12491,54		12491,54		12491,54		12491,54	114,62
2030	13992,17		13992,17		13992,17		12983,19	118,63
2031	15545,32		15545,32		15545,32		13492,05	122,78
2032	17152,83		17152,83		17152,83		14018,71	127,08
2033	18816,60		18816,60		18816,60		14563,81	131,52
2034	20538,60		20538,60		20538,60		15127,99	136,13
2035	22320,88		22320,88		22320,88		15711,91	140,89
2036	24165,53		24165,53		24165,53		16316,27	145,82
2037	26074,74		26074,74		26074,74		16941,79	150,93
2038	28050,78		28050,78		28050,78		17589,19	156,21
2039	30095,98		30095,98		30095,98		18259,26	161,68
2040	32212,76		32212,76		32212,76		18952,78	167,33
2041	34403,63		34403,63		34403,63		19670,57	173,19
2042	36671,18		36671,18		36671,18		20413,48	179,25
2043	39018,10		39018,10		39018,10		21182,40	185,53
2044	41447,15		41447,15		41447,15		21978,23	192,02
2045	43961,22		43961,22		43961,22		22801,91	198,74
2046	46563,29		46563,29		46563,29		23654,42	205,70
2047	49256,43		49256,43		49256,43		24536,77	212,90
2048	52043,82		52043,82		52043,82		25450,00	220,35
2049	54928,78		54928,78		54928,78		26395,19	228,06
2050	57885,86		57885,86		55897,60		27364,01	233,76
2051	60916,87		60916,87		56890,65		28435,05	239,61
2052	64023,65		64023,65		57908,52		29532,86	245,60
2053	67208,10		67208,10		58951,83		30658,12	251,74
2054	70472,16		70472,16		60021,23		31811,51	258,03
2055	73817,83		73817,83		61117,37		32993,73	264,48
2056	77247,13		77247,13		62240,91		34205,51	271,09
2057	80762,17		80762,17		63392,53		35447,58	277,87
2058	84365,09		84365,09		64572,95		36720,71	284,82
2059	88058,07		88058,07		65782,88		38025,66	291,94
2060	91824,92		91824,92		67017,01		39356,71	297,77
2061	95667,11		95667,11		68275,81		40714,38	303,73
2062	99586,13		99586,13		69559,80		42099,21	309,80
2063	103583,54		103583,54		70869,46		43511,73	316,00
2064	107660,90		107660,90		72205,32		44952,51	322,32
2065	111819,80		111819,80		73567,90		46422,10	328,77

2066		116061,89		116061,89		74957,72		47921,08	335,34
2067		120388,81		120388,81		76375,35		49450,04	342,05
2068		124802,27		124802,27		77821,32		51009,58	348,89
2069		129304,00		129304,00		79296,22		52600,31	355,87
<b>2070</b>		133873,26		130801,02		80910,81		54214,90	361,21
2071		138511,06		132320,50		82549,62		55853,71	366,62
2072		143218,42		133862,76		84213,01		57517,10	372,12
2073		147996,39		135428,16		85901,36		59205,44	377,71
2074		152846,04		137017,04		87615,02		60919,11	383,37
2075		157768,42		138629,76		89354,40		62658,49	389,12
2076		162764,65		140266,66		91119,86		64423,95	394,96
2077		167835,81		141928,12		92911,81		66215,90	400,88
2078		172983,05		143614,50		94730,63		68034,72	406,90
2079		178207,49		145326,18		96576,74		69880,83	413,00
2080		183510,30		147063,53		98450,54		72354,08	419,19
2081		188866,14		148818,25		100343,08		74852,05	423,39
2082		194275,54		150590,53		102254,54		77375,01	427,62
2083		199739,03		152380,52		104185,12		79923,20	431,90
2084		205257,15		154188,42		106135,00		82496,87	436,22
2085		210830,46		156014,39		108104,38		85096,28	440,58
2086		216459,50		157858,62		110093,46		87721,68	444,98
2087		222144,83		159721,30		112102,42		90373,34	449,43
2088		227887,01		161602,60		114131,48		93051,51	453,93
2089		233686,61		163502,72		116180,83		95756,47	458,47
2090		239515,22		165562,31		118240,42		98474,94	460,76
2091		245372,96		167632,20		120310,31		101207,02	463,06
2092		251260,00		169712,44		122390,55		103952,75	465,38
2093		257176,47		171803,08		124481,19		106712,21	467,71
2094		263122,52		173904,18		126582,29		109485,47	470,04
2095		269098,30		176015,78		128693,89		112272,59	472,39
2096		275103,96		178137,94		130816,05		115073,65	474,76
2097		281139,65		180270,71		132948,82		117888,71	477,13
2098		287205,52		182414,14		135092,25		120717,85	479,52
2099		293301,72		184568,29		137246,40		123561,14	481,91
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>299428,40</b>	<b>per ha</b>	<b>186733,21</b>		<b>140103,90</b>	<b>per ha</b>	<b>126418,64</b>	<b>484,32</b>
		€ 3.742,85	per ha/jaar	€ 2.334,17	per ha/jaar	1751,30	per ha/jaar	1580,23	per ha/jaar
		<b>€ 163.188.475,85</b>		<b>€ 101.769.600,63</b>		<b>€ 76.356.626,47</b>		<b>€ 68.898.159,30</b>	
			verschil	<b>€ 61.418.875,21</b>	verschil	<b>€ 86.831.849,37</b>	verschil	<b>€ 94.290.316,54</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	1,7555
			20jr
			50jr

#### XIV. Model 'High Impact'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), HIGH IMPACT SCC, STANDAARD BODEMSTOCK							
	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030			
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$						SCC
2020	1555,95	1555,95	1555,95	1555,95	1555,95	123,00	
2021	3147,69	3147,69	3147,69	3147,69	3147,69	125,83	
2022	4776,03	4776,03	4776,03	4776,03	4776,03	128,72	
2023	6441,83	6441,83	6441,83	6441,83	6441,83	131,68	
2024	8145,94	8145,94	8145,94	8145,94	8145,94	134,71	
2025	9889,25	9889,25	9889,25	9889,25	9889,25	137,81	
2026	11667,42	11667,42	11667,42	11667,42	11667,42	140,57	
2027	13481,16	13481,16	13481,16	13481,16	13481,16	143,38	
2028	15331,17	15331,17	15331,17	15331,17	15331,17	146,25	
2029	17218,18	17218,18	17218,18	17218,18	17218,18	149,17	
2030	19142,93	19142,93	19142,93	19142,93	17848,79	152,15	
2031	21106,18	21106,18	21106,18	21106,18	18492,00	155,20	
2032	23108,69	23108,69	23108,69	23108,69	19148,08	158,30	
2033	25151,25	25151,25	25151,25	25151,25	19817,28	161,47	
2034	27234,67	27234,67	27234,67	27234,67	20499,87	164,70	
2035	29359,75	29359,75	29359,75	29359,75	21196,11	167,99	
2036	31520,96	31520,96	31520,96	31520,96	21904,18	170,85	
2037	33718,90	33718,90	33718,90	33718,90	22624,29	173,75	
2038	35954,22	35954,22	35954,22	35954,22	23356,64	176,70	
2039	38227,53	38227,53	38227,53	38227,53	24101,44	179,71	
2040	40539,49	40539,49	40539,49	40539,49	24858,91	182,76	
2041	42886,13	42886,13	42886,13	42886,13	25627,73	185,51	
2042	45267,97	45267,97	45267,97	45267,97	26408,09	188,29	
2043	47685,53	47685,53	47685,53	47685,53	27200,15	191,11	
2044	50139,36	50139,36	50139,36	50139,36	28004,10	193,98	
2045	52630,00	52630,00	52630,00	52630,00	28820,10	196,89	
2046	55158,00	55158,00	55158,00	55158,00	29648,35	199,84	
2047	57723,92	57723,92	57723,92	57723,92	30489,01	202,84	
2048	60328,32	60328,32	60328,32	60328,32	31342,29	205,88	
2049	62971,79	62971,79	62971,79	62971,79	32208,37	208,97	
2050	65654,92	65654,92	63850,86	63850,86	33087,44	212,10	
2051	68378,29	68378,29	64743,11	64743,11	34049,76	215,29	
2052	71142,51	71142,51	65648,75	65648,75	35026,53	218,52	
2053	73948,19	73948,19	66567,97	66567,97	36017,94	221,79	
2054	76795,96	76795,96	67500,98	67500,98	37024,23	225,12	
2055	79686,45	79686,45	68447,99	68447,99	38045,61	228,50	
2056	82620,29	82620,29	69409,20	69409,20	39082,32	231,92	
2057	85598,14	85598,14	70384,83	70384,83	40134,57	235,40	
2058	88620,66	88620,66	71375,09	71375,09	41202,60	238,93	
2059	91688,52	91688,52	72380,21	72380,21	42286,66	242,52	
2060	94787,06	94787,06	73395,38	73395,38	43381,56	244,94	
2061	97916,58	97916,58	74420,70	74420,70	44487,41	247,39	
2062	101077,39	101077,39	75456,27	75456,27	45604,31	249,87	
2063	104269,82	104269,82	76502,20	76502,20	46732,38	252,37	
2064	107494,16	107494,16	77558,59	77558,59	47871,74	254,89	
2065	110750,76	110750,76	78625,54	78625,54	49022,49	257,44	



2066		114039,91		114039,91		79703,16		50184,74	260,01
2067		117361,96		117361,96		80791,56		51358,62	262,61
2068		120717,23		120717,23		81890,84		52544,24	265,24
2069		124106,06		124106,06		83001,12		53741,71	267,89
<b>2070</b>		<b>127528,77</b>		<b>125227,43</b>		<b>84210,57</b>		<b>54951,16</b>	<b>270,57</b>
2071		130985,70		126360,03		85432,11		56172,70	273,28
2072		134477,21		127503,94		86665,87		57406,46	276,01
2073		138003,63		128659,30		87911,96		58652,56	278,77
2074		141565,32		129826,21		89170,52		59911,11	281,56
2075		145162,62		131004,79		90441,66		61182,25	284,37
2076		148795,90		132195,15		91725,51		62466,11	287,22
2077		152465,51		133397,42		93022,21		63762,80	290,09
2078		156171,82		134611,71		94331,86		65072,46	292,99
2079		159915,18		135838,15		95654,62		66395,21	295,92
2080		163677,27		137070,71		96983,99		68149,86	297,40
2081		167458,16		138309,44		98320,00		69913,28	298,89
2082		171257,96		139554,36		99662,70		71685,52	300,38
2083		175076,76		140805,51		101012,11		73466,62	301,88
2084		178914,66		142062,91		102368,27		75256,63	303,39
2085		182771,74		143326,60		103731,20		77055,58	304,91
2086		186648,11		144596,61		105100,96		78863,53	306,43
2087		190543,86		145872,97		106477,56		80680,52	307,96
2088		194459,09		147155,71		107861,04		82506,60	309,50
2089		198393,89		148444,87		109251,44		84341,80	311,05
2090		202348,37		149842,22		110648,80		86186,19	312,61
2091		206322,62		151246,56		112053,14		88039,79	314,17
2092		210316,74		152657,92		113464,50		89902,66	315,74
2093		214330,84		154076,34		114882,92		91774,85	317,32
2094		218365,00		155501,85		116308,43		93656,39	318,91
2095		222419,33		156934,49		117741,07		95547,35	320,50
2096		226493,94		158374,29		119180,87		97447,76	322,10
2097		230588,92		159821,29		120627,87		99357,67	323,71
2098		234704,37		161275,53		122082,10		101277,13	325,33
2099		238840,40		162737,03		123543,61		103206,19	326,96
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>242997,12</b>	<b>per ha</b>	<b>164205,85</b>		<b>125482,31</b>	<b>per ha</b>	<b>105144,89</b>	<b>328,59</b>
		€ 3.037,46	per ha/jaar	€ 2.052,57	per ha/jaar	1568,53	per ha/jaar	1314,31	per ha/jaar
		<b>€ 132.433.427,75</b>		<b>€ 89.492.186,22</b>		<b>€ 68.387.860,91</b>		<b>€ 57.303.964,44</b>	
			verschil	<b>€ 42.941.241,53</b>	verschil	<b>€ 64.045.566,84</b>	verschil	<b>€ 75.129.463,31</b>	

Mechelse Heide = 545 ha					
		Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies	
		12,65	5,9	1,7555	1,43
				20jr	50jr

XV. Model 'Oud'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), STANDAARD SCC, CARBON STOCK OUDE HEIDE							
jaar	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030			
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$						<b>SCC</b>
2020	448,70	448,70	448,70	448,70	448,70	35,47	
2021	913,10	913,10	913,10	913,10	913,10	36,71	
2022	1393,75	1393,75	1393,75	1393,75	1393,75	38,00	
2023	1891,23	1891,23	1891,23	1891,23	1891,23	39,33	
2024	2406,11	2406,11	2406,11	2406,11	2406,11	40,70	
2025	2939,02	2939,02	2939,02	2939,02	2939,02	42,13	
2026	3490,59	3490,59	3490,59	3490,59	3490,59	43,60	
2027	4061,45	4061,45	4061,45	4061,45	4061,45	45,13	
2028	4652,30	4652,30	4652,30	4652,30	4652,30	46,71	
2029	5263,82	5263,82	5263,82	5263,82	5263,82	48,34	
<b>2030</b>	5896,75	5896,75	5896,75	5896,75	5546,19	50,03	
2031	6551,83	6551,83	6551,83	6551,83	5838,44	51,79	
2032	7229,84	7229,84	7229,84	7229,84	6140,92	53,60	
2033	7931,58	7931,58	7931,58	7931,58	6453,98	55,47	
2034	8657,89	8657,89	8657,89	8657,89	6778,00	57,42	
2035	9409,61	9409,61	9409,61	9409,61	7113,37	59,42	
2036	10187,64	10187,64	10187,64	10187,64	7460,47	61,50	
2037	10992,90	10992,90	10992,90	10992,90	7819,72	63,66	
2038	11826,35	11826,35	11826,35	11826,35	8191,54	65,89	
2039	12688,97	12688,97	12688,97	12688,97	8576,38	68,19	
2040	13581,78	13581,78	13581,78	13581,78	8974,68	70,58	
2041	14505,83	14505,83	14505,83	14505,83	9386,93	73,05	
2042	15462,23	15462,23	15462,23	15462,23	9813,60	75,60	
2043	16452,11	16452,11	16452,11	16452,11	10255,21	78,25	
2044	17476,63	17476,63	17476,63	17476,63	10712,28	80,99	
2045	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	11185,34	83,82	
2046	19634,49	19634,49	19634,49	19634,49	11674,96	86,76	
2047	20770,40	20770,40	20770,40	20770,40	12181,72	89,79	
2048	21946,06	21946,06	21946,06	21946,06	12706,21	92,94	
2049	23162,86	23162,86	23162,86	23162,86	13249,06	96,19	
<b>2050</b>	24410,09	24410,09	23719,28	23719,28	13805,48	98,60	
2051	25688,50	25688,50	24289,62	24289,62	14380,61	101,06	
2052	26998,87	26998,87	24874,21	24874,21	14970,12	103,59	
2053	28342,00	28342,00	25473,41	25473,41	15574,37	106,18	
2054	29718,70	29718,70	26087,60	26087,60	16193,73	108,83	
2055	31129,82	31129,82	26717,14	26717,14	16828,56	111,55	
2056	32576,23	32576,23	27362,41	27362,41	17479,27	114,34	
2057	34058,79	34058,79	28023,82	28023,82	18146,25	117,20	
2058	35578,41	35578,41	28701,77	28701,77	18829,90	120,13	
2059	37136,03	37136,03	29396,66	29396,66	19530,64	123,13	
2060	38724,80	38724,80	30105,45	30105,45	20245,40	125,59	
2061	40345,34	40345,34	30828,42	30828,42	20974,45	128,11	
2062	41998,30	41998,30	31565,85	31565,85	21718,09	130,67	
2063	43684,31	43684,31	32318,02	32318,02	22476,59	133,28	
2064	45404,05	45404,05	33085,24	33085,24	23250,27	135,95	
2065	47158,18	47158,18	33867,81	33867,81	24039,42	138,67	

2066		48947,39		48947,39		34666,02		24844,35	141,44
2067		50772,38		50772,38		35480,20		25665,39	144,27
2068		52633,88		52633,88		36310,66		26502,84	147,15
2069		54532,60		54532,60		37157,74		27357,04	150,10
<b>2070</b>		56459,81		55392,38		38024,75		28224,05	152,35
2071		58415,93		56265,06		38904,77		29104,07	154,63
2072		60401,38		57150,82		39797,99		29997,29	156,95
2073		62416,62		58049,87		40704,61		30903,91	159,31
2074		64462,09		58962,41		41624,83		31824,13	161,70
2075		66538,24		59888,63		42558,85		32758,15	164,12
2076		68645,53		60828,75		43506,88		33706,18	166,58
2077		70784,43		61782,97		44469,13		34668,43	169,08
2078		72955,41		62751,51		45445,81		35645,12	171,62
2079		75158,96		63734,57		46437,15		36636,45	174,19
2080		77395,56		64732,38		47443,36		37679,61	176,81
2081		79654,53		65740,16		48459,62		38733,20	178,57
2082		81936,09		66758,02		49486,05		39797,33	180,36
2083		84240,46		67786,07		50522,75		40872,09	182,16
2084		86567,88		68824,39		51569,81		41957,61	183,99
2085		88918,57		69873,09		52627,34		43053,98	185,83
2086		91292,77		70932,29		53695,45		44161,31	187,68
2087		93690,71		72002,07		54774,24		45279,72	189,56
2088		96112,63		73082,55		55863,81		46409,31	191,46
2089		98558,77		74173,84		56964,29		47550,20	193,37
2090		101017,13		75279,82		58070,26		48696,79	194,34
2091		103487,80		76391,32		59181,77		49849,11	195,31
2092		105970,81		77508,38		60298,83		51007,20	196,29
2093		108466,24		78631,03		61421,48		52171,07	197,27
2094		110974,15		79759,29		62549,74		53340,77	198,25
2095		113494,59		80893,19		63683,64		54516,31	199,24
2096		116027,64		82032,76		64823,21		55697,74	200,24
2097		118573,35		83178,03		65968,48		56885,06	201,24
2098		121131,80		84329,03		67119,47		58078,33	202,25
2099		123703,03		85485,78		68276,23		59277,56	203,26
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>126287,12</b>	<b>per ha</b>	<b>86648,31</b>		<b>69481,45</b>	<b>per ha</b>	<b>60482,79</b>	<b>204,28</b>
		€ 1.578,59	per ha/jaar	€ 1.083,10	per ha/jaar	868,52	per ha/jaar	756,03	per ha/jaar
		<b>€ 68.826.481,25</b>		<b>€ 47.223.330,68</b>		<b>€ 37.867.392,06</b>		<b>€ 32.963.120,54</b>	
			verschil	<b>€ 21.603.150,56</b>	verschil	<b>€ 30.959.089,18</b>	verschil	<b>€ 35.863.360,71</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	12,65	5,9	0,2565 0,209
			20jr 50jr

## XVI. Model 'Heidebeheer I'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), STANDAARD SCC, FLUX AANPASSING HEIDEBEHEER (LAAG)						
jaar	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030		
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$					SCC
2020	480,54	480,54	480,54	480,54	480,54	35,47
2021	977,91	977,91	977,91	977,91	977,91	36,71
2022	1492,68	1492,68	1492,68	1492,68	1492,68	38,00
2023	2025,47	2025,47	2025,47	2025,47	2025,47	39,33
2024	2576,90	2576,90	2576,90	2576,90	2576,90	40,70
2025	3147,64	3147,64	3147,64	3147,64	3147,64	42,13
2026	3738,35	3738,35	3738,35	3738,35	3738,35	43,60
2027	4349,73	4349,73	4349,73	4349,73	4349,73	45,13
2028	4982,52	4982,52	4982,52	4982,52	4982,52	46,71
2029	5637,45	5637,45	5637,45	5637,45	5637,45	48,34
2030	6315,31	6315,31	6315,31	6315,31	5844,82	50,03
2031	7016,89	7016,89	7016,89	7016,89	6059,44	51,79
2032	7743,02	7743,02	7743,02	7743,02	6281,58	53,60
2033	8494,57	8494,57	8494,57	8494,57	6511,49	55,47
2034	9272,42	9272,42	9272,42	9272,42	6749,44	57,42
2035	10077,50	10077,50	10077,50	10077,50	6995,73	59,42
2036	10910,76	10910,76	10910,76	10910,76	7250,63	61,50
2037	11773,18	11773,18	11773,18	11773,18	7514,46	63,66
2038	12665,79	12665,79	12665,79	12665,79	7787,52	65,89
2039	13589,63	13589,63	13589,63	13589,63	8070,14	68,19
2040	14545,81	14545,81	14545,81	14545,81	8362,65	70,58
2041	15535,46	15535,46	15535,46	15535,46	8665,40	73,05
2042	16559,75	16559,75	16559,75	16559,75	8978,74	75,60
2043	17619,88	17619,88	17619,88	17619,88	9303,05	78,25
2044	18717,12	18717,12	18717,12	18717,12	9638,71	80,99
2045	19852,76	19852,76	19852,76	19852,76	9986,12	83,82
2046	21028,15	21028,15	21028,15	21028,15	10345,69	86,76
2047	22244,68	22244,68	22244,68	22244,68	10717,85	89,79
2048	23503,79	23503,79	23503,79	23503,79	11103,02	92,94
2049	24806,97	24806,97	24806,97	24806,97	11501,69	96,19
2050	26142,72	26142,72	25215,60	25215,60	11910,31	98,60
2051	27511,87	27511,87	25634,44	25634,44	12362,05	101,06
2052	28915,25	28915,25	26063,75	26063,75	12825,08	103,59
2053	30353,72	30353,72	26503,80	26503,80	13299,69	106,18
2054	31828,14	31828,14	26954,85	26954,85	13786,16	108,83
2055	33339,43	33339,43	27417,17	27417,17	14284,80	111,55
2056	34888,49	34888,49	27891,05	27891,05	14795,90	114,34
2057	36476,29	36476,29	28376,78	28376,78	15319,77	117,20
2058	38103,78	38103,78	28874,66	28874,66	15856,75	120,13
2059	39771,95	39771,95	29384,98	29384,98	16407,15	123,13
2060	41473,49	41473,49	29905,50	29905,50	16968,55	125,59
2061	43209,07	43209,07	30436,44	30436,44	17541,19	128,11
2062	44979,35	44979,35	30977,99	30977,99	18125,28	130,67
2063	46785,04	46785,04	31530,38	31530,38	18721,05	133,28
2064	48626,84	48626,84	32093,81	32093,81	19328,73	135,95
2065	50505,47	50505,47	32668,52	32668,52	19948,57	138,67

2066		52421,68		52421,68		33254,71		20580,80	141,44
2067		54376,22		54376,22		33852,63		21225,68	144,27
2068		56369,84		56369,84		34462,51		21883,46	147,15
2069		58403,34		58403,34		35084,59		22554,39	150,10
<b>2070</b>		60467,34		59034,75		35765,59		23235,39	152,35
2071		62562,30		59675,63		36456,80		23926,60	154,63
2072		64688,69		60326,12		37158,38		24628,18	156,95
2073		66846,97		60986,37		37870,48		25340,29	159,31
2074		69037,62		61656,52		38593,27		26063,07	161,70
2075		71261,14		62336,73		39326,89		26796,70	164,12
2076		73518,00		63027,14		40071,53		27541,33	166,58
2077		75808,72		63727,90		40827,33		28297,13	169,08
2078		78133,80		64439,18		41594,47		29064,27	171,62
2079		80493,76		65161,12		42373,11		29842,92	174,19
2080		82889,12		65893,90		43163,44		30886,08	176,81
2081		85308,43		66634,00		43961,66		31939,67	178,57
2082		87751,93		67381,50		44767,87		33003,79	180,36
2083		90219,87		68136,48		45582,15		34078,56	182,16
2084		92712,49		68899,01		46404,56		35164,07	183,99
2085		95230,03		69669,16		47235,20		36260,44	185,83
2086		97772,75		70447,02		48074,15		37367,78	187,68
2087		100340,90		71232,65		48921,48		38486,18	189,56
2088		102934,72		72026,14		49777,29		39615,77	191,46
2089		105554,49		72827,56		50641,66		40756,66	193,37
2090		108187,35		73696,25		51510,35		41903,25	194,34
2091		110833,38		74569,29		52383,38		43055,58	195,31
2092		113492,64		75446,68		53260,78		44213,66	196,29
2093		116165,20		76328,47		54142,56		45377,54	197,27
2094		118851,12		77214,66		55028,75		46547,23	198,25
2095		121550,47		78105,28		55919,38		47722,78	199,24
2096		124263,31		79000,36		56814,46		48904,20	200,24
2097		126989,72		79899,91		57714,01		50091,53	201,24
2098		129729,76		80803,96		58618,06		51284,79	202,25
2099		132483,50		81712,53		59526,63		52484,03	203,26
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>135251,01</b>	<b>per ha</b>	<b>82625,65</b>		<b>60731,86</b>	<b>per ha</b>	<b>53689,25</b>	204,28
		€ 1.690,64	per ha/jaar	€ 1.032,82	per ha/jaar	759,15	per ha/jaar	671,12	per ha/jaar
		<b>€ 73.711.801,21</b>		<b>€ 45.030.978,26</b>		<b>€ 33.098.861,85</b>		<b>€ 29.260.643,11</b>	
			verschil	<b>€ 28.680.822,94</b>	verschil	<b>€ 40.612.939,36</b>	verschil	<b>€ 44.451.158,10</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	13,5479	5,9	1,7555 1,43
	0,8979		20jr 50jr

XVII. Model 'Heidebeheer II'

FLUXES QUIN (GEMIDDELDE), STANDAARD SCC, FLUX AANPASSING HEIDEBEHEER (HOOG)						
jaar	geen verandering	verandering in 2070	verandering in 2050	verandering in 2030		
	$\int_0^{80} (Flux_t + \Delta bodemstock_t) * SCC_t$					SCC
2020	631,50	631,50	631,50	631,50	631,50	35,47
2021	1285,10	1285,10	1285,10	1285,10	1285,10	36,71
2022	1961,58	1961,58	1961,58	1961,58	1961,58	38,00
2023	2661,74	2661,74	2661,74	2661,74	2661,74	39,33
2024	3386,40	3386,40	3386,40	3386,40	3386,40	40,70
2025	4136,43	4136,43	4136,43	4136,43	4136,43	42,13
2026	4912,70	4912,70	4912,70	4912,70	4912,70	43,60
2027	5716,15	5716,15	5716,15	5716,15	5716,15	45,13
2028	6547,71	6547,71	6547,71	6547,71	6547,71	46,71
2029	7408,38	7408,38	7408,38	7408,38	7408,38	48,34
2030	8299,18	8299,18	8299,18	8299,18	7615,75	50,03
2031	9221,15	9221,15	9221,15	9221,15	7830,37	51,79
2032	10175,39	10175,39	10175,39	10175,39	8052,51	53,60
2033	11163,03	11163,03	11163,03	11163,03	8282,42	55,47
2034	12185,24	12185,24	12185,24	12185,24	8520,38	57,42
2035	13243,22	13243,22	13243,22	13243,22	8766,66	59,42
2036	14338,24	14338,24	14338,24	14338,24	9021,57	61,50
2037	15471,57	15471,57	15471,57	15471,57	9285,39	63,66
2038	16644,58	16644,58	16644,58	16644,58	9558,45	65,89
2039	17858,64	17858,64	17858,64	17858,64	9841,07	68,19
2040	19115,19	19115,19	19115,19	19115,19	10133,58	70,58
2041	20415,73	20415,73	20415,73	20415,73	10436,33	73,05
2042	21761,78	21761,78	21761,78	21761,78	10749,67	75,60
2043	23154,94	23154,94	23154,94	23154,94	11073,98	78,25
2044	24596,87	24596,87	24596,87	24596,87	11409,65	80,99
2045	26089,26	26089,26	26089,26	26089,26	11757,06	83,82
2046	27633,88	27633,88	27633,88	27633,88	12116,62	86,76
2047	29232,57	29232,57	29232,57	29232,57	12488,78	89,79
2048	30887,21	30887,21	30887,21	30887,21	12873,96	92,94
2049	32599,76	32599,76	32599,76	32599,76	13272,62	96,19
2050	34355,13	34355,13	33008,39	33008,39	13681,25	98,60
2051	36154,38	36154,38	33427,23	33427,23	14132,98	101,06
2052	37998,61	37998,61	33856,55	33856,55	14596,02	103,59
2053	39888,95	39888,95	34296,59	34296,59	15070,62	106,18
2054	41826,55	41826,55	34747,64	34747,64	15557,09	108,83
2055	43812,58	43812,58	35209,96	35209,96	16055,73	111,55
2056	45848,27	45848,27	35683,85	35683,85	16566,83	114,34
2057	47934,85	47934,85	36169,58	36169,58	17090,71	117,20
2058	50073,59	50073,59	36667,45	36667,45	17627,68	120,13
2059	52265,81	52265,81	37177,77	37177,77	18178,08	123,13
2060	54501,86	54501,86	37698,29	37698,29	18739,49	125,59
2061	56782,64	56782,64	38229,23	38229,23	19312,12	128,11
2062	59109,04	59109,04	38770,79	38770,79	19896,21	130,67
2063	61481,96	61481,96	39323,17	39323,17	20491,98	133,28
2064	63902,34	63902,34	39886,61	39886,61	21099,66	135,95
2065	66371,12	66371,12	40461,31	40461,31	21719,50	138,67

2066		68889,29		68889,29		41047,51		22351,74	141,44
2067		71457,81		71457,81		41645,43		22996,62	144,27
2068		74077,71		74077,71		42255,30		23654,39	147,15
2069		76750,01		76750,01		42877,38		24325,33	150,10
<b>2070</b>		79462,39		77381,41		43558,38		25006,33	152,35
2071		82215,45		78022,29		44249,59		25697,54	154,63
2072		85009,81		78672,79		44951,17		26399,12	156,95
2073		87846,09		79333,03		45663,27		27111,22	159,31
2074		90724,91		80003,19		46386,06		27834,01	161,70
2075		93646,91		80683,39		47119,69		28567,63	164,12
2076		96612,75		81373,80		47864,32		29312,27	166,58
2077		99623,07		82074,57		48620,12		30068,07	169,08
2078		102678,54		82785,84		49387,26		30835,21	171,62
2079		105779,85		83507,79		50165,90		31613,85	174,19
2080		108927,68		84240,56		50956,23		32657,01	176,81
2081		112106,98		84980,66		51754,46		33710,60	178,57
2082		115318,08		85728,17		52560,67		34774,72	180,36
2083		118561,29		86483,15		53374,94		35849,49	182,16
2084		121836,93		87245,67		54197,36		36935,01	183,99
2085		125145,33		88015,83		55027,99		38031,38	185,83
2086		128486,81		88793,68		55866,94		39138,71	187,68
2087		131861,71		89579,32		56714,28		40257,12	189,56
2088		135270,35		90372,81		57570,08		41386,71	191,46
2089		138713,09		91174,23		58434,45		42527,59	193,37
2090		142173,03		92042,92		59303,14		43674,18	194,34
2091		145650,28		92915,95		60176,17		44826,51	195,31
2092		149144,91		93793,35		61053,57		45984,59	196,29
2093		152657,01		94675,13		61935,35		47148,47	197,27
2094		156186,68		95561,32		62821,55		48318,17	198,25
2095		159733,99		96451,95		63712,17		49493,71	199,24
2096		163299,04		97347,03		64607,25		50675,13	200,24
2097		166881,92		98246,58		65506,80		51862,46	201,24
2098		170482,71		99150,63		66410,85		53055,73	202,25
2099		174101,50		100059,20		67319,42		54254,96	203,26
<b>2100</b>	<b>totaal</b>	<b>177738,39</b>	<b>per ha</b>	<b>100972,31</b>		<b>68524,65</b>	<b>per ha</b>	<b>55460,19</b>	204,28
		€ 2.221,73	per ha/jaar	€ 1.262,15	per ha/jaar	856,56	per ha/jaar	693,25	per ha/jaar
		<b>€ 96.867.423,46</b>		<b>€ 55.029.910,68</b>		<b>€ 37.345.933,91</b>		<b>€ 30.225.801,73</b>	
			verschil	<b>€ 41.837.512,79</b>	verschil	<b>€ 59.521.489,55</b>	verschil	<b>€ 66.641.621,73</b>	

Mechelse Heide = 545 ha			
	Flux heide	Flux gras	Jaarlijks verlies
	17,8038	5,9	1,7555 1,43
	5,1538		20jr 50jr