

MODELLERING EN SIMULATIE

Practicum 2: Bedrijfskasstroomsimulaties

Dirk Nuyens en Nick Vannieuwenhoven

30 november 2015

1 Praktische informatie

Het practicum wordt individueel opgelost. Het verslag dient de volgende componenten te bevatten: de oplossingen van de opgaven en de broncode van je programma's. Het verslag wordt uiterlijk **dinsdag 5 januari 2015** ingediend. Een papieren versie van het verslag dient zich ten laatste woensdagvoormiddag 6 januari 2015 om 12u00 in de studentenbrievenbus in gebouw 200A te bevinden. Deze uitdraai dient tevens de broncode van de programma's te bevatten. Een elektronische versie van het verslag en een gecomprimeerde map die de Matlabbronbestanden *en het verslag* bevat, dien je op te sturen per elektronische post naar `nick.vannieuwenhoven@cs.kuleuven.be`. Zorg ervoor dat je bronbestanden de **opgelegde naamgeving** respecteren (zie verder) want de codes zullen automatisch geverifieerd worden. De naam van de gecomprimeerde map (de bestandsextensie buiten beschouwing latende) dient overeen te stemmen met je studentnummer; "s0123456.zip," "s0123456.tar.gz" en dergelijke zijn allen aanvaardbaar.

Veel succes!

In wat volgt vervang je elk voorkomen van "StudNum" met jouw studentnummer (r- of s-nummer)—bijvoorbeeld "s0123456". Elk van de functies dien je in een afzonderlijk bestand met dezelfde naam als de functie (met extensie ".m") te implementeren. Je codes zullen automatisch geverifieerd worden. Indien de opgelegde naamgeving niet gerespecteerd wordt, dan wordt dit beschouwd als het niet oplossen van de betrokken vraag.

Voor het oplossen van de opgaven mag je **alle** ingebouwde Matlabfuncties gebruiken. Naast de verplichte functies die de opgelegde naamgeving dienen te respecteren, mag je ook nog zelf extra hulpfuncties implementeren indien je dit nodig acht. Zorg ervoor dat deze hulproutines, voor zover ze in een eigen Matlabbronbestand geïmplementeerd worden, een naam dragen die start met "StudNum_".

2 Context en terminologie

De *kasstroom* van een bedrijf is de netto verandering van de liquide middelen¹ van het bedrijf. De kasstroom wordt beïnvloed door allerlei factoren, zoals de omzet, de verkoop-, administratieve en algemene kosten, interesten op schuldpapieren, dividenden uitgekeerd aan aandeelhouders en belastingen.

Een *schuldpapier* of *obligatie* is een financieel product dat wordt uitgegeven door een bedrijf. Dit product heeft drie kenmerken: een *hoofdsom*, een jaarlijkse *interestvoet* en een *maturiteitsdatum*. Het

^{*}Niets in deze publicatie mag beschouwd worden als een aanzet of uitnodiging tot het investeren in financiële instrumenten in het algemeen of in de specifieke instrumenten waarvan dit document gewag maakt. In het bijzonder mag deze publicatie niet beschouwd worden als beleggersadvies. Alle simulaties en geschatte gegevens die in dit document verschijnen, zijn louter voor educatieve doeleinden bestemd. In het bijzonder worden zij niet geacht geschikt te zijn voor beleggingsdoeleinden. De cijfervoorbeelden aangaande Royal Dutch Shell plc werden overgenomen uit het Form 20-F voor het jaar eindigende op 31 december 2014 dat deze laatste bij de United States Securities and Exchange Commission deponeerde.

¹Een groot bedrijf laat vanzelfsprekend niet al haar geld op één bankrekening staan; daarentegen zal ze haar vermogen verspreiden over bankrekeningen, *money market*-fondsen, kortlopende schuldpapieren en handelsschulden. Het geheel van deze activa behelst de liquide middelen.

bedrijf belooft om op de maturiteitsdatum de hoofdsom aan de houder van het schuld papier—de schuldeiser genaamd—te betalen. Daarnaast ontvangt de schuldeiser ook jaarlijks een interest op de hoofdsom. Onderstel bijvoorbeeld een obligatie met een hoofdsom van \$1000 en een jaarlijkse interestvoet van 4% met als maturiteitsdatum 31 december 2017. De schuldeiser zou dan op 31 december 2015 een interest van $0.04 \cdot 1000 = 40$ USD ontvangen. Op 31 december 2016 ontvangt hij nog eens \$40. Tenslotte ontvangt hij op 31 december 2017 zowel de laatste interestbetaling van \$40 alsook de uitbetaling van de hoofdsom, namelijk \$1000. De schuldeiser ontvangt dus in het totaal \$1120 over de resterende looptijd van de obligatie.

Simulatiestudies van bedrijfskasstromen worden frequent toepast in onder meer de financiële wereld door kredietverleners en *rating agencies*, bijvoorbeeld voor het waarderen van zogenaamde *credit default swaps*² en het bepalen van de waarschijnlijkheid dat een bedrijf de interest of hoofdsom van zijn uitgegeven obligaties niet kan uitbetalen. Een andere nuttige toepassing van dergelijke simulaties is het ondersteunen van strategische beslissingen aangaande de kapitaalstructuur van het bedrijf door externe auditeurs en management consultants, bijvoorbeeld om te voorspellen wanneer een herfinanciering van de uitstaande schulden zich opdringt; om de bedrijfswinst per uitstaand aandeel te maximaliseren via veranderingen in de verhouding tussen schulden en eigen vermogen; of om de invloed op de bedrijfswinst en operationele marges na te gaan bij veranderende prijzen van de benodigde grondstoffen.

Het doel van dit practicum is om een sterk vereenvoudigde simulatiestudie van de *bedrijfskasstroom* van een geïntegreerde oliemaatschappij te maken, met name Royal Dutch Shell plc—een Brits-Nederlandse multinational met een huidige beurswaarde van een slordige 150 miljard US dollar, een omzet van om en bij \$420 miljard in 2014 en een nettowinst van een kleine \$15 miljard in 2014.

De bedrijfsstructuur van Shell bevat twee onderscheiden eenheden: *upstream* en *downstream*. Volgens Shell's jaarverslag houdt het upstreamsegment zich onder meer bezig met het “zoeken naar en ontginnen van ruwe olie, aardgas en aardgasvloeistoffen, het transporteren van olie en gas, en het bedienen van de upstream en *midstream* infrastructuur die noodzakelijk is om de olie en het gas aan de markt te leveren.” Het downstreamsegment beheert onder andere “Shell's raffinierungs- en marketingactiviteiten voor olieproducten en chemicaliën.” In dit project zullen we een gedetailleerde simulatie van de kasstroom beperken tot het upstreamsegment vanwege de relatieve eenvoud om de betreffende bedrijfsactiviteiten te begrijpen en accuraat te modelleren.

De hoofdzaak van het upstreamsegment bestaat uit het zoeken en ontwikkelen van olievelden. Om een oliebron in productie te brengen, wordt essentieel een dunne tunnel geboord naar het oliereservoir. In dit reservoir bevindt zich in het algemeen niet alleen olie maar ook significante hoeveelheden aardgas. Zowel de olie als het gas worden door het natuurlijk aanwezige drukverschil dat bestaat tussen het reservoir en het aardoppervlak naar het oppervlak gestuwd. Aan het oppervlak worden deze van elkaar gescheiden en afzonderlijk getransporteerd (meestal via pijpleidingen) en verkocht. Omdat bij het ontginnen van aardolie en -gas beiden gelijktijdig worden opgestuwd, wordt de productiehoeveelheid vaak uitgedrukt in zogenaamde *barrels of oil equivalent* (boe). Shell hanteert een conversieratio van 1 boe per 5800 *square cubic feet* aardgas. Een boe olie is ongeveer 160 liter.

3 De olieprijs en geometrische Brownse bewegingen

In Figuur 1 wordt de evolutie van de prijs van een vat ruwe olie van de afgelopen 10 jaar weergegeven. Zoals je in de figuur kan zien, is de prijs³ van ruwe olie eind 2014 vrij spectaculair in elkaar gestuikt van een maximum van ongeveer \$107 per boe op 20 juni 2014 naar een minimale waarde van amper \$53 per boe op 31 december 2014. De Tijd vatte de situatie als volgt samen in een nieuwsbericht dat op 10 november 2015 gepubliceerd werd:

“Olie blijft goedkoop tot 2020”

²Dit zijn essentieel verzekeringscontracten die kunnen aangeschaft worden door een schuldeiser—bijvoorbeeld iemand die in het bezit is van een bedrijfsobligatie—om zichzelf te beschermen tegen een mogelijk faillissement van de schulduitgever. Wanneer de schuldeiser de interest of hoofdsom niet kan terugbetalen, dan zal de verzekeraar verplicht het schuld papier overnemen voor de nominale waarde vermeerderd met de uitstaande interestbetalingen. Dergelijke financiële instrumenten in combinatie met een foute inschatting (en dus modellering) van het kredietrisico lagen mee aan de basis van de liquiditeitsproblemen voor bepaalde financiële instellingen zoals AIG gedurende de kredietcrisis van 2007–2008.

³Olie is een grondstof die eenvoudig verhandeld kan worden op grondstoffenbeurzen. Op elk moment is er dus een marktprijs voor olie die bepaald wordt door het spel van vraag en aanbod.



Figuur 1: De marktprijs van *light sweet* ruwe olie van de afgelopen 10 jaar.

De olieprijs zal de komende jaren laag blijven en pas tegen 2020 klimmen tot 80 dollar per vat. Dat stelt het Internationale Energie Agentschap (IEA) in zijn nieuwe 'World Energy Outlook'.

De combinatie van een trager groeiende wereldeconomie en hoge olieproductie heeft de olieprijs sinds juni 2014 ruimschoots doen halveren tot ongeveer 50 dollar per vat. De markt zoekt momenteel een nieuw evenwicht, maar dat gebeurt met horten en stoten.

De duurdere olieproductie, zoals offshore winning of schalie-olie, staat noodgedwongen op een lager pitje. Tal van producenten in de VS, Canada en Brazilië hebben besparingsplannen aangekondigd, waarbij duizenden banen zijn geschrapt. Tegelijk zijn voor zowat 200 miljard dollar aan investeringen teruggeschroefd.

Landen en maatschappijen die goedkoop olie kunnen bovenhalen - omdat ze het goedje maar hoeven op te pompen - houden hun productie op peil, of schroeven ze zelfs op. Op die manier wint vooral het Midden-Oosten aan marktaandeel. Momenteel levert de regio ongeveer een derde van alle aardolie, maar dat zou tot meer dan twee derde kunnen evolueren als de olieprijs rond 50 dollar blijft schommelen, denkt het IEA.

[...]

De wereldvraag naar olie zal de komende jaren maar matig groeien, met 900.000 vaten per dag tot 2020, schat het IEA, om tegen 2040 uit te komen op 103,5 miljoen vaten. In combinatie met de huidige overproductie zal dit de olieprijs laag houden. Het IEA verwacht een geleidelijke stijging tot 80 dollar per vat tegen het einde van het decennium. Maar het zou ook kunnen dat de olieprijs nog langer rond 50 dollar blijft hangen.

Aan de vraagzijde zijn grote verschuivingen op til. Tegen 2040 zal China bijna vijf keer zoveel olie invoeren als de Verenigde Staten. De periode van sterke groei van de Chinese vraag naar olie ligt wel stilaan achter ons; die rol neemt India de komende jaren over. Tegen 2040 zal India 10 miljoen vaten per dag consumeren, voorspelt het IEA.

(c) Tijd Realtime

Natuurlijk is de veronderstelling dat de olieprijs perfect regelmatig zou stijgen naar \$80 per vat niet erg realistisch. Zoals we ook al in Figuur 1 opmerken, zijn er duidelijke en schijnbaar willekeurige schommelingen te bemerken. Er zijn echter ook meer globale trends te ontdekken, zoals de geleidelijke toename van de prijs van 2009 tot midden 2014. In de financiële wiskunde bestaan er allerlei modellen voor de evolutie van de prijs van financiële producten zoals aandelen en olie. Een populair model dat—al dan niet met uitbreidingen—gebruikt wordt door handelaars, fondsbeheerders en financiële instellingen veronderstelt dat het logaritme van de prijsstijging van een financiële product voldoet aan een Brownse beweging met constante drift μ en constante volatiliteit σ . Zo'n stochastisch model voor de evolutie van de prijs van een financieel product noemt men een "geometrische Brownse beweging." In de context van olieprijsen kan men dit model als volgt definiëren:

$$S_t = S_0 \exp \left(\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t + \sigma \sqrt{t} N(0, 1) \right), \quad (1)$$

waarin S_0 de initiële prijs is van olie, S_t is de prijs van olie na t dagen, μ is de gemiddelde dagelijkse driftfactor, σ is de dagelijkse volatiliteit van de olieprijs en $N(0, 1)$ is de standaard normale verdeling.

Om dit model eenvoudiger te kunnen interpreteren, kunnen we het herschrijven als

$$t\rho \approx \log((1+\rho)^t) = \log\left(\frac{S_t}{S_0}\right) = \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma\sqrt{t}N(0,1),$$

waarbij het dagelijkse cumulatieve rendement ρ voldoende klein moet zijn opdat de Maclaurinreeksontwikkeling $x + \mathcal{O}(x^2) = \log(1+x)$ nauwkeurig is. Een interpretatie van model (1) is dus dat het dagelijkse cumulatieve rendement na t dagen bij benadering verdeeld is als

$$\rho \approx \frac{1}{t} \log\left(\frac{S_t}{S_0}\right) \sim N\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2, \frac{\sigma^2}{t}\right), \quad (2)$$

waarin $X \sim N(m, s^2)$ aanduidt dat de random variabele X normaal verdeeld is met gemiddelde m en standaardafwijking s . Deze uitdrukking leert ons dat model (1) stelt dat het dagelijkse cumulatieve rendement ρ , bij benadering, normaal verdeeld is rond de driftfactor μ min een correctieterm $\frac{1}{2}\sigma^2$ en met een variantie die lineair afneemt met het verstrijken van de tijd t . Beschouwd over lange termijnen $t \rightarrow \infty$ stelt dit model dus dat het dagelijkse cumulatieve rendement $\rho \rightarrow \mu - \frac{1}{2}\sigma^2$.

Opdracht 1. Schrijf een functie met hoofding

```
function [path] = StudNum_simulatePrice(initialPrice, days, mu, sigma)
```

die als uitvoer een willekeurig pad bevat in **path** van de evolutie van de olieprijs, zoals deze door een geometrische Brownse beweging met dagelijkse drift **mu** en dagelijkse volatiliteit **sigma** gedurende **days** opeenvolgende dagen gesimuleerd werd. De lengte van de uitvoer **path** is dus **days+1**. Het eerste element van **path** bevat steeds de initiële olieprijs **initialPrice**. Alle andere elementen in de vector zijn het resultaat van het simuleren van een geometrische Brownse beweging met drift **mu** en volatiliteit **sigma** (en $t = 1$ dag) startende bij de olieprijs op de vorige dag. Gebruik de Matlabfunctie **randn()** om een willekeurige bemonstering van $N(0,1)$ te bekomen. ♦

Een realistische schatting van de dagelijkse volatiliteit van de olieprijs kan afgeleid worden op basis van kenmerken van bepaalde financiële derivaatproducten. Een betrouwbaar cijfer is momenteel ongeveer 40% jaarlijkse volatiliteit op de olieprijs en in januari 2015 bedroeg de geïmpliceerde volatiliteit zelfs 50%; beide waarden zijn zeer hoog en voor het doel van dit practicum niet geschikt. We zullen daarom uitgaan van een meer bescheiden jaarlijkse volatiliteit van 30%, hetgeen zich vertaalt in een dagelijkse volatiliteit

$$\sigma = 0.0159.$$

Om de driftfactor μ te bepalen gaan we uit van de betrouwbaarheid van de voornoemde studie door het IEA. We verwachten dus een stijging van de olieprijs naar \$80/boe in 2020, oftewel 51.83% in 1800 dagen. Als we de correctheid van model (1) model veronderstellen, willen we dus dat

$$80 = 52.69 \cdot \mathbb{E}\left[\exp\left(1800\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right) + \sigma\sqrt{1800}N(0,1)\right)\right] = 52.69 \cdot \mathbb{E}\left[\exp\left(N(1800(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2), 1800 \cdot \sigma^2)\right)\right]$$

waarbij $\mathbb{E}[X]$ de verwachtingswaarde van de random variabele X is. Voor randomvariabelen van de vorm $X = \exp(Y)$ met $Y \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$ weet men dat $\mathbb{E}[X] = \exp(\mu_1 + \frac{1}{2}\sigma_1^2)$. Het volgt dus dat

$$\frac{80}{52.69} = \exp\left(1800\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right) + \frac{1800}{2}\sigma^2\right)$$

waaruit de waarde $\mu = \log(80/52.69)/1800 = 2.3001 \cdot 10^{-4}$ volgt als realistische voorspelde driftfactor. Laat ons nu enkele simulaties van de olieprijs maken.

Opdracht 2. Simuleer 10 willekeurige paden gedurende **days = 360** opeenvolgende dagen met de functie uit de vorige opgave en plot ze in een grafiek. Als parameterwaarden kies je $\mu = 2.3001 \cdot 10^{-4}$ en $\sigma = 0.0159$. Als initiële olieprijs **initialPrice** neem je de meest recente olieprijs die je op <http://www.bloomberg.com/quote/CL1:COM> kan vinden. Vermeld in het verslag ook op welke datum je deze prijs hebt geselecteerd. Zien deze paden er realistisch uit wanneer je ze vergelijkt met het werkelijke verloop van de olieprijs gedurende het afgelopen jaar die je op de webpagina van Bloomberg kan raadplegen? Indien je het prijsverloop niet realistisch vindt, verklaar dan omstandig. ♦

In de simulatie van de kasstroom die later volgt, zullen we geregeld de gemiddelde olieprijs gedurende een maand moeten berekenen.

Opdracht 3. Schrijf een functie met hoofding

```
function [avgMonthlyOilPrice] = StudNum_averageOilPrices(months, initialPrice)
```

die de gemiddelde olieprijs berekent voor `months` opeenvolgende maanden op basis van de veronderstelling dat de olieprijs voldoet aan een geometrische Brownse beweging met (dagelijkse) driftfactor μ gelijk aan $\log(80/52.69)/1800$, (dagelijkse) volatiliteit $\sigma = 0.0159$ en initiële olieprijs `initialPrice` (in \$/boe). Gebruik de functie uit Opdracht 1 om één pad van de olieprijs te simuleren voor `30*months-1` opeenvolgende dagen. Op basis hiervan berekent de functie de gemiddelde maandelijkse olieprijs voor opeenvolgende maanden, i.e., opeenvolgende (niet-overlappende) periodes van exact 30 dagen. De uitvoer `avgMonthlyOilPrice` is een vector van lengte `months` en bevat deze gemiddelde maandelijkse olieprijsen.



Opdracht 4. Voer de volgende code uit

```
monthlyOilPrices = zeros(60,100000);
for k = 1 : 100000
    monthlyOilPrices(:,k) = StudNum_averageOilPrices(60, 52.69);
end
avgMonthlyOilPrices = mean(monthlyOilPrices,2);
```

om het gemiddelde van de gemiddelde maandelijkse olieprijsen te berekenen. Maak een duidelijke grafiek van de rij `avgMonthlyOilPrices` samen met de rij `target = 52.69*(80/52.69).^(30*(1:60)/1800)`. Vergeet de legende niet!



4 De bedrijfskasstroom van een oliemaatschappij

De instorting van de olieprijs in de tweede jaarhalfst van 2014 heeft uiteraard een impact op de kasstroom van Shell en het bedrijf wil weten welke strategische beslissingen noodzakelijk zijn om haar voortbestaan over de komende 5 jaar veilig te stellen. We zullen Shell's kasstroom van maand tot maand simuleren, startende op 1 januari 2015—zodat we realistische gegevens kunnen gebruiken uit het jaarverslag van het financiële jaar dat eindigde op 31 december 2014. De hamvraag die onze simulatiestudie moet beantwoorden is de volgende:

Wanneer en onder welke voorwaarden verzinkt Shell in een bankroet als ze haar strategische beleid niet aanpast?

Een bankroet wordt voor de eenvoud gedefinieerd als de situatie waarbij de cashpositie van het bedrijf negatief is.

4.1 Modelling en simulatie

Om de kasstroom van Shell realistisch te simuleren, zullen we de nettowinst van het upstream- en downstreamsegment simuleren en deze verminderen met kapitaalinvesteringen, het terugbetalen van de hoofdsom van uitstaande schuldpapieren en de uitbetaling van dividenden aan aandeelhouders en interesten aan schuldeisers.

Upstream. De winstgevendheid van het upstreamsegment van Royal Dutch Shell wordt beïnvloed door twee factoren: de productiekost per eenheid grondstof en de marktprijs van de geproduceerde grondstof. Daar Shell essentieel een prijsnemer is, wordt de verkoopprijs van olie en aardgas gedicteerd door de huidige marktprijs die bepaald wordt door het spel van vraag en aanbod op de grondstoffenbeurzen. Zoals we in de voorgaande sectie gezien hebben, kan de evolutie van de olieprijs gemodelleerd worden als een geometrische Brownse beweging.

De operationele kosten voor het produceren van een grondstof variëren natuurlijk van bedrijf tot bedrijf. Voor Shell kunnen we een goede schatting van haar operationele kosten bekomen door het jaarverslag van het financiële jaar 2014 te beschouwen. Daar vindt men de relevante informatie die in Tabel 1 wordt gereproduceerd. Hieruit kunnen we afleiden dat het upstreamsegment een omzet (*revenue*) boekte

UPSTREAM

KEY STATISTICS		\$ MILLION		
	2014	2013	2012	
Segment earnings	15,841	12,638	22,244	
Including:				
Revenue (including inter-segment sales)	92,299	92,869	94,550	
Share of profit of joint ventures and associates	5,502	6,120	8,001	
Production and manufacturing expenses	20,093	18,471	16,354	
Selling, distribution and administrative expenses	1,055	1,194	1,211	
Exploration	4,224	5,278	3,104	
Depreciation, depletion and amortisation	17,868	16,949	11,387	
Net capital investment [A]	20,704	39,217	25,320	
Oil and gas production available for sale (thousand boe/d)	3,080	3,199	3,262	
Equity LNG sales volume (million tonnes)	24.0	19.6	20.2	
Proved oil and gas reserves at December 31 (million boe) [B]	13,070	13,932	13,556	

[A] See "Non-GAAP measures reconciliations".

[B] Excludes reserves attributable to non-controlling interest in Shell subsidiaries.

Tabel 1: Inkomstenopgave van Royal Dutch Shell plc uit het 2014 Form 20-F op p. 23.

van \$97 miljard. Om de nettowinst (*earnings*) van \$15.8 miljard te bekomen, dienen we de omzet te verminderen met de uitgaven. Deze uitgaven kan men onderverdelen in twee categorieën: operationele onkosten (*production and manufacturing expenses, selling, distribution and administrative expenses, exploration en depreciation, depletion and amortization*) en kapitaalinvesteringen (*net capital investment*). De totale operationele onkosten bedroegen in 2014 ongeveer \$43.240 miljard voor de productie van 3.08 miljoen *barrels of oil equivalent* (boe) per dag. Zo vinden we dat Shell in 2014 een totale operationele onkost had van ongeveer

$$K = 38.4629 \text{ (\$/boe)}.$$

De operationele omzet van het upstreamsegment van Shell voor één maand is eenvoudig te bepalen:

$$O_{\text{upstream}} = P_{\text{olie}} \cdot V_{\text{olie}} + P_{\text{gas}} \cdot V_{\text{gas}}$$

waarbij P_{olie} de gemiddelde marktprijs van 1 boe olie is gedurende die maand, P_{gas} is de gemiddelde marktprijs van 1 boe gas in die maand, V_{olie} is het volume verkochte olie in boe in die maand en V_{gas} is het volume verkochte gas in boe tijdens de maand. In het ganse practicum gaan we er vanuit dat het maandelijks productievolume constant is en gegeven wordt door

$$V_{\text{olie}} = 40,736,500 \text{ (boe)} \quad \text{en} \quad V_{\text{gas}} = 48,555,934 \text{ (boe)}.$$

Deze waarden komen overeen met de gemiddelde maandelijks productiehoeveelheid in 2014.⁴ In dit practicum zullen we voor de eenvoud een constante gasprijs veronderstellen. We gebruiken de gemiddelde prijs waartegen Shell in 2014 haar gas kon verkopen:⁵

$$P_{\text{gas}} = 32.944 \text{ (\$/boe)}.$$

De maandelijks operationele nettowinst is dan gedefinieerd als

$$W_{\text{upstream}} = O_{\text{upstream}} - K \cdot (V_{\text{olie}} + V_{\text{gas}}).$$

Opdracht 5. Vanaf welke olieprijs realiseert het upstreamsegment van Shell een positieve winst? ♦

Opdracht 6. Schrijf een functie met hoofding

```
function [earnings] = StudNum_upstreamEarnings(oilPrice)
```

die bij invoer van de gemiddelde maandelijks olieprijs `oilPrice` de maandelijks operationele nettowinst `earnings` (in miljard USD) berekent van het upstreamsegment. ♦

Opdracht 7. Hoeveel bedraagt de operationele nettowinst van het upstreamsegment bij de huidige olieprijs? Deze laatste kan je raadplegen op <http://www.bloomberg.com/quote/CL1:COM>. Neem tevens de datum van je raadpleging op in het verslag. ♦

⁴Dit kan worden afgeleid op basis van de tabellen op bladzijden 35 en 36 in het jaarverslag van 2014. Het is tevens interessant op te merken dat hoewel Shell bij het grote publiek waarschijnlijk bekend staat om haar olieproducten, zij uitgedrukt in boe sinds 2012 meer gas dan olie produceert.

⁵Dit blijkt uit de tabel op bladzijde 33 in het jaarverslag.

Downstream. Het deel van de kasstroom afkomstig van de downstreamactiviteiten zullen we eenvoudig modelleren als een percentage van de omzet van het downstreamsegment. We zullen veronderstellen dat de omzet, i.e., verkoopprijs maal -volume, gedurende de ganse simulatie constant blijft.

De nettomarge op de downstream-activiteiten wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de nettowinst en de omzet. Zoals blijkt uit het jaarverslag is de nettomarge zeer laag: in 2014 en 2013 bedroeg ze net geen 1% en in 2012 bedroeg ze 1.2%; in de periode 2011–2014 schommelde de gerealiseerde olieprijs ongeveer rond de \$100/boe. Wanneer de olieprijs daalt dan neemt de nettomarge voor de downstream-activiteiten toe omdat de voornaamste grondstof goedkoper wordt.⁶ Deze margeuitzetting wordt mooi geïllustreerd in het laatste kwartaalrapport van Shell, waaruit we kunnen afleiden dat de nettomarge van het downstream-segment zeer significant steeg naar ongeveer 4%. De nettowinst in de eerste jaarhelft van 2015 was reeds groter dan de nettowinst over het ganse jaar 2014.

Op basis van voorgaande analyse zullen we veronderstellen dat de maandelijkse nettowinst van het downstreamsegment gegeven wordt door

$$W_{\text{downstream}} = O_{\text{downstream}} \cdot \frac{1}{100} \left(7.66 - \frac{P_{\text{olie}}}{15} \right),$$

waarbij de maandelijkse omzet

$$O_{\text{downstream}} = 32,000,000,000 \text{ (\$)}$$

bedraagt.

Opdracht 8. Schrijf een functie met hoofding

```
function [earnings] = StudNum_downstreamEarnings(oilPrice)
```

die bij invoer van de gemiddelde maandelijkse olieprijs `oilPrice` de maandelijkse operationele nettowinst `earnings` (in miljard USD) berekent van het downstreamsegment. ♦

Opdracht 9. Hoeveel bedraagt de operationele nettowinst van het downstreamsegment bij de huidige olieprijs? Deze laatste kan je raadplegen op <http://www.bloomberg.com/quote/CL1:COM>. Neem tevens de datum van je raadpleging op in het verslag. ♦

Corporate. Op het bedrijfsniveau vinden we nog enkele grote kostenposten terug: uitgaven voor dividenden, uitgaven voor interesten, terugbetaling van de hoofdsom van obligaties en kapitaalinvesteringen.

De dividenden die aan de aandeelhouders worden uitgekeerd zijn een discretionaire beslissing van het management: er is geen contractuele verplichting om een dividend uit te keren. Bij het huidige dividendprogramma van Shell wordt jaarlijks ongeveer 11.843 miljard USD uitgekeerd aan de aandeelhouders, verspreid over 4 kwartaaldividenden van gelijke grootte. De laatste keer dat Shell's kwartaaldividend gereduceerd werd, was 70 jaar geleden. Er is bijgevolg een sterk incentief aanwezig bij het management om het dividend te behouden. Het reduceren van het dividend lijkt thans een onrealistisch scenario.

Opdracht 10. Schrijf een functie met de volgende hoofding:

```
function [dividend] = StudNum_dividendExpense(yearlyDividend, month)
```

Als uitvoer geeft de functie het dividend `dividend` uitgedrukt in miljard USD dat in de maand `month` aan de aandeelhouders wordt uitbetaald. Het invoerargument `month` is een getal tussen 1 en 12 dat de maand aangeeft; 1 is januari, 2 is februari enzoverder. Het invoerargument `yearlyDividend` is het jaarlijkse budget uitgedrukt in miljard USD dat Shell wenst te spenderen aan het dividend; in 2014 was dit dus ongeveer 12 miljard USD. Shell keert enkel in maart, juni, september en december een dividend uit ten belope van één vierde van het jaarlijkse dividend `yearlyDividend`. ♦

Kapitaalinvesteringen (zoals onder meer het aankopen van concessies en bouwen van nieuwe oliebronnen en pijpleidingen) zijn eveneens een discretionaire beslissing van het management. Het langdurig uitstellen van zulke investeringen zal echter de concurrentiepositie op lange termijn aantasten. We veronderstellen dat Shell de komende vijf jaar nooit een nettodesinvestering maakt: de nettokapitaalinvestering wordt verondersteld steeds positief te zijn. Merk op dat Shell de nettokapitaalinvestering kan reduceren door de verkoop van niet-essentiële en minder performante activa. Zo bestonden de kapitaalinvesteringen in 2014 uit ongeveer \$34 miljard nieuwe investeringen en \$11 miljard desinvesteringen (voornamelijk door de verkoop van aandelen van andere bedrijven en de verkoop van fractionele belangen in concessies).

⁶Exact het omgekeerde gebeurt voor de upstream-activiteiten omdat de verkoopprijs daalt.

PUBLICLY TRADED BONDS, CURRENT OUTSTANDING						
Maturity	Settlement	Currency	Million	Coupon	Listing	ISIN
28 Jun 2015	28 Jun 2010	USD	1,750	3.100%	New York	US822582AQ52
22 Sep 2015	22 Sep 2009	USD	1,000	3.250%	New York	US822582AH53
10 Nov 2015	15 Nov 2013	USD	750	3-month LIBOR +0.07%	New York	US822582BB74
04 Dec 2015	06 Dec 2012	USD	750	0.625%	New York	US822582AU64
09 Feb 2016	09 Feb 2009	EUR	1,250	4.500%	London	XS0412968876
15 Nov 2016	15 Nov 2013	USD	1,000	3-month LIBOR +0.21%	New York	US822582BC57
15 Nov 2016	15 Nov 2013	USD	1,000	0.900%	New York	US822582AZ51
22 Mar 2017	22 Mar 2007	USD	750	5.200%	New York	US822582AC66
22 May 2017	22 May 2007	EUR	1,500	4.625%	London	XS0301945860
21 Aug 2017	21 Aug 2012	USD	1,000	1.125%	New York	US822582AR36
14 May 2018	13 May 2009	EUR	2,500	4.375%	London	XS0428147093
10 Aug 2018	12 Aug 2013	USD	1,500	1.900%	New York	US822582AW21
15 Nov 2018	15 Nov 2013	USD	1,250	2.000%	New York	US822582BA91
22 Sep 2019	22 Sep 2009	USD	2,000	4.300%	New York	US822582AJ10
20 Dec 2019	6 Nov 2014	GBP	500	2.000%	London	XS1135277736
25 Mar 2020	25 Mar 2010	USD	1,250	4.375%	New York	US822582AM49
24 Mar 2021	24 Mar 2014	EUR	1,000	1.625%	London	XS1048521733
6 Apr 2022	6 Nov 2014	EUR	1,000	1.000%	London	XS1135276332
21 Aug 2022	21 Aug 2012	USD	1,000	2.375%	New York	US822582AS19
06 Jan 2023	06 Dec 2012	USD	1,000	2.250%	New York	US822582AV48
12 Aug 2023	12 Aug 2013	USD	1,000	3.400%	New York	US822582AX04
24 Mar 2026	24 Mar 2014	EUR	1,000	2.500%	London	XS1048529041
20 Jan 2027	6 Nov 2014	EUR	1,250	1.625%	London	XS1135277140
15 Dec 2038	11 Dec 2008	USD	2,750	6.375%	New York	US822582AD40
25 Mar 2040	25 Mar 2010	USD	1,000	5.500%	New York	US822582AN22
21 Aug 2042	21 Aug 2012	USD	500	3.625%	New York	US822582AT91
12 Aug 2043	12 Aug 2013	USD	1,250	4.550%	New York	US822582AY86

Tabel 2: Een overzicht van de uitstaande obligaties van Shell op 31 december 2014 volgens het *Investor's handbook* van Royal Dutch Shell plc.

Opdracht 11. Schrijf een functie met hoofding

```
function [capex] = StudNum_capexExpense(yearlyCapex)
```

die als uitvoer één twaalfde deel van de jaarlijkse kapitaalinvesteringsuitgaven `yearlyCapex` (uitgedrukt in miljard USD) teruggeeft. ♦

De samenstelling van de schuldenberg van Shell is een gegeven uit het verleden. Hij wordt weergegeven in Tabel 2. We veronderstellen dat al deze schuldpapieren een jaarlijks dividend uitbetalen in dezelfde kalendermaand als de maand waarin de obligatie verloopt; een obligatie met maturiteitsdatum op 25 maart 2040 zal steeds het jaarlijkse dividend in de maand maart uitbetalen. Voor de twee obligaties met een variabele interestvoet, zullen we veronderstellen dat de 3-month LIBOR rente constant blijft en gelijk is aan 0.36%. De derde obligatie in Tabel 2 heeft dus een vaste jaarlijkse interestvoet van 0.43% en de zesde heeft een vaste jaarlijkse interestvoet van 0.57%. We zullen tevens veronderstellen dat de wisselkoers USD/EUR en USD/GBP constant blijft en gelijk is aan respectievelijk 0.93242 en 0.65819. We zullen voor onze simulatie initieel veronderstellen dat Shell de komende vijf jaar geen nieuw schuldpapier zal uitgeven. Daar deze veronderstelling echter niet realistisch is, zullen we ons model later uitbreiden zodat Shell bij het verlopen van een schuldpapier meteen een nieuw schuldpapier uitgeeft met exact dezelfde karakteristieken (hoofdsom, interestvoet en looptijd). Alle benodigde data betreffende de schuldpapieren van Shell wordt als het extern Matlabbestand `Debt.mat` aangereikt.

Opdracht 12. Laad het bestand `Debt.mat` in. De eerste kolom specificeert de maturiteitsdatum in aantal maanden na december 2014. De waarde 1 komt dus overeen met de maand januari 2015, de waarde 23 komt overeen met november 2016 enzoverder. De tweede kolom geeft de looptijd van de obligatie in aantal maanden aan. De tweede obligatie in Tabel 2 heeft een looptijd `Debt(2,2)` van 6 jaar oftewel 72 maanden. Haar maturiteitsdatum `Debt(2,1)` is de negende maand na december 2014, dus september 2015. De derde kolom van `Debt` bevat de hoofdsom van de obligatie, uitgedrukt in miljard USD. De vierde kolom bevat de interestvoet uitgedrukt in percent.

Hoeveel bedraagt de uitstaande schuld van Shell, uitgedrukt in miljard USD? ♦

Opdracht 13. Schrijf een functie met hoofding

```
function [interest, principal] = StudNum_interestExpense(Debt, month)
```


die als eerste argument `Debt` de kenmerken van de uitstaande schuldpapieren van Shell bevat, namelijk de matrix die je hebt ingeladen uit `Debt.mat`. Het argument `month` is een positief geheel getal. De functie dient de hoeveelheid interest `interest` te berekenen die in de `month`-de maand na december 2014 moet uitbetaald worden. Het tweede uitvoerargument, `principal`, dient de hoofdsom te bevatten die in de `month`-de maand na december 2014 moet terugbetaald worden. Zoals eerder werd uitgelegd, wordt voor een obligatie interest uitbetaald in een bepaalde maand van het jaar indien de obligatie in die maand van het jaar verloopt (maar niet noodzakelijk in dat jaar).

Let op: Op obligaties waarvan de maturiteitsdatum verstreken is, wordt uiteraard geen interest meer betaald. ♦

Opdracht 14. Bereken de interestlasten en terugbetaling van de hoofdsom in elk van de 360 opeenvolgende maanden startende in januari 2015 door de volgende code uit te voeren:

```
interest = zeros(360,1);
principal = zeros(360,1);
for m = 1 : 360
    [interest(m),principal(m)] = StudNum_interestExpense(Debt, m);
end
```

In welke maand (naam en jaartal) wordt de maximale hoeveelheid interest uitbetaald? Hoeveel interest (in miljard USD) wordt er in het totaal over de 360 maanden uitbetaald aan schuldeisers? Hoeveel bedraagt de som van de terugbetaalde hoofdsommen (in miljard USD)? Is alle schuld terugbetaald na deze 360 maanden? Verklaar omstandig als dit niet het geval is. ♦

Opdracht 15. Maak een duidelijke grafiek van de cumulatieve interestlasten en de cumulatieve terugbetaling van hoofdsommen voor 360 opeenvolgende maanden door de volgende code uit te voeren:

```
plot(cumsum(interest), 'x-');
hold all
plot(cumsum(principal), 'o-');
legend('Interest', 'Hoofdsom', 'Location', 'NorthWest');
```

Neem deze figuur op in het verslag. ♦

Met behulp van bovenstaande functies kunnen we eenvoudig de kasstroom van Shell simuleren voor opeenvolgende maanden na 31 december 2014. De idee bestaat eruit om de cashpositie van de voorgaande maand te vermeerderen met de maandelijkse operationele winst van het upstream- en downstreamsegment en ze te verminderen met de maandelijkse kapitaalinvesteringsuitgaven, het dividend, de maandelijkse interestlasten en de terugbetaling van de hoofdsom van obligaties die in de maand verlopen. Beschouw het volgende voorbeeld. Laat ons veronderstellen dat de olieprijs \$60 per boe is, de cashpositie op 31 december 2014 is \$21.6 miljard, het jaarlijks dividend bedraagt \$11.84 miljard, de kapitaalinvesteringsuitgaven bedragen \$20 miljard en de kenmerken van de uitstaande obligaties worden beschreven in Tabel 2. In de eerste gesimuleerde maand, januari 2015, bedraagt de operationele winst van het upstreamsegment \$609,370,730. De operationele winst van het downstreamsegment bedraagt \$1,171,200,000. De totale inkomsten van \$1,780,570,730 dienen verminderd te worden met de kapitaalinvesteringsuitgaven ten belope van \$1,666,666,667. In januari wordt geen dividend uitbetaald. De interestlasten bedragen \$44,284,711, waarvan \$22,500,000 afkomstig is van de obligatie met maturiteitsdatum 6 januari 2023 en \$21,784,711 afkomstig is van de euro-obligatie met maturiteitsdatum op 20 januari 2027. Er verloopt geen obligatie in januari 2015, dus er zijn geen onkosten voor de terugbetaling van hoofdsommen. Het volgt dat de netto-inkomsten voor de maand januari 2015 gelijk zijn aan \$69,619,352. De cashpositie aan het einde van januari 2015 is dus \$21,669,619,352.

Opdracht 16. Schrijf een functie met hoofding

```
function [cashFlow] = StudNum_cashFlow(...
    months, cash, Debt, yearlyCapex, yearlyDividend, avgOilPrice ...
)
```

die gebruik maakt van de voorgaande functies om de kasstroom van Shell te simuleren voor `months` opeenvolgende maanden. Het eerste invoerargument is een positief geheel getal dat het aantal te simuleren maanden na december 2014 aangeeft. Het argument `cash` is de cashpositie van Shell op 31 december 2014 uitgedrukt in miljard USD. Het invoerargument `Debt` is een tabel met de eigenschappen van de nog uitstaande schuldpapieren van Shell, bijvoorbeeld zoals de matrix die je hebt ingelezen in Opdracht 12. Het argument `yearlyCapex` is het jaarlijkse budget voor kapitaalinvesteringen uitgedrukt in miljard USD. Het jaarlijkse dividend van Shell wordt als invoerargument `yearlyDividend` opgegeven in (miljard USD). Het laatste argument, `avgOilPrice`, is een vector van lengte `months` die de gemiddelde maandelijkse olieprijs P_{olie} (in \$/boe) waartegen Shell haar olie kan verkopen bevat voor elk van de maanden in de simulatie, bijvoorbeeld zoals de vector die je als uitvoer bekomt bij een oproep van de functie in Opdracht 3; `avgOilPrice(5)` bevat dus de gemiddelde maandelijkse olieprijs van mei 2015. Het uitvoerargument `cashFlow` is een rij van lengte `months` met als element `cashFlow(i)` de cashpositie van Shell aan het einde van de *i*de maand volgende op december 2014; `cashFlow(1)` bevat dus de cashpositie van Shell op 31 januari 2015, `cashFlow(11)` bevat de cashpositie op 30 november 2015, `cashFlow(25)` bevat de cashpositie op 31 januari 2017, enzoverder.

Let op: Het is toegelaten dat Shell aan het einde van een maand een negatieve cashpositie heeft. Wanneer de liquide middelen uitgeput zijn, laat je de simulatie dus gewoon verder lopen. Op deze manier zou men bijvoorbeeld kunnen bepalen hoeveel geld Shell extra zal moeten lenen om de `months` maanden te overbruggen. ♦

Opdracht 17. Simuleer met behulp van de functie uit de voorgaande opgave de kasstroom van Shell voor de 60 maanden volgende op december 2014, waarbij je veronderstelt dat de huidige cashpositie \$21.8 miljard bedraagt, het jaarlijkse dividend van \$11.843 miljard gehandhaafd blijft, er jaarlijks \$20 miljard aan kapitaalinvesteringen besteed wordt en dat de kenmerken van de schuldenberg gegeven worden door de matrix `Debt` die je in Opdracht 12 hebt ingeladen. Simuleer de kasstroom voor de volgende zes *constante* waarden (de prijs is dus elke maand hetzelfde) van de gemiddelde maandelijkse olieprijs: $P_{\text{olie}} = 50, 60, 70, 80, 90$ en 100 (\$/boe). Maak één duidelijke figuur van deze kasstromen en neem deze op in het verslag. Vergeet de legende niet. ♦

Opdracht 18. In welke maanden (naam en jaartal) wordt de cashpositie van Shell voor het eerst negatief volgens de veronderstellingen uit de vorige opdracht voor elk van de zes gesimuleerde prijsniveaus van olie? ♦

Uit deze deterministische simulatie blijkt dus al dat Shell in elk scenario binnen afzienbare tijd op zoek moet gaan naar vers kapitaal indien ze haar strategisch beleid (dividendpolitiek, investeringsbudget en kapitaalstructuur) niet aanpast. Zoals blijkt uit Opdracht 15 is een significante kostenpost het terugbetalen van de hoofdsom van de schulden die in de volgende 5 jaar verlopen. Zou het leven niet makkelijker zijn indien we deze kunnen vergeten? Shell heeft—zoals vele andere bedrijven met een conservatieve kapitaalstructuur—de ideale oplossing voor dit probleem gevonden, namelijk het “herfinancieren van de schulden:” op de maturiteitsdatum van een obligatie geeft men een nieuwe obligatie uit met dezelfde kenmerken (looptijd, hoofdsom en interestvoet). Het gevolg is dat de hoofdsom van de vervallende obligatie kan afgelost worden met de opbrengst van de verkoop van de nieuw uitgegeven obligatie.⁷ Enkel de interest op de vervallende obligatie moet dan uit eigen zak betaald worden.

Opdracht 19. Schrijf een functie met hoofding

```
function [cashFlow] = StudNum_cashFlowWithRefinancing(...
    months, cash, Debt, yearlyCapex, yearlyDividend, avgOilPrice ...
)
```

die gebruik maakt van voorgaande functies om de kasstroom van Shell te simuleren voor `months` opeenvolgende maanden, waarbij we ditmaal veronderstellen dat alle vervallende obligaties geherfinancierd worden. De interpretatie van alle invoerargumenten is dezelfde als in Opdracht 16.

Verklaar in het verslag hoe je de herfinanciering van de schulden geïmplementeerd hebt. ♦

Opdracht 20. Voer de simulatie uit Opdracht 17 opnieuw uit, maar ditmaal met herfinanciering van de schulden. Gebruik hiervoor de functie uit de vorige opdracht. Maak opnieuw één duidelijke grafiek van de kasstroom bij de volgende zes *constante* gemiddelde maandelijkse olieprijzen $P_{\text{olie}} = 50, 60, 70, 80, 90$ en 100 (\$/boe). Neem deze op in het verslag. ♦

⁷We negeren de kosten die gepaard gaan met zo'n verkoop.

Opdracht 21. In welke maanden (naam en jaartal) wordt de cashpositie van Shell voor het eerst negatief volgens de veronderstellingen uit de vorige opdracht voor elk van de zes gesimuleerde prijsniveaus van olie? ♦

We kunnen nu op basis van Opdrachten 3 en 19 een stochastische simulatie van de kasstroom van Shell maken.

Opdracht 22. Simuleer 10 willekeurige gemiddelde maandelijkse olieprijsen-paden voor 24 opeenvolgende maanden met de functie uit Opdracht 3 met `months = 24` en als initiële prijs \$52.69/boe, i.e., de historische prijs op 1 januari 2015. Voor elk van deze 10 bemonsteringen roep je de functie uit Opdracht 19 op om zo 10 bemonsteringen van de kasstroom te bekomen. Als overige parameterwaarden veronderstel je dat de initiële cashpositie \$21.8 miljard bedraagt, dat het jaarlijkse dividend van \$11.843 miljard gehandhaafd blijft, dat er jaarlijks \$20 miljard aan kapitaalinvesteringen besteed wordt en dat de kenmerken van de schuldenberg gegeven worden door de matrix `Debt` die je in Opdracht 12 hebt ingeladen. Maak één duidelijke grafiek van deze 10 kasstromen. In hoeveel van je gesimuleerde scenarios gaat Shell bankroet?⁸ ♦

Opdracht 23. Bereken de kans dat Shell in de komende 24 maanden het faillissement moet aanvragen door de cashpositie van Shell in 100,000 bemonsteringen te simuleren met de functie uit Opdracht 22. Hoeveel bedraagt deze kans? ♦

5 Evaluatie

Opdracht 24. Hoeveel tijd heb je gespendeerd aan het oplossen van de opdrachten? Hoeveel tijd heb je gespendeerd aan het schrijven van het verslag?

Opdracht 25. De verschillende vereenvoudigingen die we hebben doorgevoerd indachtig nemende, denk je dat dit soort simulaties nuttig zijn? Of was de kans dat Shell bankroet gaat reeds duidelijk?

Opdracht 26. Welke eindbedenkingen heb je bij dit practicum? Was de opgave (veel) te gemakkelijk, (veel) te moeilijk of van een gepaste moeilijkheidsgraad? Is de economische terminologie voldoende duidelijk? Wat zou je zelf anders aangepakt hebben? Zou je nog andere vraagstukken met betrekking tot Shell willen beantwoord zien door middel van Monte Carlosimulaties?

⁸Voor de eenvoud veronderstellen we dat Shell bankroet gaat wanneer Shell aan het einde van een maand een negatieve cashpositie heeft.