



FFI-RAPPORT

21/01090

Fremtidig valutausikkerhet i kampflyanskaffelsen

Anniken Borgen Bergland
Erlend Urdsøn Nordvang

Fremtidig valutausikkerhet i kampflyanskaffelsen

Anniken Borgen Bergland
Erlend Urdsøn Nordvang

Emneord

Kampfly
Valutakurser
Økonomisk usikkerhet
Kostnadsanalyse
Materiellanskaffelser

FFI-rapport

21/01090

Prosjektnummer

1563

Elektronisk ISBN

978-82-464-3349-3

Engelsk tittel

The exchange rate uncertainty on the acquisition of new combat aircraft for the Norwegian Armed Forces

Godkjennere

Stian Betten, *forskningsleder*
Arne Petter Bartholsen, *forskningssjef*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.

Opphavsrett

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

Sammendrag

Stortinget vedtok i 2012 at Norge skulle anskaffe 52 kampfly av typen F-35 i perioden 2015 til 2025. Per oktober 2020 er det estimert at 85 prosent av de resterende anskaffelseskostnadene vil påløpe i USD, noe som betyr at det fortsatt er betydelig valutausikkerhet i prosjektet. Praksis i forsvarssektoren er at valutausikkerhet håndteres på porteføljenivå fordi usikkerheten er systematisk og ikke kan påvirkes av det enkelte prosjekt. Kampflyanskaffelsen er imidlertid unntatt denne praksisen, og valutausikkerhet må medregnes i prosjektets usikkerhetsavsetning som inkluderes i kostnadsrammen.

Kampflyavdelingen i Forsvarsmateriell gjennomfører årlige usikkerhetsanalyser for å dokumentere prosjektets kostnadsutvikling. Valutausikkerheten i anskaffelsen reflekteres i en egen valutafaktor. De senere årene har valutasvingningene vært store, og det har etter hvert blitt tydeligere at usikkerhetsspennet i valutafaktoren ikke er stort nok til å dekke den faktiske usikkerheten. På bakgrunn av dette anbefalte FFI en revurdering av dagens metode for å estimere valutausikkerhet. Denne rapporten oppsummerer vår vurdering av alternative metoder.

Usikkerhetsfaktoren for valuta beregnes i dag med en metode som tar utgangspunkt i historiske svingninger i valutakursen og antar at disse er representative for fremtiden. En utfordring med dagens metode er at den ikke fanger opp at usikkerheten øker over tid. Usikkerheten øker fordi sjansen for større sjokk og varige endringer i valutakursen øker etter hvert som tiden går.

Vi vurderer to alternative metoder for å beregne valutafaktoren: skaleringsmetoden og simuleringsmetoden. Metodene baserer seg på tydelige antakelser om kronekursens statistiske egenskaper og fanger opp at usikkerheten øker over tid. Skaleringsmetoden er den enkleste å anvende av disse, men tar også utgangspunkt i strengere statistiske antakelser.

Vi anbefaler at Kampflyavdelingen i Forsvarsmateriell benytter skaleringsmetoden i fremtidige usikkerhetsanalyser fordi den gir et bedre bilde av valutausikkerheten enn dagens metode. Vi viser at dersom metoden hadde blitt benyttet ved den første usikkerhetsanalysen i 2012, ville usikkerhetsfaktoren dekket den faktiske utviklingen i kronekursen frem til 2020. Simuleringsmetoden vil kunne gi enda mer presise estimer av usikkerheten, men vil være svært krevende å implementere i en prosjektorganisasjon. Vi vektlegger også brukervennlighet i vår anbefaling.

Summary

In 2012, the Norwegian Parliament (Stortinget) decided to procure 52 F-35 combat aircraft in the 10-year period 2015–2025. As of October 2020, an estimated 85 per cent of the remaining acquisition costs will be incurred in USD, a significant exposure to foreign exchange risk. In the Norwegian defence sector, foreign exchange risk is usually managed at the portfolio level because the risk is systematic and cannot be influenced by the project. However, the F-35 acquisition is exempt from this practice and foreign exchange risk must be included in the project's provision for uncertainty, which is included in the total cost limit.

The Norwegian F-35 Program conducts annual uncertainty analysis in order to document the project's cost development. Under this analysis, the foreign exchange risk is calculated as a separate factor. In recent years, the currency fluctuations have been large. It has become clear that the current assessment of foreign exchange risk does not adequately cover these fluctuations. Based on this, FFI recommended a new assessment of the current methodology of estimating foreign exchange risk and to consider alternative methods. This report summarises our assessment.

The risk factor for foreign exchange is calculated using a method that is based on historical fluctuations in the exchange rate, which are assumed to be representative of future fluctuations. One challenge of using this method is that it does not allow for increasing uncertainty over time. Uncertainty increases over time because the cumulative probability of major economic shocks occurring increases over time. These shocks may have a lasting effect on the exchange rate.

We consider two alternative methods for calculating the risk factor for foreign exchange: the scaling method and the simulation method. These methods are based on a clear set of assumptions about the exchange rate's statistical properties and allow for increasing uncertainty over time. Of the two, the scaling method is the most convenient method and is easier to apply, but it is also based on stricter statistical assumptions than simulation.

We recommend that the Norwegian F-35 Program uses the scaling method in the future because it provides a more realistic assessment of exchange rate uncertainty than the current method does. We show that if the scaling method had been applied when the first uncertainty analysis was conducted in 2012, the risk factor would have covered the actual development in the dollar exchange rate up until 2020. Simulation could provide even more accurate estimates, but would be very demanding to implement in a project organisation such as the F-35 Program. We emphasise convenience and ease of use in our recommendation.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	6
1 Innledning	7
1.1 Innledning og formål	7
1.2 Målgruppe	8
1.3 Innhold	8
2 Valuta i Kampflyanskaffelsen	8
2.1 Håndtering av valuta i Kampflyanskaffelsen	8
2.2 Valutastreng	9
2.3 Valutafaktoren	11
3 Alternative metoder	14
3.1 Skaleringsmetoden	14
3.2 Simuleringsmetoden	17
3.3 Anbefalt metode	20
4 Beregning av ny valutafaktor for Kampflyanskaffelsen	20
4.1 Investering	21
4.2 Drift	23
4.3 Historisk tilbakeblikk med skaleringsmetoden	25
5 Oppsummering og konklusjon	27
A Volatilitet – gjennomsnittlig endring i kronekursen	28
B Beregne valutafaktor med volatilitetsmetoden	31
C Fremgangsmåte for å beregne valutafaktor med skaleringsmetoden	33
6 Forkortelser	40
7 Referanser	41

Forord

I forbindelse med kostnads- og usikkerhetsanalysen for Kampflyanskaffelsen i 2020, anbefalte FFI å gjøre en ny vurdering av metoden som brukes for å beregne valutausikkerheten i anskaffelsen. Formålet med denne studien er å drøfte alternative metoder og komme med vår anbefaling til hvilken metode Forsvarsmateriell Kampflyavdelingen bør benytte i fremtidige kostnads- og usikkerhetsanalyser. Metodene som presenteres i rapporten er basert på statistiske modeller og simulering. Vi ønsker å takke Steinar Strøm fra Vista Analyse for veiledning og gode faglige diskusjoner underveis i arbeidet.

Kjeller 18.05.2021
Anniken Borgen Bergland
Erlend Urdsøn Nordvang

1 Innledning

1.1 Innledning og formål

Det norske Stortinget vedtok i 2012 at Norge skulle anskaffe 52 kampfly av typen F-35 i perioden 2015 til 2025. Opprinnelig kostnadsramme for anskaffelsen var 71 milliarder norske 2012-kroner (Forsvarsdepartementet, 2012), inklusiv valutausikkerhet. Fordi flyene produseres av amerikanske Lockheed Martin påløper kostnadene i all hovedsak i amerikanske dollar (USD). Vekslingsforholdet mellom kronen og dollaren har historisk sett vært svært volatil, og siden 2012 har det totalt sett vært en svekkelse av kronen mot dollar. Per oktober 2020 er det estimert at 85 prosent av de resterende anskaffelseskostnadene vil påløpe i USD, noe som betyr at det fortsatt er betydelig valutausikkerhet i prosjektet.

Valuta er en ekstern og systematisk usikkerhetsfaktor som prosjektet ikke har mulighet til å påvirke (Berntsen & Sunde, 2006). På bakgrunn av dette anbefaler Forsvarets prosjektmodell, Prinsix, at valutausikkerhet håndteres på porteføljenivå og ikke i enkeltprosjekter (Prinsix, 2008). Kampflyanskaffelsen er i midlertid unntatt fra denne praksisen, og valutausikkerheten skal medregnes i prosjektets usikkerhetsavsetning (Holte consulting; Vista analyse, 2012).

Forsvarsmateriells Kampflyavdeling (FMA KFA) gjennomfører årlige usikkerhetsanalyser for å dokumentere prosjektets kostnadsutvikling, hvor det gjøres oppdateringer av usikkerhetsfaktoren. Usikkerhetsanalysen våren 2020 (UA 2020), ble gjennomført kort tid etter at Covid-19-pandemien hadde slått ut for fullt i Europa. Pandemien ledet til uroligheter i finansmarkedene, hvilket igjen resulterte i et voldsomt sjokk i vekslingskursen mellom kronen og dollaren. I analysen ble vektet snittkurs for anskaffelsen estimert til å være 10,49 NOK/USD. Dette er en økning på 62 prosent fra kursen som lå til grunn for beregningen av opprinnelig kostnadsramme i 2012, som da var 6,47 NOK/USD.

Valutausikkerheten i anskaffelsen reflekteres i en egen usikkerhetsfaktor for valuta, valutafaktor, som i dag beregnes ved hjelp av volatilitetsmetoden (Røtvold, 2016). I UA 2020 ga faktoren et usikkerhetsspenn estimert til å strekke seg fra 9,79 til 11,19 NOK/USD. Dette tilsvarer en endring opp og ned 7 prosent fra vektet gjennomsnittskurs. Sett opp mot de historiske svingningene i valutakursen, er dette spennet svært smalt og dekker ikke engang utviklingen i løpet av 2020. På bakgrunn av dette, anbefalte Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) at vi gjorde en ny vurdering av dagens metode for å estimere valutausikkerhet. I denne rapporten drøfter vi alternative metoder, og kommer med vår anbefaling til metode for FMA KFA. Metoden kan også være relevant for andre anskaffelser der valuta kan påvirke utfallsrommet for kostnadene. Drøftingen vil vektlegge de praktiske aspektene ved metodene og vil ikke gå dyp inn i de statistiske forutsetningene utover det som er helt nødvendig. For lesere som ønsker en mer inngående beskrivelse av metoden anbefaler vi å lese Nordvang & Bergland (2021) hvor vi analyserer valutausikkerheten i gjeldende langtidsplan for Forsvaret (LTP).

1.2 Målgruppe

Hovedformålet med rapporten er å diskutere og anbefale metode til beregning av valutafaktoren. Beskrivelsene er tekniske av natur, og følgelig vil primær målgruppe for rapporten være personer med statistisk kompetanse som er involvert i Kampflyanskaffelsen. Dette kan omfatte personell som er ansatt i anskaffelsesprosjektet, men også personer som bistår med kvalitetssikring av prosjektet.

I vedlegg C gis en trinnvis forklaring på hvordan man kan beregne en usikkerhetsfaktor for valuta med skaleringsmetoden. Forklaringen kan være nyttig for personer som jobber med investeringsprosjekter hvor valuta er en betydelig usikkerhet, og som ønsker å beregne valutausikkerheten for deres prosjekt.

1.3 Innhold

I kapittel 2 beskriver vi hvordan valuta håndteres i anskaffelsesprosjekter i forsvarssektoren generelt og i FMA KFA spesielt, herunder dagens metode for å estimere valutausikkerhet. I kapittel 3 presenterer vi alternative metoder for å beregne usikkerhetsfaktor for valuta og gir vår anbefaling til ny metode. Kapittel 4 viser utregning av usikkerhetsspenn ved bruk av anbefalt metode. I kapittel 5 oppsummerer vi hovedfunnene i rapporten.

2 Valuta i Kampflyanskaffelsen

2.1 Håndtering av valuta i Kampflyanskaffelsen

Forsvaret bruker hvert år store summer på anskaffelse av nytt militært materiell. Mye av materiellet leveres fra utenlandske produsenter, og endringer i valutakurser kan dermed ha stor innvirkning på de faktiske kostnadene Forsvaret må betale. Dette ble ekstra tydelig våren 2020 da Covid-19-pandemien slo ut for fullt og førte til store uroligheter i finansmarkedet og en drastisk svekkelse av kronen mot dollar. I forslaget til revidert nasjonalbudsjett publisert i mai 2020, kort tid etter at Norge hadde stengt ned, ble det annonsert at regjeringen omdisponerer 206 millioner kroner internt på forsvarsbudsjettet for å dekke merutgifter knyttet til drivstoff og valuta (Regjeringen, 2020).

Materiellanskaffelsene i Forsvaret utføres i prosjekter og Forsvarets projektrammeverk, Prinsix, legger føringer for gjennomføringen av de ulike stegene i prosjektløpet (Prinsix, 2020). I prosjekter som anskaffer materiell fra utlandet, vil valuta være en systematisk og ekstern usikkerhet. Det vil si at det påvirker alle kostnadselementer samtidig og i samme retning, og påvirkes av utenforliggende forhold som prosjektet ikke har mulighet til å påvirke (Berntsen &

Sunde, 2006) (Prinsix, 2008). På bakgrunn av dette, anbefaler Prinsix å skjerme prosjektene for valutarisikoen og i stedet håndtere det på porteføljenivå.

Kampflyanskaffelsen er imidlertid unntatt fra denne praksisen. Røtvold (2016) skriver at dette kan komme av at anskaffelsen er såpass stor og inneholder flere delprosjekter, slik at programmet som helhet kan bli sett på som en liten portefølje alene. Valutausikkerheten skal derfor dekkes innenfor prosjektets kostnadsramme (P85) hvor valutausikkerhet inngår som en del av prosjektets usikkerhetsavsetning. FMA KFA gjennomfører årlige usikkerhetsanalyser hvor kostnadsestimater for anskaffelsen oppdateres og hvor det gjøres nye beregninger av usikkerhetsfaktorene. Fordi den norske stat er selvassurandør, har ikke FMA KFA noen mulighet til å sikre seg mot valutasvingningene, slik at en svekkelse av kronen i løpet av anskaffelsesperioden vil kunne medføre store kostnadsøkninger. Programmet må derfor beregne en hensiktsmessig usikkerhetsfaktor for valuta som gir nok handlingsrom til å kunne dekke inn eventuelle merkostnader som følge av en svekkelse av kronen.

2.2 Valutastreng

Som en del av det sentrale styringsdokumentet for prosjektet, skal det estimeres en forventet kostnad for investeringen. Alle kostnader skal presenteres i norske kroner (NOK) og ved omregning fra utenlandsk valuta skal prosjektene, i henhold til malverket, fastsette valutakurs med utgangspunkt i *forward*kursen for prosjektets hovedutbetaling (Forsvarsdepartementet, 2019). *Forward*kursene baserer seg på teori om udekket og dekket renteparitet, noe som er nærmere forklart i faktaboks 1.

FMA KFA benytter imidlertid en litt annen metode for å fastsette valutakurs. I stedet for å bruke en *forward*kurs for ett år, beregnes en valutastreng som dekker en periode på ti år. Dette gjøres som følge av at anskaffelsen har store utbetalinger fordelt over hele perioden. Valutastrengen beregnes med utgangspunkt i terminkurser levert av Finansdepartementet. Terminkursene dekker en periode på ti dager og for hver av de ti dagene beregnes *forward*kurser ti år frem i tid. De årlige verdiene i valutastrengen er et gjennomsnitt av disse ti estimatene årlig.

Det opprinnelige datagrunnlaget fra Finansdepartementet inneholder *forward*kurser så langt som 30 år frem i tid, men fordi estimatene utover ti år anses som svært usikre, er det bestemt å videreføre tiårskursen flatt for den resterende perioden (Røtvold, 2016). Tabell 2.1 nedenfor viser valutastrengen fra usikkerhetsanalysen høsten 2020 (UA 2021).

År	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
USD	9,25	9,28	9,32	9,33	9,36	9,37	9,43	9,38	9,42	9,39	9,39	9,39

Tabell 2.1 Valutastreng benyttet i UA 2021.

Faktaboks 1 – Renteparitet

Teorien om udekket renteparitet sier at forventet fremtidig valutakurs er lik differansen i nominell rente mellom to land på samme tid. Dette innebærer at valutaer stiger i verdi (appresierer) eller synker i verdi (depresierer) for å utligne renteforskjeller mellom land. Med andre ord vil den forventede endringen i en valutakurs tilsvare rentedifferansen mellom to land på risikofrie investeringer. Renteparitet er derfor en betingelse for fravær av arbitrasje: det vil ikke være mulig å skape arbitrasjeprofit ved å ta opp lån i valutaen med lav rente, investere i fremmed valuta med høyere rente og veksle tilbake på et senere tidspunkt. Formelt kan betingelsen skrives som

$$E_t[S_{t+1}] = S_t \times \frac{1+i_{t,t+1}}{1+i_{t,t+1}^*},$$

der $E_t[S_{t+1}]$ er forventet spotkurs i neste periode, S_t er dagens spotkurs, $i_{t,t+1}$ er dagens terminrente-nivå i hjemlandet med forfall i neste periode, og $i_{t,t+1}^*$ tilsvarende for terminrenten i utlandet. Denne formen for renteparitet kalles udekket renteparitet, fordi valutakursen tilpasser seg rentedifferansen uten at investorer har tilgang på *forward*kontrakter. Dekket renteparitet innebærer at betingelsen om fravær av arbitrasje oppnås gjennom *forward*kontrakter: investorer er indifferente mellom å investere i hjemlandet eller i utlandet fordi *forward*kursen sikrer likevekt mellom valutaene. Dekket renteparitet kan skrives på følgende form

$$F_{t,t+1} = S_t \times \frac{1+i_{t,t+1}}{1+i_{t,t+1}^*}$$

Der $F_{t,t+1}$ er *forward*kursen tilgjengelig i dag med forfall i neste periode. Udekket renteparitet er en strengere betingelse enn dekket renteparitet. Foruten fri kapitalflyt forutsetter udekket renteparitet at investorer er risikonøytrale og at de har rasjonelle forventninger. I tilfellet der både dekket og udekket renteparitet holder, avdekkes et forhold mellom forventet fremtidig spotkurs og dagens *forward*kurs. Fordi høyresiden i likningene er like får vi at

$$E_t[S_{t+1}] = F_{t,t+1}$$

I dette tilfellet er dagens *forward*kurs en forventningsrett estimator for den fremtidige spotkursen.

2.3 Valutafaktoren

Valutafaktoren i Kampflyanskaffelsen beregnes i dag basert på volatilitetsmetoden. Metoden ble første gang benyttet i kostnadsanalysen i 2008¹. Som navnet tilsier baserer metoden seg på historiske svingninger i valutakursen og forutsetter at den historiske utviklingen også vil være representativ for fremtidige svingninger. Vi vil i det følgende gi en kort beskrivelse av metoden. En mer detaljert forklaring med regneeksempler er gitt i vedlegg B.

Selve beregningen gjøres ved å vekte historiske valutakurser i antall år tilbake i tid mot prosjektets kontantstrøm angitt som prosentvis andel av total investeringssum. Hvis vi definerer kontantstrømandelen i år i som CF_i og historisk spotkurs i år $i - t$ som $HS_{(i-t)}$, kan vi finne vektete gjennomsnittskurser for hvert år ved å gange $HS_{(i-t)} \times CF_i$. I valutafaktoren for investering, er det valgt å gjøre denne summeringen over ti år fordi det er ti år som gjenstår av anskaffelsesperioden, slik at $t = 10$. Den endelige summeringen gir oss nye vektete gjennomsnittskurser.

$$S_i = \sum_{i=1}^{i=10} HS_{(i-10)} \times CF_i \quad (2.1)$$

Valutafaktoren beregnes ved å ta 10- og 90-persentilene av de nye vektete snittkursene, og deretter dele den ene persentilen på gjennomsnittet av dem begge. Til slutt justeres faktoren for estimert valutaeksposering i anskaffelsen².

Venstreskjev faktor:

$$f_v = \frac{P10}{\frac{P10+P90}{2}} \quad (2.2)$$

Høyreskjev faktor:

$$f_h = \frac{P90}{\frac{P10+P90}{2}} \quad (2.3)$$

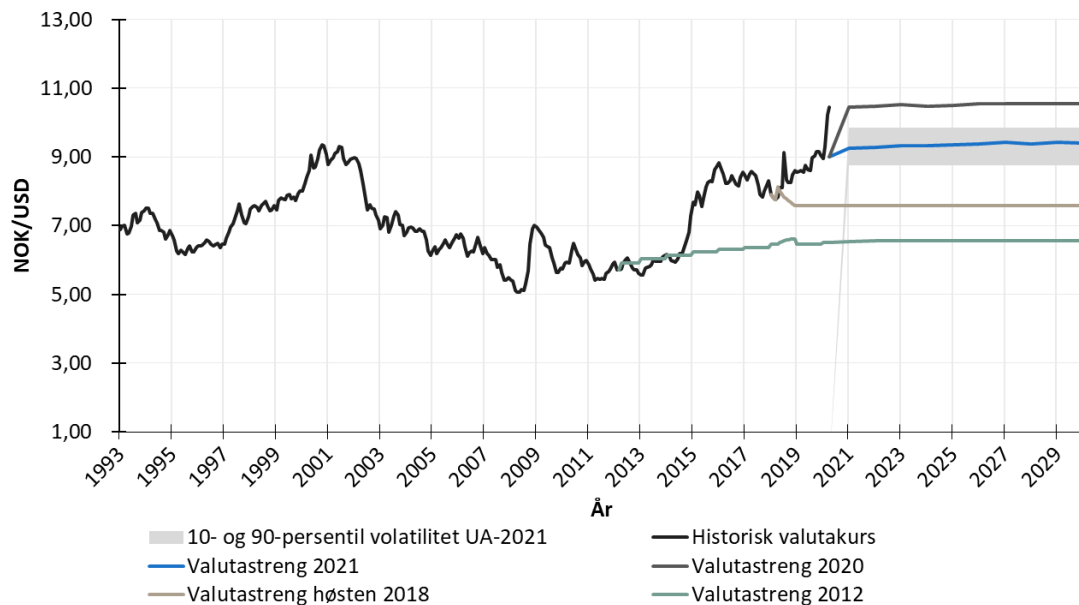
¹ Usikkerhetsanalysen ble gjort som en del av den utvidede fremskaffelsesløsningen som lå til grunn for valget om å anskaffe F-35 som nytt kampfly (Forsvarsdepartementet, 2012).

² Valutafaktoren multipliseres med valutaeksposeringen for å ta hensyn til at ikke alle kostnadene er påvirket av valutasvingninger. La oss anta at i beste fall kan kronen styrke seg med 25 prosent. Det innebærer at faktoren i beste fall bør bli $1 - 0,25 = 0,75$. Imidlertid skal faktoren multipliseres med *alle* kostnadene, også de som ikke er påvirket av valutasvingninger. Dersom kun 80 prosent av kostnadene er påvirket av valutakurssvingninger, blir dermed faktoren i beste fall: $1 - (0,25 \cdot 0,8) = 0,8$.

Valutafaktor i investeringsperioden

Volatilitetsmetoden beskrevet ovenfor, ga i UA 2021 venstre- og høyreskjev faktor lik $f_v = 0,94$ og $f_h = 1,06$. Spennet er symmetrisk med 6 prosent endring fra sannsynlig verdi. I UA 2021 var kontantstrømvektet valutakurs for den resterende anskaffelsesperioden 9,30 NOK/USD.

Usikkerhetsspennet i kroneverdier blir dermed mellom 8,75 og 9,85 NOK/USD. Dette er vist i Figur 2.1. Sett opp mot historiske svingninger, er dette et smalt usikkerhetsspenn.



Figur 2.1 Valutafaktor i investeringsperioden i UA 2021 beregnet med volatilitetsmetoden.

Valutafaktor i driftsperioden

For å synliggjøre valutausikkerheten som også vil være til stede i driftsperioden, er det beregnet en egen valutafaktor for drift. Denne faktoren benyttes kun i analyseformål og har ingen innvirkning på prosjektets usikkerhetsavsetning. Som for investering, beregnes valutafaktoren med utgangspunkt i historiske valutakurser, $HS_{(i-t)}$. Forskjellen er at vi denne gangen henter valutakurser 30 år tilbake i tid fordi dette er forventet driftsperiode. Dermed er $t = 30$.

Driftskostnadene varierer ikke like mye fra år til år som investeringene, og det er derfor ikke like relevant å vekte de historiske valutakursene opp mot kontantstrømmen slik vi gjorde for investering (Røtvold, 2016). I stedet beregnes persentiler basert på gjennomsnittlige valutakurser 30 år tilbake i tid. Vi kan skrive beregningen av gjennomsnittlig valutakurs S_j for hver måned de siste 30 årene slik:

$$S_j = \sum_{i=1}^{i=30} \frac{HS_{(i-30)}}{30} \quad (2.4)$$

Som for investering, finner vi 10- og 90-persentilene for de nye snittkursene, og beregner faktorene ved å dele hver persentil på gjennomsnittet av dem begge. Til slutt ganges faktorene med forventet valutaeksponering i driftsperioden³.

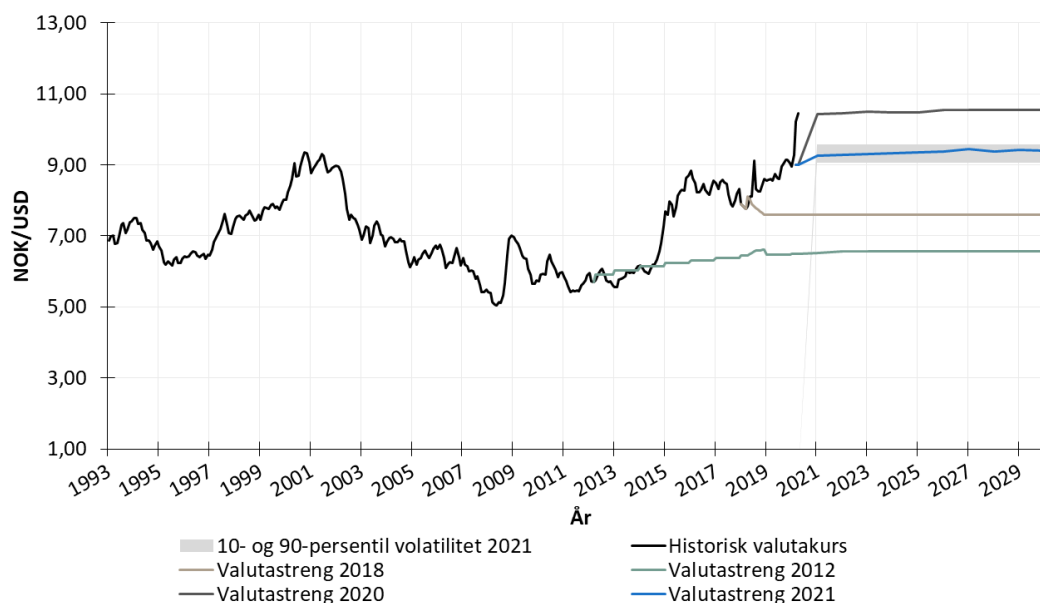
Venstreskjev faktor:

$$f_v = \frac{P_{10}}{\frac{P_{10} + P_{90}}{2}} \quad (2.5)$$

Høyreskjev faktor:

$$f_h = \frac{P_{90}}{\frac{P_{10} + P_{90}}{2}} \quad (2.6)$$

I UA 2021, er venstre- og høyreskjev faktor beregnet til $f_v = 0,97$ og $f_h = 1,03$. Med en gjennomsnittlig valutastrengverdi på 9,32 NOK/USD sier usikkerhetsspennet at valutakursen de neste 30 årene med 80 prosent sannsynlighet vil variere mellom 9,05 og 9,59 NOK/USD. Figur 2.2 nedenfor viser usikkerhetsspennet for drift beregnet med volatilitetsmetoden.



Figur 2.2 Valutafaktor i driftsperioden i UA 2021 beregnet med volatilitetsmetoden.

³Valutafaktoren multipliseres med valutaeksponeringen for å ta hensyn til at ikke alle kostnadene er påvirket av valutasingninger. Dette gjøres slik $1 - (f_v \cdot \%USD)$ og tilsvarende for f_h .

3 Alternative metoder

3.1 Skaleringsmetoden

Skaleringsmetoden er en alternativ metode som estimerer fremtidig usikkerhet basert på historiske endringer i kronekursen. Metoden bygger på en forutsetning om at observasjonene er uavhengige og har identisk sannsynlighetsfordeling (u.i.f.). For at skaleringen skal være eksakt gyldig må endringene i kronekursen uttrykkes som logaritmiske endringer (dette forklares i detalj under). Under disse forutsetningene vil volatiliteten være konstant over tid, slik at man kan estimere fremtidig usikkerhet ved å skalere opp variansen målt for en tidsperiode (for eksempel månedlig) med t antall tidsperioder (for eksempel 12 måneder). Dette betyr videre at standardavviket kan skaleres opp med kvadratroten av antall tidsperioder, og metoden omtales derfor som $\sqrt{t}$ -skaleringsmetoden. For eksempel kan man konvertere daglige standardavvik til årlige ved å gange med $\sqrt{252}$, som er gjennomsnittlig antall handelsdager i et år, eller man kan skalere opp årlig standardavvik til flere år ved å gange med kvadratroten av antall år.

I det følgende ser vi på endringer i kronekursen over flere perioder. En periode kan for eksempel være en dag, måned eller et år. Vi definerer første og siste periode som henholdsvis periode t_0 og periode T . Matematisk kan vi utlede skaleringsmetoden ved å definere den logaritmiske endringen i kronekursen mellom periode t_0 og T som en stokastisk variabel $R_T = \sum_{t_0}^T r_t$, der $r_t = \ln S_t - \ln S_{t-1}$ også er en stokastisk variabel og S_t er kronekursen mot dollar. Vi antar videre at $r_t, \forall t$ er stokastisk uavhengige og identisk fordelte (u.i.f.) med konstant varians σ^2 . Dette innebærer at R_T er en sum av uavhengige og identisk fordelte stokastiske variabler slik at variansen til R_T er summen av variansen til alle $r_t, t \in (t_0, T)$. Fordi variansen σ^2 er antatt å være konstant følger det at:

$$\text{Var}(R_T) = \text{Var}(r_{t_0}) + \text{Var}(r_{t_0+1}) + \dots + \text{Var}(r_T) = \sum_t^T \sigma^2 \quad (3.1)$$

$$\text{Var}(R_T) = (T - t_0)\sigma^2 \quad (3.2)$$

Fordi standardavviket er kvadratroten av variansen får vi at:

$$\text{Std. avvik}(R_T) = \sqrt{(T - t_0)}\sigma \quad (3.3)$$

Merk at metoden avhenger av at endringene i kronekursen kan summeres over tid. Dette krever at endringene er skrevet på logaritmisk form. Det er imidlertid slik at når prosentvis endring i kronekursen mellom perioder er relativt liten vil logaritmisk endring være tilnærmet lik

prosentvis endring⁴. Bruker vi skaleringsmetoden uten å regne om til reell prosentvis endring vil altså ikke svaret være eksakt riktig, men tilnærmet riktig. Det kan vises at dersom gjennomsnittlig endring i kronekursen er forskjellig fra null vil avviket i metoden bli større. Vi har imidlertid ikke klart å forkaste hypotesen om at gjennomsnittlig endring i kronekursen mot dollar er null når vi ser på daglig og månedlig data (se vedlegg A).

Metoden bygger også på antakelsen om at endringer i kronekursen er stokastisk uavhengige og identisk fordelt med konstant varians. Dersom disse antakelsene ikke holder vil metoden bli mindre presis og tilnærmingen ikke lenger være like god. En mer komplisert metode som tar høyde for at variansen ikke er konstant og at endringene ikke er uavhengige presenteres i kapittel 3.2.

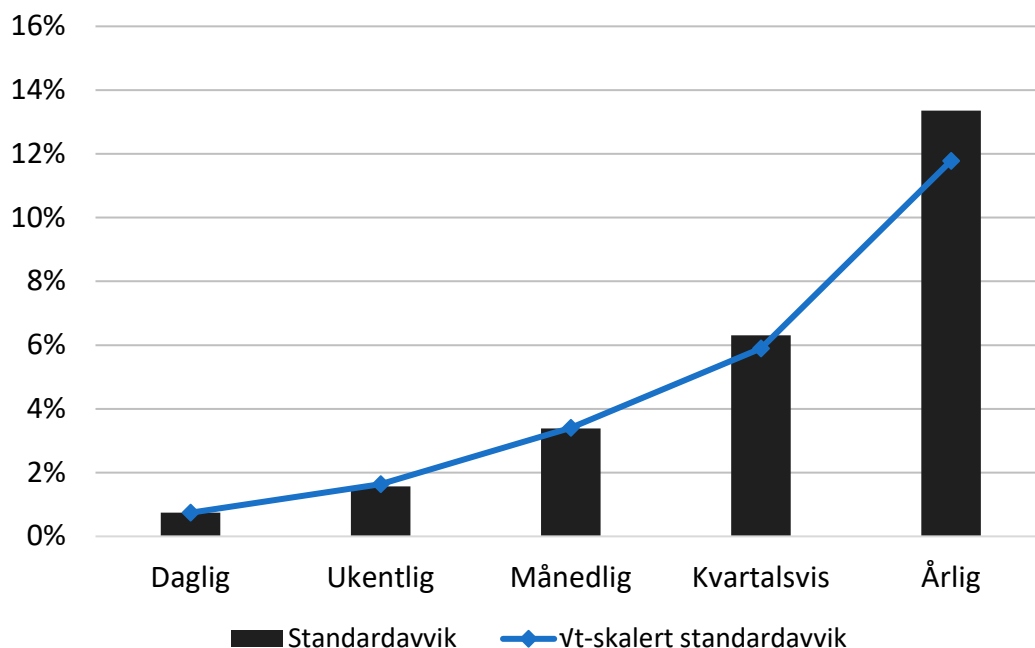
I Figur 3.1 illustrerer vi hvor godt skaleringsmetoden fungerer og hvor stor feil som kan forventes ved bruk av denne metoden. I de sorte søylene har vi beregnet standardavvik for kronekursen mot dollar i perioden 2001–2020. Hver søyle er beregnet med ulik oppløsning på observasjonene: daglig, ukentlig, månedlig, kvartalsvis eller årlig. Figuren viser tydelig at standardavviket, og dermed usikkerheten, øker med tidshorisonten. Den blå kurven viser beregnet standardavvik der vi har skalert det daglige standardavviket opp til samme tidshorisont som i hver av de sorte søylene. Vi ser at tilnærmingen er ganske god, men at det er en tendens til at usikkerheten underestimeres når tidshorisonten blir lang (relativt til daglig horisont). Når vi skalerer fra daglig til årlig har vi ganget med $\sqrt{252}$, noe som gir et avvik på i overkant av ett prosentpoeng⁵. Avviket er ikke veldig stort, og kan til dels forklares med at metoden er utledet basert på logaritmiske endringer i kronekursen fremfor prosentvis endring. I tillegg kan avviket skyldes at antagelsene om uavhengighet og konstant varians ikke helt stemmer med virkeligheten.

I figuren skalerer vi kun opp til ett år. Dette skyldes at vi for å kunne sammenligne med reelt standardavvik faktisk må kunne beregne standardavviket. Med daglige data har vi 4 752 observasjoner mellom 2001 og 2020.⁶ Med månedlige data er vi nede i 240 observasjoner mens for årlige data er vi nede i 20. Det betyr at vi utover årlig tidshorisont ikke har nok data til presist å beregne et standardavvik. Dette illustrerer nødvendigheten av å benytte skaleringsmetoden eller andre metoder som tillater mer fleksibel modellering av kronekursen.

⁴ Fordi $\ln(1) = 0$ er $\ln(1 + x) \approx x$ når x er tilstrekkelig liten. $\ln(S_{t+1}) - \ln(S_t)$ kan også skrives som $\ln(\frac{S_{t+1}}{S_t})$ hvor $\frac{S_{t+1}}{S_t} = 1 + \bar{r}_{t+1}$ der $\bar{r}_{t+1}$ er vekstraten mellom periode $t+1$ og t . Da følger det at $\ln(S_{t+1}) - \ln(S_t) = \ln(\frac{S_{t+1}}{S_t}) = \ln(1 + \bar{r}_{t+1}) \approx \bar{r}_{t+1}$. Endringen i kronekursens naturlige logaritme er med andre ord tilnærmet lik prosentvis endring i kronekursen (vekstraten) når endringene er små.

⁵ 252 er gjennomsnittlig antall handelsdager i et år, altså antall dager valutamarkedet for norske kroner er åpent.

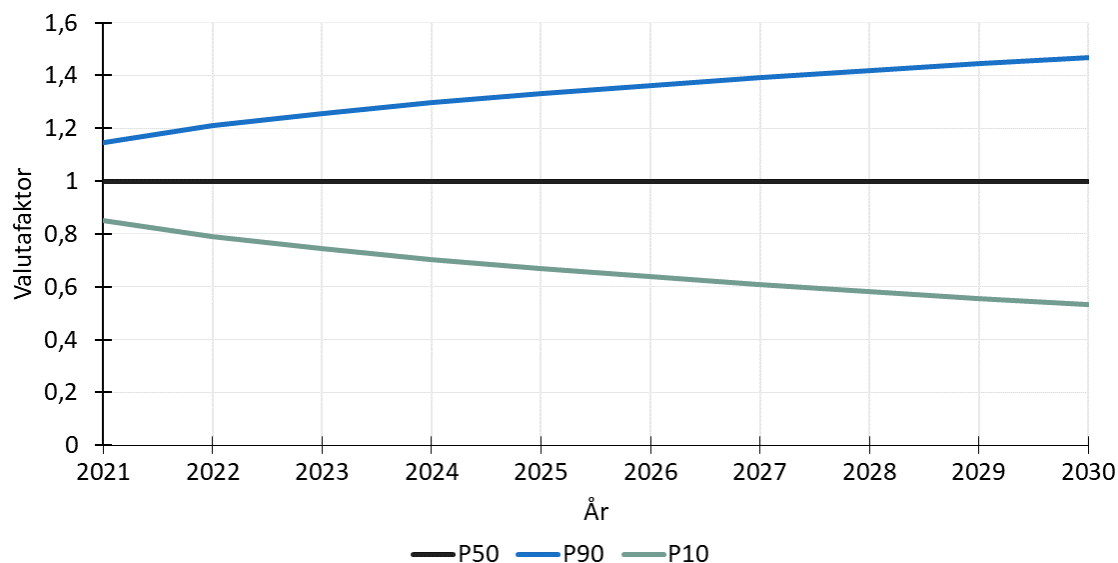
⁶ Tallet 4 752 utgjør i underkant av 19 år totalt ($252 \times 19 = 4\,788$). Dette skyldes at vi ikke strekker oss lenger tilbake i tid enn 31. mars 2001, som er første virkedag etter innføringen av inflasjonsmålet for pengepolitikken. Datagrunnlaget er dermed begrenset av tidspunktet vi samlet inn dataene på.



Figur 3.1 Standardavvik for prosentvis endring i kronekursen beregnet på data med ulik oppløsning på observasjonene (sorte søyler) og $\sqrt{t}$ -oppuskalert standardavvik beregnet på daglige data (blå kurve).

Vi har ikke antatt noen eksplisitt sannsynlighetsfordeling for endringene i kronekursen utover at de er identisk fordelt, altså trukket fra samme sannsynlighetsfordeling med konstant varians. Så lenge endringene også er uavhengige forteller sentralgrenseteoremet oss at den totale endringen i kronekursen vil være tilnærmet normalfordelt når antall tidsperioder $T - t$ er stort. Det betyr at det skalerte standardavviket kan brukes sammen med de kritiske verdiene for 10- og 90-persentilene i standard normalfordelingen for å utlede tilnærmede P10- og P90-verdier for endring i kronekursen. Figur 3.2 illustrerer hvordan usikkerheten øker over tid og gir en «usikkerhetsvifte».

Denne metoden for å estimere valutausikkerhet frem i tid har blant annet blitt anbefalt av forskningsprogrammet Concept ved NTNU som forsker på styring av statlige investeringsprosjekter (Berntsen & Sunde, 2006). Metoden er også utbredt innenfor finansiell økonometri hvor den blant annet benyttes i forbindelse med estimering av «value at risk» (VaR) (Danielsson & Zigrand, 2003). VaR er et mål på øvre tapsgrense for en investering (Løvås, 2013).



Figur 3.2 Usikkerhetsvifte beregnet med skaleringsmetoden. Verdien på y-aksen tilsvarer valutafaktoren.

En svakhet ved metoden er at den er følsom for tidsperioden som brukes som inndata i beregningen av standardavviket, og metoden krever derfor noe større grad av dømmekraft fra brukeren. Det har historisk vist seg at det å forutsette at volatiliteten er konstant over tid kan være en urealistisk antagelse. I virkeligheten har volatiliteten en tendens til å variere over tid og hope seg opp i klynger, noe som bryter med antakelsene som ligger til grunn for skaleringsmetoden. Når denne modellen ikke hensyn tar dette, kan det som nevnt tidligere medføre at man underestimerer usikkerheten. I kapittel 3.2 presenterer vi en alternativ metode som tar høyde for dette. Skaleringsmetoden er basert på forenklete statistiske antakelser og er enkel å anvende, potensielt på bekostning av realisme. En styrke med skaleringsmetoden, sammenlignet med volatilitetsmetoden, er at den fanger opp at usikkerheten øker over tid sett fra dagens perspektiv.

3.2 Simuleringsmetoden

Simulering er en metode der vi legger til grunn en parametrisk modell for kronekursen. Parameterne må estimeres på data. Dette gir god kontroll over de statistiske antakelsene som legges til grunn, men medfører samtidig mer kompleksitet. I stedet for å anta at kronekursens varians er konstant som i skaleringsmetoden lar vi denne variere over tid. For å gjøre dette trenger vi en modell for variansen og hvordan denne påvirker endring i kronekursen. En slik modell åpner også opp for å lempe på antagelsen om at endringer i kronekursen er uavhengige. Modellen kan kombineres med Monte Carlo-simulering for å lage et usikkerhetsspenn for fremtidig valutakurs. Vi gir i denne rapporten en kort innføring i hvordan slike metoder kan

implementeres for valutakurser. Det innebærer at vi ikke går i dybden på egenskapene til de statistiske modellene og simuleringsmetodene. For lesere som ønsker en mer inngående beskrivelse av metoden anbefaler vi å lese Nordvang & Bergland (2021).

GARCH-modeller ble først introdusert av Bollerslev (1986) og er mye brukt i finansiell økonometri for å analysere den type markedsrisiko som valutausikkerhet utgjør. GARCH står for *Generalized Auto-Regressive Conditional Heteroscedasticity* og innebærer at selve variansen til kronekursen avhenger av hva variansen har vært tidligere (den er autoregressiv) og er betinget på historiske endringer i kronekursen (den er heteroskedastisk). En GARCH(1,1)-modell kan skrives som

$$r_t = \mu_t + \sqrt{\sigma_t^2} \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim IID(0,1) \quad (3.4)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha r_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (3.5)$$

Her er den stokastiske variabelen r_t logaritmisk endring i kronekursen, som før. Den består av forventet endring μ_t og et stokastisk ledd $\sqrt{\sigma_t^2} \varepsilon_t$. Den første delen av det stokastiske leddet, $\sqrt{\sigma_t^2}$, er den betingede volatiliteten som varierer over tid og er modellert i ligningen for den betingende variansen σ_t^2 . Denne avhenger av variansen i forrige periode og endringen i kronekursen i forrige periode.

Til slutt har vi ε_t som antas å være uavhengig og identisk fordelt med forventningsverdi 0 og varians 1. Denne kan antas å være standard normalfordelt eller fordelt etter alternative empiriske eller teoretiske sannsynlighetsfordelinger. Legg merke til at selv om ε_t skulle være normalfordelt innebærer ikke det at r_t er normalfordelt. Dette skyldes at σ_t^2 varierer over tid. Merk også at hvis $\mu_t = 0, \sigma_t^2 = \sigma^2$ har vi samme antakelser som ligger til grunn for skaleringsmetoden i kapittel 3.1.

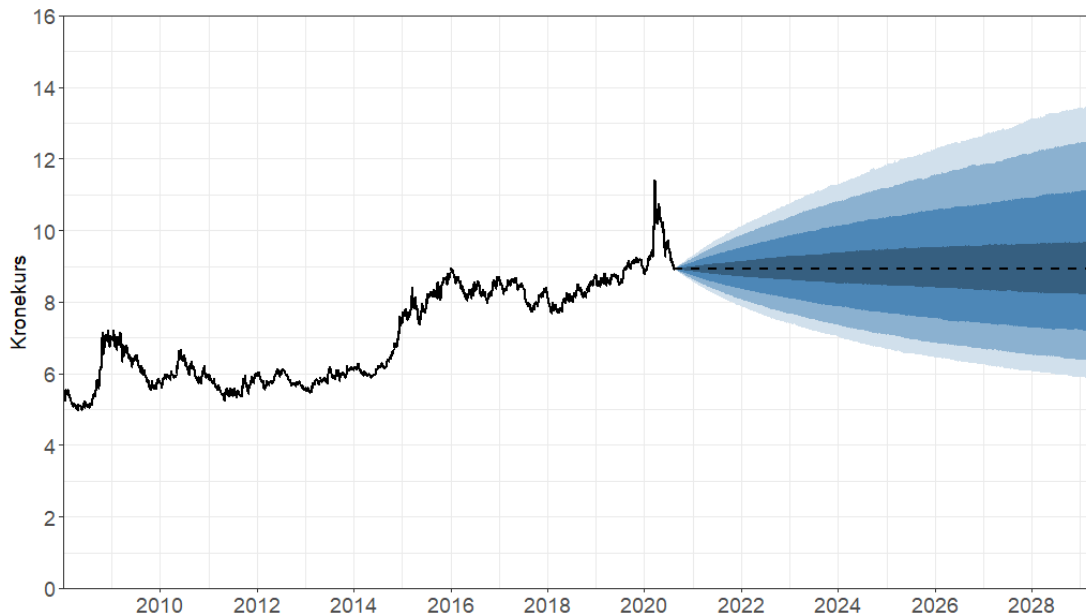
Den forventede endringen μ_t kan være konstant, autoregressiv eller avhengig av andre forklaringsvariabler. Det er likevel vanlig å la denne være lik null når vi snakker om daglig eller månedlig endring i valutakurser. Grunnen til det, er at det er svært krevende å predikere endringer i valutakurser presist med andre uavhengige variabler. Som nevnt i kapittel 3.1 klarer vi heller ikke å forkaste hypotesen om at daglig eller månedlig endring er lik null.

Parameterne i ligning 3.4 og 3.5 kan estimeres på historiske data ved bruk av sannsynlighetsmaksimering (*maximum likelihood-estimering (MLE)*). Når det er gjort kan vi bruke modellen i en Monte Carlo-simulering der vi trekker verdier for ε_t fra en gitt sannsynlighetsfordeling og kombinerer dette med GARCH-modellens anslag på σ_t^2 . Dette gir da en verdi for r_t gjennom ligning 3.4. I neste periode oppdateres anslaget på σ_{t+1}^2 basert på verdiene for r_t og σ_t^2 . Dette anslaget kombineres med en ny trekning av ε_{t+1} slik at vi får en

verdi for r_{t+1} . Denne prosessen itereres T ganger, der T er antall perioder frem i tid vi ønsker å beregne usikkerheten for. Når det er gjort starter vi hele prosessen på ny og gjentar dette S ganger. Dette resulterer i en $S \times T$ matrise $\mathbf{R}_{T,S}$ med simulerte baner for kronekursen som kan brukes til å estimere fremtidig usikkerhet.

$$\mathbf{R}_{T,S} = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,S} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,S} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{T,1} & r_{T,2} & \cdots & r_{T,S} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

Ser vi på de kumulative endringene frem til periode T i hver av de S iterasjonene kan vi finne den empiriske sannsynlighetsfordelingen til endring i kronekursen og dens kvantiler. Et eksempel på resultatet av en slik simulering er vist i Figur 3.3.



Figur 3.3 Eksempel på sannsynlighetsfordelingen til fremtidig kronekurs basert på simulering av en GARCH(1,1)-modell. Øvre og nedre felt angir P90- og P10-persentilene.

Bruken av slike modeller har sin styrke i at de tillater mer realistiske antakelser om valutakursers statistiske egenskaper, noe som kan gi mer presise anslag av fremtidig usikkerhet. Dette har imidlertid en kostnad i form av svært høy brukerterskel og at metoden krever større mengder data.

3.3 **Anbefalt metode**

I valg av anbefalt metode legger vi vekt på at metoden skal være brukervennlig og gi et usikkerhetsspenn som er tilstrekkelig stort og realistisk. Vi anbefaler derfor FMA KFA å benytte skaleringsmetoden for beregning av usikkerhetsfaktoren for valuta i fremtidige usikkerhetsanalyser.

Metoden tar hensyn til at usikkerheten øker over tid. Dette er et sentralt aspekt ved utviklingen i valutakurser. Jo lengre frem i tid vi ser, jo større blir utfallsrommet for mulige fremtidige baner for valutakursen. Dette er en styrke ved metoden sett opp mot volatilitetsmetoden.

Skaleringsmetoden sikrer også et bredere usikkerhetsspenn enn ved bruk av volatilitetsmetoden, noe vi anser som mer realistisk. Anbefalingen vår gjelder først og fremst beregning av usikkerhetsfaktor i anskaffelsen. Metoden er mindre egnet til å analyse usikkerheten i driftskostnadene på lang sikt (30 år).

Vi har også gjort beregninger av hva usikkerhetsspennet ville vært dersom skaleringsmetoden hadde blitt benyttet i grunnlaget for prosjektets kostnadsramme, det vil si usikkerhetsanalysen i 2012 (UA 2012). Beregningene våre viser at usikkerhetsspennet da ville dekket valutafluktuasjonene fra 2012 frem til 2020. Dette er beskrevet mer detaljert i kapittel 4.3.

Simuleringsmetoden vil også fange opp at usikkerheten øker over tid, samtidig som metoden bygger på mer realistiske antakelser. Den er likevel langt mer krevende å ta i bruk i en sammensatt prosjektorganisasjon. Skaleringsmetoden bygger på enkle statistiske forutsetninger og er lett å anvende. Noen av forutsetningene kan tenkes å være urealistiske, men vi vurderer ikke skjevheten dette kan medføre til å være av særlig betydning for usikkerhetsanalysen i Kampflyanskaffelsen. Som vist i Figur 3.1 har metoden en tendens til å underestimere usikkerheten noe når vi skalerer et daglig standardavvik opp til årlig, i størrelsesorden 1–2 prosentpoeng. Som forklart i kapittel 3.1, er det på grunn av manglende data krevende å vurdere eksakt hvor stor denne feilen blir over lengre tidsperioder. Vi vurderer det likevel slik at metoden gir et tilstrekkelig stort usikkerhetsspenn når formålet er å beregne et prosjekts usikkerhetsavsetning.

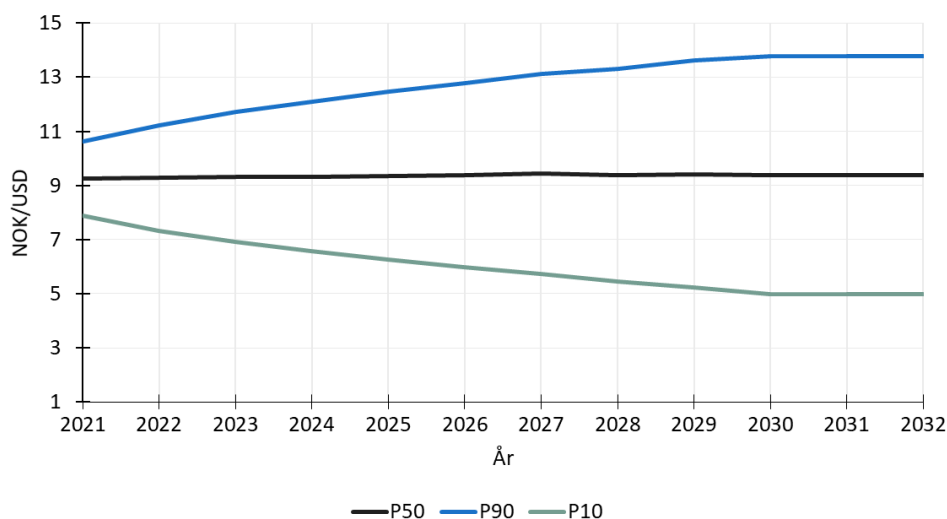
4 **Beregning av ny valutafaktor for Kampflyanskaffelsen**

I dette kapittelet estimerer vi ny valutafaktor for Kampflyanskaffelsen basert på skaleringsmetoden beskrevet i 3.1. Fordi investerings- og driftsperioden har ulik varighet og valutaeksposering, beregnes ulike faktorer for hver av periodene. Beregningene gjennomgås separat. I vedlegg C er det gitt en trinnvis forklaring av metoden med regneeksempler.

4.1 Investering

For å estimere årlig standardavvik har vi innhentet daglige valutakurser fra perioden 2010–2020. Dette innebærer at vi tar utgangspunkt i valutakursutviklingen de siste ti årene for å estimere mulige valutasvingninger de neste ti årene. Estimatet vil dekke så å si hele den resterende anskaffelsesperioden. Vi har deretter benyttet daglige log-enderinger til å beregne et standardavvik for hele perioden. Vi benytter skaleringsmetoden for å konvertere daglig standardavvik til årlig, ved å gange med kvadratroten av 252, som er gjennomsnittlig antall handelsdager i løpet av et år. Dette gir et standardavvik på 11,55 prosent. FMA KFA bruker faktorer med 10- og 90-prosentkvantiler, 80 prosent spredningsintervall, slik at vi må gange opp faktoren med ordinatverdien 1,282 (kritisk verdi for 10- og 90-persentilene i standard normalfordelingen) for å få riktig spredningsintervall. Den årlige verdien blir med dette lik 14,81 prosent. Vi legger her til grunn, som en forenkling, at usikkerhetsspennet er symmetrisk.⁷

Ifølge Concepts fremgangsmåte skal årlig standardavvik skaleres til det året hvor tyngdepunktet i investeringen er forventet å falle (Berntsen & Sunde, 2006). Jo lenger frem i tid tyngdepunktet er, jo større blir utfallsrommet for den fremtidige valutakursen. Dette er vist i Figur 4.1. I figuren er valutastrengen fra Tabell 2.1 ganget med de årlige verdiene for P10 og P90 (14,81 prosent) skalert med antall år. I starten av perioden er usikkerhetsspennet omtrent 8–11 NOK/USD, mens det på slutten av perioden har økt til 5–14 NOK/USD.



Figur 4.1 Usikkerhetsviften viser hvordan usikkerhetsfaktoren for valuta øker over tid i investeringsperioden med skaleringsmetoden.

⁷ Fordi vi beregner standardavviket på logaritmiske endringer vil reelt prosentvis standardavvik være noe høyere. Dette er beskrevet i kapittel 3.1. Her ser vi bort i fra dette, som en forenkling. Fordi det er den logaritmiske endringen som egentlig skal ganges med ordinatverdien ville det reelle usikkerhetsspennet blitt asymmetrisk. Ved å gjøre denne forenklingen blir usikkerhetsspennet altså symmetrisk.

Som nevnt tidligere, har FMA KFA flere år med store utbetalinger og valutaeksponeringen reduseres utover i perioden. Det er derfor ikke åpenbart hva som er investeringsens tyngdepunkt. I stedet har vi derfor valgt en skalering som er vektet mot prosjektets planlagte dollarutbetalinger. Vi estimerer først en venstre- (P10) og høyreskjev (P90) utbetalingsplan, ved å skalere opp årlig standardavvik med betalingsplanen frem til 2032, som er siste år i anskaffelsesperioden. Som beskrevet i kapittel 2.2 er valutastrengen flatt videreført etter ti år, fordi datagrunnlaget deretter blir såpass tynt at estimatene anses som svært usikre. Med skaleringsmetoden vil man på lang sikt komme til et punkt hvor usikkerheten rundt fremtidige valutakurser blir såpass stor at valutafaktoren vil være lite hensiktsmessig i en usikkerhetsanalyse. På bakgrunn av dette, har vi valgt å benytte samme tilnærming for usikkerhetsspennet som for valutastrengen og viderefører P10- og P90-verdiene av skalert standardavvik flatt etter 2030. Tabell 4.1 illustrerer fremgangsmåten.

År	2021	2022	...	2031	2032	Sum
Betalingsplan (MNOK)	7 000,50	6 025,80	...	2,26	0,68	30 245,49
P90	1,1481	1,2094	...	1,4682	1,4682	
P90 beløp (MNOK)	8 037,27	7 287,60	...	3,32	1,00	37 696,40
P10	0,8519	0,7906	...	0,5318	0,5318	
P10 beløp (MNOK)	5 963,73	4 764,00	...	1,20	0,36	22 794,58

Tabell 4.1 Beregning av P10- og P90-verdier av betalingsplanen med skaleringsmetoden. Betalingsplanen er kun et eksempel og viser ikke tall fra Kampflyanskaffelsen.

Valutafaktorene for investering finner vi til slutt ved å dele det samlede investeringsbeløpet i venstre- og høyreskjev betalingsplan på det samlede investeringsbeløpet i faktisk betalingsplan.

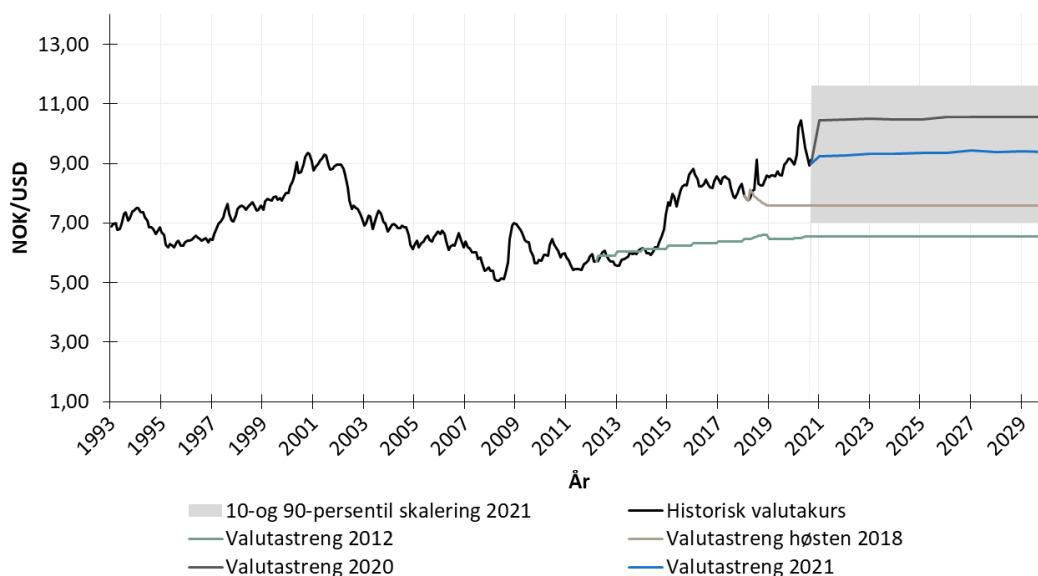
Venstreskjev faktor:

$$f_v = \frac{\text{Sum P10 beløp}}{\text{Sum betalingsplan}} \quad (4.1)$$

Høyreskjev faktor:

$$f_h = \frac{\text{Sum P90 beløp}}{\text{Sum betalingsplan}} \quad (4.2)$$

Med tall fra UA 2021 er f_v beregnet til 0,75 og f_h til 1,25. Metoden gir et usikkerhetsspenn som er symmetrisk og i dette tilfellet opp og ned 25 prosent fra sannsynlig verdi. Valutastrengen (beskrevet i kapittel 2.2) vektet mot prosjektets betalingsplan ga i UA 2021 vektet valutakurs lik 9,30 NOK/USD. Når vi legger på usikkerhetsfaktorene får vi dermed et usikkerhetsspenn som strekker seg omtrent fra 7 til 12 NOK/USD. Figur 4.2 illustrerer dette usikkerhetsspennet.

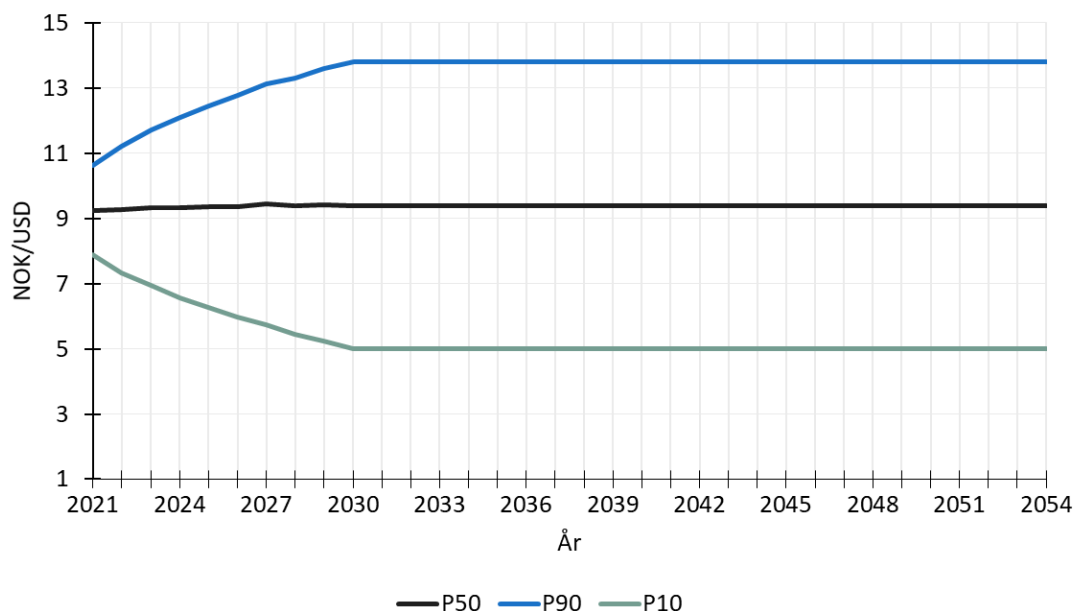


Figur 4.2 Valutafaktor for investering beregnet med skaleringsmetoden.

4.2 Drift

Som beskrevet i kapittel 2.3, beregnes det en egen usikkerhetsfaktor for valuta i driftsfasen. Denne faktoren benyttes kun i analyseformål og har ingen innvirkning på prosjektets usikkerhetsavsetning. Valutafaktoren for drift beregnes på samme måte som for investering. Metoden er i utgangspunktet mindre egnet til å estimere usikkerhetsfaktor for løpende driftskostnader som strekker seg langt frem i tid, fordi usikkerhetsfaktoren vil bli svært stor. Som beskrevet i kapittel 4.1, skaleres standardavviket 10 år frem i tid, og videreføres deretter flatt. Siden driftsperioden er rundt 30 år, innebærer denne forutsetningen at P10- og P90-verdiene vil være uendret i store deler av perioden.

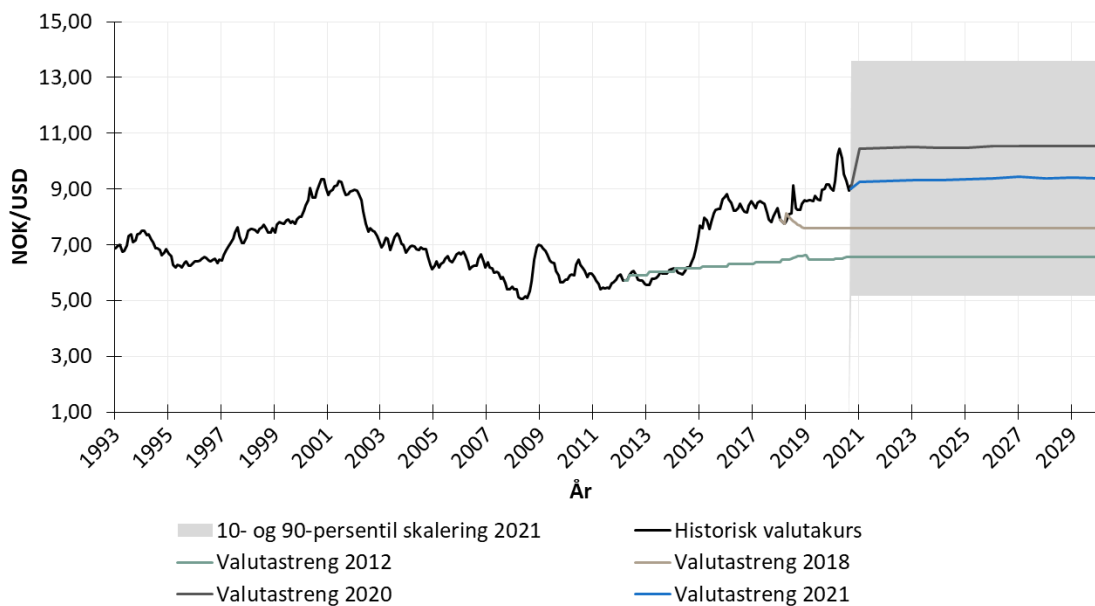
Vi benytter standardavviket fra 2010–2020 til å estimere valutafaktoren også for drift. Standardavviket ble beregnet til 14,81 prosent. Med Concepts fremgangsmåte, hvor valutakursen ganges med årlig skalert standardavvik, får vi et usikkerhetsspenn for drift som øker fra 8–11 NOK/USD i 2021 til 5–14 NOK/USD i 2030, og deretter videreføres flatt frem til 2054. Dette er vist i Figur 4.3.



Figur 4.3 Usikkerhetsviften viser hvordan usikkerhetsspennet for valuta i driftsperioden først øker og deretter flater ut etter 2030.

Fordi det er vanskelig å angi et tyngdepunkt for driftsutbetalingene velger vi, som beskrevet i kapittel 4.1, å vekte standardavviket mot dollarandelen av betalingsplanen for driftskostnadene. Vi finner valutafaktorene for drift ved å dele samlede utbetalinger i venstre- og høyreskjev betalingsplan på samlede utbetalinger i faktisk betalingsplan. Med tall fra UA 2021 blir venstreskjev faktor, f_v , 0,55 og høyreskjev faktor, f_h , 1,45. Gjennomsnittlig valutakurs for driftsperioden er 9,39 NOK/USD. Usikkerhetsfaktorene ganget med valutakursen gir et usikkerhetsspenn mellom 5,17 og 13,61 NOK/USD. Som nevnt ovenfor blir usikkerhetsspennet svært stort når metoden anvendes på driftskostnader over en lang tidshorisont. Dette er vist i Figur 4.4.

Som beskrevet tidligere, er også *forward*kursene kun estimert 10 år frem i tid. For P50-verdier utover det, blir *forward*kursen i år 10 flatt videreført. I dette tilfellet er den 9,39 NOK/USD (se Tabell 2.1). Siden driftsperioden er nærmere 30 år, er det derfor store deler av perioden vi ikke har estimerte *forward*kurser for. Usikkerhetsspennet for drift må derfor anses som mindre pålitelig enn usikkerhetsspennet for investeringene.

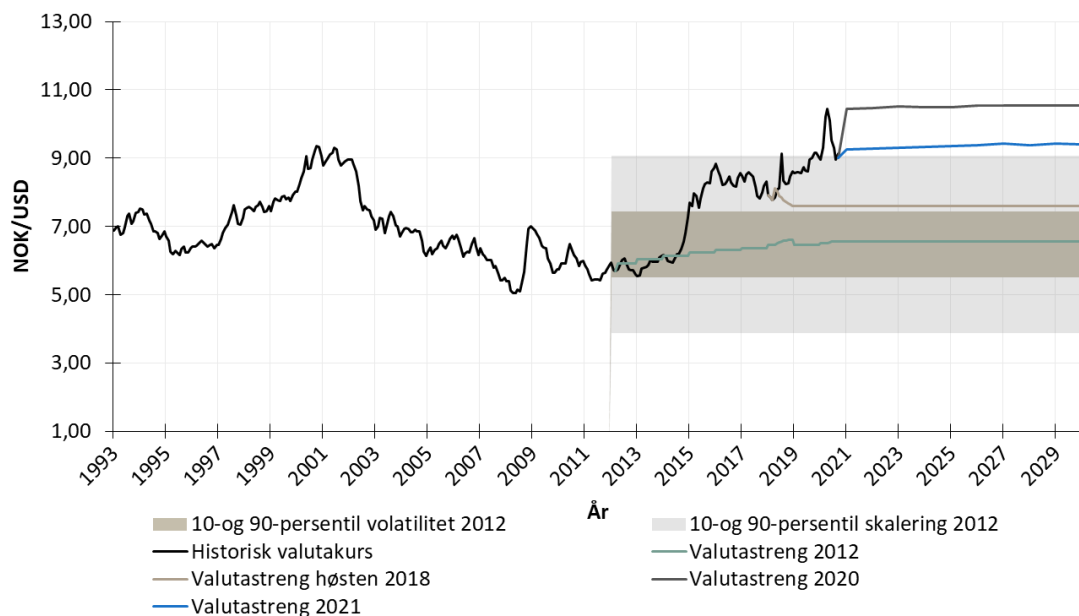


Figur 4.4 Valutafaktor for drift beregnet med skaleringsmetoden.

4.3 Historisk tilbakeblikk med skaleringsmetoden

I beregningen av kostnadsrammen for Kampflyanskaffelsen i UA 2012 ble volatilitetsmetoden benyttet for å beregne valutausikkerhet for anskaffelsen. Som vi har sett i denne rapporten, gir volatilitetsmetoden et betydelig smalere usikkerhetsspenn enn skaleringsmetoden. Fordi vi nå vet hvordan valutakursen faktisk har utviklet seg frem til i dag, er det interessant å undersøke hvordan et usikkerhetsspenn beregnet med skaleringsmetoden i 2012 ville sett ut sammenlignet med den faktiske valutakursutviklingen.

Vi har benyttet valutastrengen og kontantstrømmen som ble estimert i UA 2012 som grunnlag for analysen. Standardavviket er beregnet basert på historiske valutakurser i perioden 2002 frem til 2012. Dermed begrenser vi datagrunnlaget til den informasjonen som var tilgjengelig i 2012. Vektet mot daværende utbetalingsplan får vi venstre- og høyreskjev faktor 0,60 og 1,40. Vektet valutastreng i 2012 var 6,47 NOK/USD og skaleringsmetoden gir med det et intervall i kroneverdier fra 3,87 til 9,07 NOK/USD. Til sammenligning, ble det opprinnelige usikkerhetsspennet estimert til å være mellom 5,50 og 7,44 NOK/USD. Figuren nedenfor viser usikkerhetsspennet med de ulike metodene.



Figur 4.5 Sammenligning av volatilitets- og skaleringsmetoden i UA 2012.

Figur 4.5 viser at man ved å benytte skaleringsmetoden i 2012 ville fått et usikkerhetsspenn som hadde dekket den faktiske valutakursutviklingen i stor grad gjennom hele perioden så langt. Unntaket er april 2020, hvor Covid-19-pandemien førte til en kraftig svekkelse av kronen mot dollar. Dette resultatet styrker vår anbefaling om å endre metode, men viser samtidig hvor utfordrende det er å estimere hva valutakursen vil bli i fremtiden og særlig på lang sikt.

5 Oppsummering og konklusjon

I denne rapporten har vi sett på ulike måter å estimere valutausikkerheten knyttet til anskaffelsen av F-35. Flyene er forventet å være ferdig anskaffet i 2025, men med en dollareksponering på over 80 prosent er det fremdeles stor risiko knyttet til valutakursen de kommende årene. I tillegg vil det også være betydelige utbetalinger i dollar knyttet til drift og oppgraderinger i de påfølgende årene og valutaeksponeringen er derfor forventet å være høy også i driftsperioden.

Mens prosjekter i forsvarssektoren vanligvis skjermes for valutausikkerhet, er FMA KFA unntatt fra denne praksisen, og må dekke valutausikkerhet innenfor egen kostnadsramme. Forholdet mellom norske kroner og amerikanske dollar har historisk vært svært volatil, noe som bidrar til å øke usikkerheten rundt den fremtidige valutakursutviklingen.

Valutausikkerheten medregnes i kostnadsrammen ved å estimere egne usikkerhetsfaktorer for valuta som virker inn på de ulike kostnadselementene. Per i dag bruker FMA KFA volatilitetsmetoden som beskrevet i Røtvold (2016). Denne metoden har gitt et relativt smalt usikkerhetsspenn, og har ikke klart å dekke de store svingningene vi har sett i valutakursene som følge av oljekrisen i 2014–2015 eller etter at Covid-19-pandemien slo ut for fullt og skapte uroligheter i finansmarkedene i 2020. FFI har på bakgrunn av valutasvingningene knyttet til sistnevnte hendelse, anbefalt at vi undersøker alternative metoder for å estimere fremtidig valutausikkerhet.

De alternative metodene vi har studert baserer seg også på historisk volatilitet, slik som volatilitetsmetoden, men fanger i tillegg opp at usikkerheten øker over tid. Dette gir et usikkerhetsspenn som er betydelig større enn hva vi ville fått med volatilitetsmetoden. Sett opp mot de historiske svingningene gir dette et mer realistisk bilde av den faktiske usikkerheten. Som nevnt i innledningen beskrives og drøftes metodene mer inngående i Nordvang & Bergland (2021).

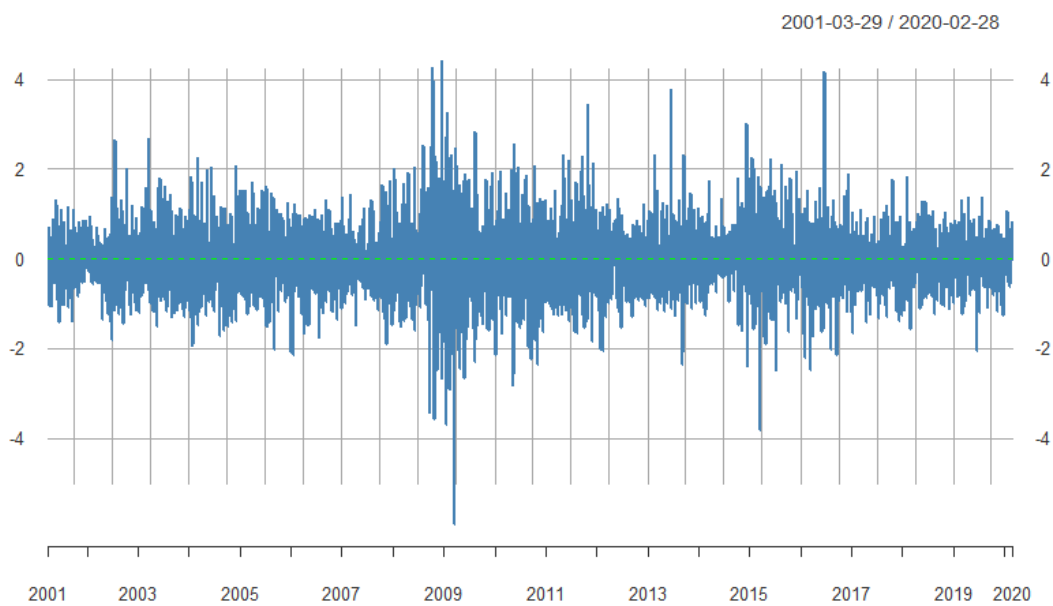
Metoden vi anbefaler for FMA KFA er skaleringsmetoden. I vår anbefaling har vi lagt vekt på at metoden skal kunne benyttes i prosjektorganisasjonen og derfor bør være relativ enkel å anvende. Videre er det viktig at metoden gir et usikkerhetsspenn som fanger opp den faktiske usikkerheten. Vi har i denne rapporten vist hva usikkerhetsspennet ville blitt dersom skaleringsmetoden ble benyttet i UA 2012 og sett at metoden, med unntak av april 2020, ville dekket den faktiske utviklingen. Dette styrker vår anbefaling til valg av metode, men viser også hvor utfordrende det er å estimere hva valutakursen vil bli i fremtiden og særlig på lang sikt.

A Volatilitet – gjennomsnittlig endring i kronekursen

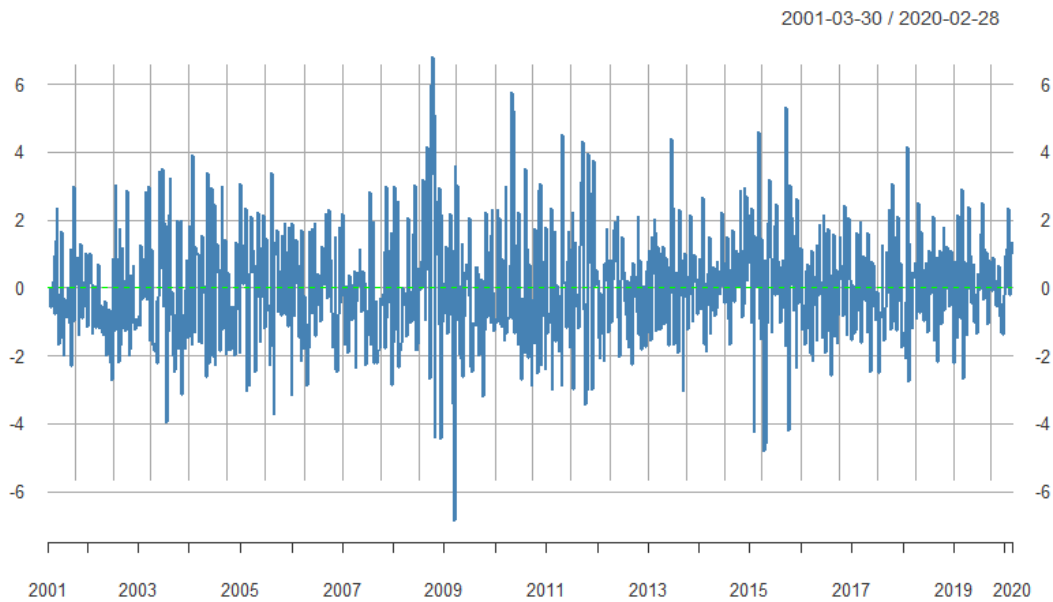
Å teste hvorvidt gjennomsnittlig endring i kronekursen er forskjellig fra null kan gjøres ved å estimere en enkel lineær regresjonsmodell på formen $r_t = \mu + \varepsilon_t$ der r_t er logaritmisk endring i kronekursen, μ er en konstant som representerer gjennomsnittlig endring i kronekursen, og ε_t et feilledd. Modellen kan estimeres med minste kvadraters metode (*ordinary least squares (OLS)*) eller sannsynlighetsmaksimering (*MLE*). Tabellen under oppsummerer resultatene fra en slik modell estimert på daglige, ukentlige, månedlige og årlige observasjoner med data fra mars 2001 til mars 2020. Ingen av p-verdiene lar oss forkaste hypotesen om at μ er forskjellig fra null.

Tidshorisont	μ	Standardavvik	t	p-verdi
Daglig	0,00001715	0,00010770	0,159	0,873
Ukentlig	0,00003726	0,00049724	0,075	0,940
Månedlig	0,000162	0,002187	0,074	0,941
Årlig	0,002579	0,030412	0,085	0,933

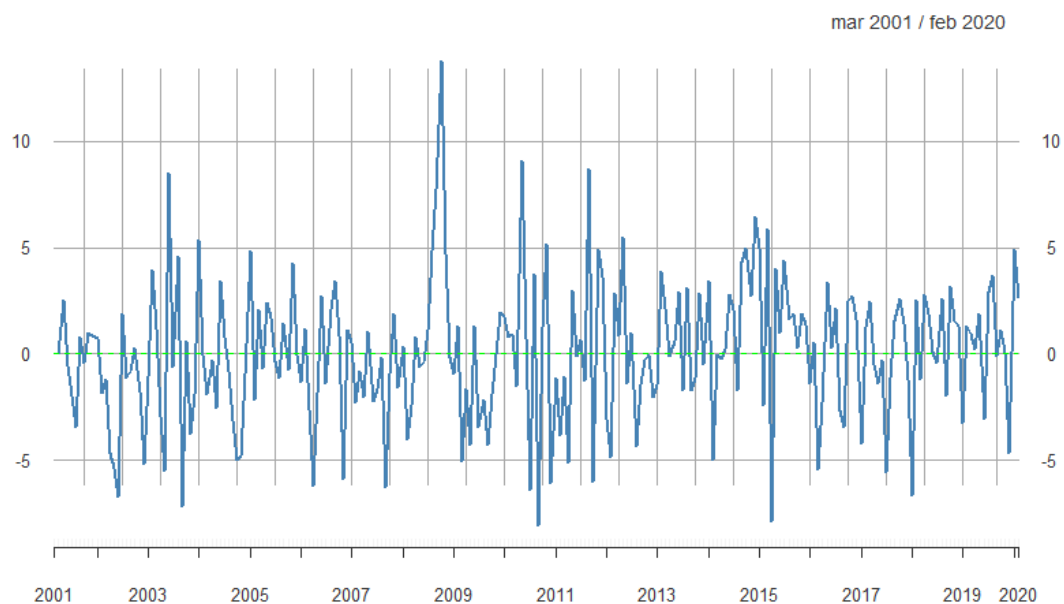
Tabell A.1 Estimert gjennomsnittlig endring i kronekursen med tilhørende standardavvik, t- og p-verdi.



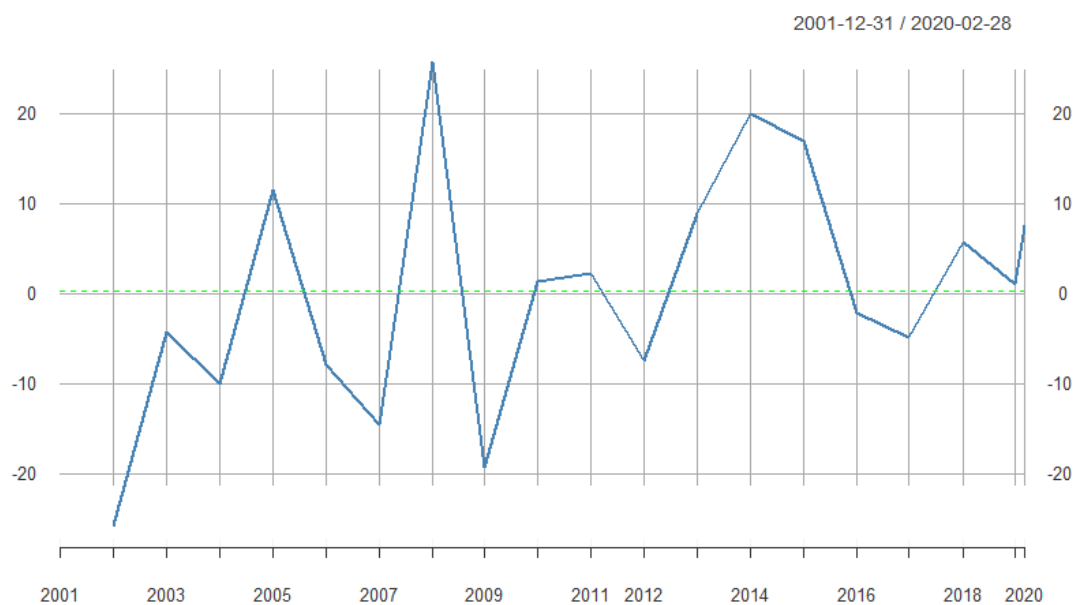
Figur A.1 Daglig endring i kronekursen (log-endring). Grønn linje viser estimert μ .



Figur A.2 Ukentlig endring i kronekursen (log-endring). Grønn linje viser estimert μ .



Figur A.3 Månedlig endring i kronekursen (log-endring). Grønn linje viser estimert μ .



Figur A.4 Årlig endring i kronekursen (log-endring). Grønn linje viser estimert μ .

B Beregne valutafaktor med volatilitetsmetoden

I regneeksempelet nedenfor viser vi hvordan vi beregner valutafaktoren med volatilitetsmetoden som ble beskrevet i kapittel 2.3. Betalingsplanen som brukes i beregningen er kun et eksempel og er ikke faktisk utbetalingsplan for Kampflyanskaffelsen.

Tabell B.1 nedenfor viser en betalingsplan for et prosjekt. Planen viser hvor stor andel av total investeringssum som er forventet å bli utbetalt hvert år.

Anskaffelse	Total	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Sum (MNOK)	43 464	7 750	7 300	7 349	6 898	4 597	4 200	4 050	790	380	150
Andel	100 %	18 %	17 %	17 %	16 %	11 %	10 %	9 %	2 %	1 %	0,3 %

Tabell B.1 Betalingsplan med prosentvis årlig utbetalingsandel.

Ved å innhente historiske valutakurser kan vi beregne et glidende gjennomsnitt av valutakursen ved å vekte historisk valutakurs mot prosjektets betalingsplan ($HS_{(i-10)} \times CF_i$). Dette er illustrert i figur B.1 nedenfor.

	År	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Dato	CF_i/HS_{i-t}	18 %	17 %	17 %	16 %	11 %	10 %	9 %	2 %	1 %	0,3 %
sept.2020	9,14	1,63	1,54	1,55	1,45	0,97	0,88	0,85	0,17	0,08	0,03
sept.2019	9,02	1,61	1,51	1,52	1,43	0,95	0,87	0,84	0,16	0,08	0,03
sept.2018	8,25	1,47	1,39	1,40	1,31	0,87	0,80	0,77	0,15	0,07	0,02
sept.2017	7,83	1,40	1,31	1,32	1,24	0,83	0,76	0,73	0,14	0,07	0,02
sept.2016	8,20	1,46	1,38	1,39	1,30	0,87	0,79	0,76	0,15	0,07	0,02
sept.2015	8,30	1,48	1,39	1,40	1,32	0,88	0,80	0,77	0,15	0,07	0,02
sept.2014	6,34	1,13	1,06	1,07	1,01	0,67	0,61	0,59	0,12	0,06	0,02
sept.2013	5,97	1,07	1,00	1,01	0,95	0,63	0,58	0,56	0,11	0,05	0,02
sept.2012	5,75	1,03	0,97	0,97	0,91	0,61	0,56	0,54	0,10	0,05	0,02
sept.2011	5,61	1,00	0,94	0,95	0,89	0,59	0,54	0,52	0,10	0,05	0,02
sept.2010	6,06	1,08	1,02	1,02	0,96	0,64	0,59	0,56	0,11	0,05	0,02
sept.2009	5,90	1,05	0,99	1,00	0,94	0,62	0,57	0,55	0,11	0,05	0,02
sept.2008	5,68	1,01	0,95	0,96	0,90	0,60	0,55	0,53	0,10	0,05	0,02

Figur B.1 Vekting av historiske valutakurser opp mot prosjektets utbetalingsplan.

Som vist i figur B.1 vekter vi historiske valutakurser ti år tilbake i tid opp mot prosjektets utbetalingsplan. Deretter summeres de vektete historiske kursene, og vi får med det nye årlige kurser basert på kursutviklingen de foregående årene. I dette eksemplet har vi beregnet fire vektete snittkurser. Dette er vist i tabell B.2. Som beskrevet i kapittel 2.3 ble det i Kampflyanskaffelsen beregnet vektete historiske snittkurser ti år tilbake i tid.

Dato	$\sum HS_{i-t} \times CF_i$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
sept.2020	6,64	1,00	0,97	1,01	1,01	0,88	0,79	0,73	0,15	0,08	0,03
sept.2019	6,42	1,08	0,94	0,97	0,95	0,67	0,80	0,76	0,14	0,07	0,03
sept.2018	6,19	1,05	1,02	0,95	0,91	0,63	0,61	0,77	0,15	0,07	0,02
sept.2017	5,94	1,01	0,99	1,02	0,89	0,61	0,58	0,59	0,15	0,07	0,02

Figur B.2 Nye årlige valutakurser basert på valutakurser ti år tilbake i tid, vektet mot prosjektets betalingsplan.

Vi beregner valutafaktoren med volatilitetsmetoden ved at vi først finner 10- og 90-persentilene for de nye vektete valutakursene i tabell B.2 ovenfor. P10-persentilen er 6,02 og P90-persentilen er 6,57 NOK/USD. Gjennomsnittet av dem er 6,30 NOK/USD. Vi bruker nå ligningene 2.2 og 2.3 i kapittel 2.3 for å beregne valutafaktorene:

Venstreskjev faktor

$$f_v = \frac{6,02}{6,30} = 0,96 \quad (\text{B.1})$$

Justerer for valutaeksponering som i eksempelet er 89%

$$f_v = 1 - ((1 - 0,96) \times 0,89) = 0,96 \quad (\text{B.2})$$

Høyreskjev faktor

$$f_h = \frac{6,57}{6,30} = 1,04 \quad (\text{B.3})$$

$$f_h = 1 - ((1 - 1,04) \times 0,89) = 1,04 \quad (\text{B.4})$$

C Fremgangsmåte for å beregne valutafaktor med skaleringsmetoden

Det vil her bli gitt en trinnvis forklaring på hvordan man kan beregne valutausikkerhet med skaleringsmetoden. Forklaringen er først og fremst ment for personer som jobber i investeringsprosjekter hvor valuta utgjør en betydelig usikkerhet, og hvor det er behov for å beregne denne usikkerheten. Alle talleksempelene er fiktive og kun ment for opplæringsformål.

Skaleringsmetoden bygger på en antagelse om at man kan benytte et standardavvik basert på historiske data til å si noe om fremtidig usikkerhet. Dette gjøres ved å skalere opp standardavviket med kvadratroten av like mange dager, uker eller år som man ønsker å estimere usikkerhet for.

Før vi kan beregne standardavvik må vi innhente data over historiske valutakurser. Valutakurser kan hentes fra www.norgesbank.no. Vi anbefaler å bruke daglige valutakurser for å få størst mulig datagrunnlag, for deretter å skalere dette opp til for eksempel årlige verdier. Metoden er sårbar for perioden man velger å innhente data fra, slik at man bør velge en lengre periode som dekker både økonomiske opp- og nedturer. Når vi har innhentet data kan vi starte på beregningene.

Beregne standardavvik

For å regne ut et standardavvik basert på historiske valutakurser, må vi først beregne de daglige endringene. Med dager mener vi her handelsdager, siden valutakursene ikke oppdateres på fridager. Ved å bruke Excel kan man regne ut valutakursendringen enten ved å bruke den naturlige logaritmen til valutakursen eller ved å beregne prosentvis endring. Resultatene vil bli omtrent det samme, uansett av hva du velger. I eksempelet nedenfor benytter vi fargekoder for at leseren enklere skal finne igjen cellene i det fiktive Excel-arket:

Prosentvis endring

$$C2/C1 - 1 = 9,476 / 9,579 - 1 = -0,011$$

Naturlig logaritme (ln):

$$LN(C2/C1) = -0,011$$

	Dato	Valutakurs	Prosent	Ln
A	B	C	D	E
1	2020-09-25	9,579	0,005	0,005
2	2020-09-28	9,476	- 0,011	- 0,011
3	2020-09-29	9,447	- 0,003	- 0,003
4	2020-09-30	9,481	0,004	0,004

Tabell C.1 Regneeksempel for å finne daglig endring i valutakurs

I eksempelet ser vi at det egentlig er tre dager mellom celle C1 og C2, men det er kun én handelsdag. Legg også merke til at du må innhente valutakurser for en dag lenger tilbake enn startdato for analysen. Hvis du for eksempel vil gjøre beregninger for perioden 1.–30. september 2020, må du hente data fra og med 31. august 2020 for å få med endringen 1. september.

Vi kan nå å beregne standardavviket ved hjelp av Excel-funksjonen STDAV.S⁸

$$= \text{STDAV.S}(E2:E4) = 0,007 = 0,7 \% \quad (\text{C.1})$$

Skaleringsmetoden

Når vi benytter daglige observasjoner er det hensiktsmessig å gjøre selve skaleringen i to runder. Ved å bruke skaleringsmetoden kan vi estimere usikkerheten for en lengre tidsperiode ved å gange med kvadratroten av tiden. Hvis vi for eksempel ønsker å si noe om usikkerhet to dager frem, kan vi regne ut det slik

$$0,7\% \times \sqrt{2} = 1,0\% \quad (\text{C.2})$$

På samme måte kan vi skalere opp til måneder eller år ved å gange med kvadratroten av antall handelsdager det tilsvarer, som er henholdsvis 21 og 252. For vårt formål ønsker vi i første omgang å skalere standardavviket til årlig tidshorisont.

$$0,007 \times \sqrt{252} = 0,115 = \mathbf{11,4\%} \quad (\text{C.3})$$

Når det er gjort kan vi igjen skalere dette standardavviket til ønsket antall år. For eksempel vil endringen over 3 år ha et skalert standardavvik tilsvarende

$$11,4\% \times \sqrt{3} = 19,8\% \quad (\text{C.4})$$

Velge prediksjonsintervall

Metoden forutsetter at endringer i valutakurser over lengre tid vil være tilnærmet normalfordelt. I normalfordelingen vil ett standardavvik over og under forventningen tilsvare et 68 prosent prediksjonsintervall. I eksempelet fra ligning C.3 forventer vi med andre ord at det er tilnærmet 68 prosent sannsynlighet for at valutakursen om ett år vil ligge innenfor et avvik på **11,4 prosent** fra forventet kurs. Ofte ønsker man å ha et noe bredere prediksjonsintervall. Standardavviket må da ganges opp med en ordinatverdi som svarer til ønsket intervallbredde. Verdiene kan man finne i en kvantiltabell for standard normalfordelingen, men for de aller fleste

⁸ I engelsk versjon av Excel, heter formelen STDEV.S

formål er verdiene angitt i tabellen nedenfor tilstrekkelig. Ordinativverdien for et $(1 - 2\alpha)\%$ konfidensintervall er gitt ved Z_α i tabellen.

α	Z_α
0,100	1,282
0,050	1,645
0,025	1,960
0,010	2,326
0,005	2,576
0,001	3,090

Tabell C.2 Kvantiltabell for standard normalfordelingen.

Hvis vi for eksempel ønsker et 95 prosent prediksjonsintervall ganger vi standardavviket med 1,960, eller hvis vi ønsker et 80 prosent intervall ganger vi med 1,282.

Tilbake til eksemplet: omgjøring til 80 prosent prediksjonsintervall (tilsvarer 10- og 90-persentilene) for valutakursen om ett år gir følgende verdi

$$11,4\% \times 1,282 = \mathbf{14,7\%} \quad (\text{C.5})$$

Valutafaktor

Fra ligning C.5 har vi årlig verdi for 90- og 10-persentilene som vi videre kan bruke til å si noe om valutausikkerheten flere år frem i tid. Det er dette vi omtaler som usikkerhetsfaktoren for valuta, eller valutafaktoren. Den kan brukes til å estimere mulige kostnadsendringer i prosjektet som følge av valutaendringer.

Beregningen gjøres på samme måte som i trinn 2 ved å gange faktoren med kvadratroten av antall år. La oss anta at investeringsprosjektet er planlagt å vare i seks år. Da kan vi beregne valutausikkerheten for denne perioden slik

$$14,7\% \times \sqrt{6} = 36\% \quad (\text{C.6})$$

Vi har nå estimert en usikkerhetsfaktor for valuta som dekker en periode på seks år. Faktoren sier at vi i beste eller verste fall⁹ kan forvente en endring fra dagens kurs på 36 prosent. Hvis vi for enkelhets skyld antar at forventet kronekurs mot dollar er 9 NOK/USD, får vi følgende usikkerhetsspenn:

$$f_v = 9 \times (1 - 0,36) = 5,77 \quad (C.7)$$

$$f_h = 9 \times (1 + 0,36) = 12,23 \quad (C.8)$$

Valutakursen er her estimert til å kunne variere fra 5,77 til 12,23 NOK/USD. Nedenfor har vi vist beregningen av skalert standardavvik år for år i perioden. Verdiene i tabellen er avrundet til to desimaler.

Rot	$\sqrt{1}$	$\sqrt{2}$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{4}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{6}$
År	2021	2022	2023	2024	2025	2026
P50	1	1	1	1	1	1
P90	1,15	1,21	1,25	1,29	1,33	1,36
P10	0,85	0,79	0,75	0,71	0,67	0,64

Tabell C.3 P10- og P90-verdier skalert årlig.

År	1	2	3	4	5	6
År	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Kurs	9	9	9	9	9	9
P90	10,32	10,87	11,29	11,64	11,95	12,23
P10	7,68	7,13	6,71	6,36	6,05	5,77

Tabell C.4 Forwardkurs 9 ganget med P10- og P90-verdier fra tabell B.3 gir et usikkerhetsspenn for valutakursen som øker over tid.

I tabell C.4 ser vi tydeligere at usikkerheten øker med tiden. Tidsperioden man velger å skalere med, kan derfor ha stor innvirkning på usikkerhetsspennet.

⁹ Fordi dette er verdier for et 80 prosent prediksjonsintervall kan det også bli enda verre eller enda bedre, men sannsynligheten for at det skjer er lavere.

Et investeringsprosjekt kan pågå over lang tid og hva som er hensiktsmessig skalering må vurderes ut ifra forholdene som gjelder for det enkelte prosjekt. Hvis det for eksempel forventes at hoveddelen av utbetalingene i valuta skal skje om tre år, kan det være hensiktsmessig å skalere med tre. Men hva hvis betalingene skal pågå i mange tiår, eller kanskje på ubestemt tid? Og hva med prosjekter hvor det er store svingninger i hvor mye som skal betales i valuta? Alle prosjekter er unike og vi kan derfor ikke beskrive alle mulige scenarier, men vi vil avslutningsvis vise et eksempel på hvordan man kan løse skalering over lang tid, og hvordan man kan vekte opp mot en betalingsplan.

Skalering mot det uendelige

Hvis man forsøker å estimere valutakurser svært langt frem i tid, for eksempel flere tiår, vil usikkerheten etter hvert blir så stor at det neppe vil være mulig å håndtere innenfor et investeringsprosjekt. Usikkerheten vil gå mot uendelig, men det er selvfølgelig ikke realistisk for et prosjekt å sette av uendelig store reserver til å dekke opp for uheldig valutakursutvikling.

Man må derfor sette en grense for hvor langt frem i tid det gir mening å tallfeste usikkerhet. Dette må vurderes ut ifra forholdene i det enkelte prosjekt. For Kampflyanskaffelsen valgte vi for eksempel å videreføre skaleringen flatt etter ti år, men ellers benytte fremgangsmåten på samme måte som forklart tidligere. Ti år ble blant annet valgt fordi valutastrengen også bare estimeres for ti år og deretter videreføres flatt. Dette som følge av at datagrunnlaget utover ti år blir såpass tynt at estimatene anses som lite pålitelige.

I tabell C.5 viser vi hvordan vi beregner P10- og P90-faktorene årlig frem til 2030, hvor usikkerhetsspennet deretter holdes konstant.

År	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Faktor	0,36	0,39	0,42	0,44	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
P90	1,36	1,39	1,42	1,44	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46
P10	0,64	0,61	0,58	0,56	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54

Tabell C.5 Skalering frem til 2030. Spennet videreføres flatt fra og med 2030.

Vekte mot betalingsplan

Hvis et prosjekt har en valutaeksponering som varierer mye fra år til år, kan det være hensiktsmessig å vekte usikkerhetsfaktoren opp mot en betalingsplan for utbetalinger i utenlandsk valuta. Ved å gjøre denne vektingen fanger vi opp at den totale valutausikkerheten reduseres hvis utbetalingene i valuta blir mindre, selv om usikkerhetsfaktoren øker. Dette kan vi

illustrere med å sammenligne valutafaktoren i et tilfelle med faste utbetalinger i valuta, og ett der utbetalingene varierer over tid.

Vi starter med å beregne valutafaktoren for et prosjekt hvor betalingsplanen er fast gjennom hele perioden. Dette er illustrert i tabell C.6. Ved å gange betalingsplanen med skalert standardavvik i tabell C.3, får vi ut P10- og P90-verdier for betalingsplanen.

År	2021	2022	2023	2024	2025	2026	Sum
Betalingsplan	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	600,00
P90 plan	114,67	120,75	125,41	129,34	132,80	135,93	758,91
P10 plan	85,33	79,25	74,59	70,66	67,20	64,07	441,09

Tabell C.6 Vekting mot betalingsplan med like store utbetalinger i valuta hvert år.

Vi deler deretter P10- og P90-verdiene på faktisk betalingsplan og finner valutafaktorene:

$$fh = \frac{758,91}{600,00} = 1,26 \quad (\text{C.9})$$

$$fv = \frac{441,09}{600,00} = 0,74 \quad (\text{C.10})$$

Videre undersøker vi hva valutafaktorene ville blitt hvis betalingsplanen har tyngdepunktet i nær tid og utbetalingene reduseres utover i perioden. Som ovenfor ganger vi betalingsplanen med skalert standardavvik og får ut P10- og P90-verdier.

År	2021	2022	2023	2024	2025	2026	Sum
Betalingsplan	100,00	100,00	100,00	50,00	20,00	10,00	380,00
P90 plan	114,67	120,75	125,41	64,67	26,56	13,59	465,65
P10 plan	85,33	79,25	74,59	35,33	13,44	6,41	294,35

Tabell C.7 Vekting mot betalingsplan hvor valuta-utbetalinger reduseres over tid

Ved å bruke verdiene fra tabell C.7 får vi nå følgende valutafaktorer:

$$f_h = \frac{465,65}{380,00} = 1,23 \quad (\text{C.11})$$

$$f_v = \frac{294,35}{380,00} = 0,77 \quad (\text{C.12})$$

Som vist med de to foregående eksemplene, blir valutafaktorene lavere hvis valutaautbetalingene reduseres utover i perioden, enn hvis betalingene er konstante. Fremgangsmåten reflekterer dermed at valutausikkerheten avhenger av størrelsen på valutaautbetalingene.

6 Forkortelser

CF	Cash flow (kontantstrøm)
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
FMA	Forsvarsmateriell
GARCH	Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
KFA	Kampflyavdelingen
LTP	Langtidsplan
MLE	Maximum likelihood estimation (sannsynlighetsmaksimering)
NOK	Norske kroner
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
OLS	Ordinary least squares (minste kvadraters metode)
UA	Usikkerhetsanalyse
u.i.f.	Uavhengig og identisk fordelt (stokastiske variabler)
USD	Amerikanske dollar
VaR	Value at risk

7 Referanser

- Daniëlsson, J., & Zigrand, J.-P. (2003). *On time-scaling of risk and the square-root-of-time rule*. (No. dp439) Financial Markets Group.
- Berntsen, S., & Sunde, T. (2006). *Styring av statlige prosjektporteføljer i staten Usikkerhetsavsetning på porteføljenivå*. Concept (NTNU).
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31.
- Forsvarsdepartementet. (2012). *Prop. 73 S (2011–2012)*. Retrieved from Regjeringen: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop-73-s-20112012/id676029/>
- Forsvarsdepartementet. (2019). *Mal - sentralt styringsdokument*. Retrieved from www.fma.no/prinsix/maler: <https://www.fma.no/prinsix/maler/dokumentmaler-for-forprosjektfasen>
- Holte consulting; Vista analyse. (2012). *kvalitetssikring av «Program-dokument for anskaffelse og drift av 52 F-35 Lightning II (PD 2012)»*.
- Løvås, G. G. (2013). *Statistikk for universitet og høyskoler*. 3. utgave. Universitetsforlaget.
- Nordvang, E. U., & Bergland, A. B. (2021). *Valutarisiko i Forsvarets fremtidige materiellinvesteringer*. Kjeller: Forsvarets forskningsinstitutt.
- Prinsix. (2008). *Veiledning i håndtering av usikkerhet*. Retrieved from Prinsix: <https://www.fma.no/prinsix/kunnskapsomrader/usikkerhetsledelse>
- Prinsix. (2020). *Prinsix prosjektmodell*. Retrieved from Prinsix: <https://www.fma.no/prinsix>
- Regjeringen. (2020, Mai 12). *Revidert nasjonalbudsjett: Valuta gir økte utgifter for Forsvaret*. Retrieved from www.regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/valuta-gir-okte-utgifter-for-forsvaret/id2702026/>
- Røtvold, A. (2016). *Valutaeksponering i den norske F-35-anskaffelsen : hvordan blir valuta håndtert og hvilke konsekvenser kan det medføre? FFI-rapport 16/01678*. Forsvarets forskningsinstitutt.

About FFI

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) was founded 11th of April 1946. It is organised as an administrative agency subordinate to the Ministry of Defence.

FFI's MISSION

FFI is the prime institution responsible for defence related research in Norway. Its principal mission is to carry out research and development to meet the requirements of the Armed Forces. FFI has the role of chief adviser to the political and military leadership. In particular, the institute shall focus on aspects of the development in science and technology that can influence our security policy or defence planning.

FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs FORMÅL

Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

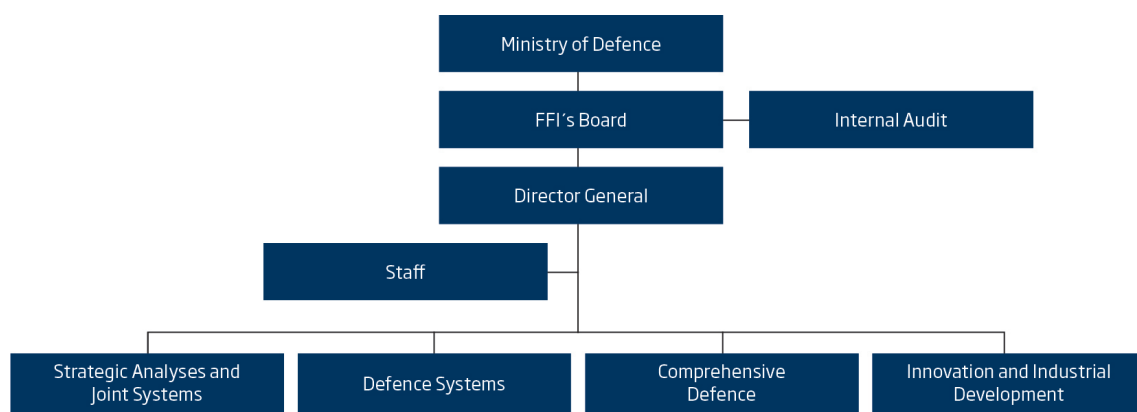
FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

FFI's organisation



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: ffi@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: ffi@ffi.no