

# STAFF MEMO

## En forbedret sammensatt systemisk stressindikator (CISS) for Norge

NR. 3 | 2019

MARIUS HAGEN OG  
PER MARIUS  
PETTERSEN



NORGES BANK

Staff Memo inneholder utredninger og dokumentasjon skrevet av Norges Banks ansatte og andre forfattere tilknyttet Norges Bank. Synspunkter og konklusjoner i arbeidene er ikke nødvendigvis representative for Norges Bank

**NORGES BANK**  
**STAFF MEMO**  
NR 3 | 2019

EN FORBEDRET  
SAMMENSETT SYSTEMISK  
STRESSINDIKATOR (CISS)  
FOR NORGE

© 2019 Norges Bank

Det kan siteres fra eller henvises til dette arbeid, gitt at forfatter og Norges Bank oppgis som kilde.

ISSN 1504-2596 (online)

ISBN 978-82-8379-076-4 (online)

# En forbedret sammensatt systemisk stressindikator (CISS) for Norge

\*

Marius Hagen og Per Marius Pettersen  
Finansiell stabilitet. Norges Bank<sup>†</sup>

8. april 2019

*Norges Banks råd om motsyklisk kapitalbuffer baseres på et bredt sett av kvalitativ og kvantitativ informasjon. Det europeiske systemrisikorådet trekker frem at utviklingen i en generell indikator for systemisk stress i det finansielle systemet bør være en del av dette beslutningsgrunnlaget. Den sammensatte systemiske stressindikatoren (CISS) gir et samlet mål på stressnivået i det finansielle systemet og har vist seg som en god indikator for å varsle systemiske bankkriser i samtid eller i nær fremtid. Den kan derfor være en nyttig indikator å inkludere i beslutningsgrunnlaget for motsyklisk kapitalbuffer. CISS for Norge har vært på særlig høye nivåer under internasjonale kriser.*

## 1 Introduksjon

Ved tilbakeslag i økonomien og store tap i bankene skal motsyklisk kapitalbuffer kunne reduseres for å motvirke at en strammere utlånspraksis forsterker nedgangen (Norges Bank (2013)). Det europeiske systemrisikorådet trekker frem at utviklingen i en generell indikator for systemisk stress bør være en del av informasjonsgrunnlaget for en slik beslutning (ESRB (2014)).

Den sammensatte systemiske stressindikatoren (CISS), introdusert i Holló et al. (2012), gir et samlet mål på stressnivået i det finansielle systemet.<sup>1</sup> Indikatoren er basert på fem delmarkeder som sammen utgjør kjernen i det finansielle systemet. I beregningen tas det hensyn til at stress som forekommer på samme tid i de ulike delmarkedene, er en større utfordring for det finansielle systemet enn perioder uten slik samvariasjon. CISS har vist seg som en god indikator for å varsle systemiske bankkriser i samtid eller nær fremtid (Detken (2014)).

I dette *Staff memoet* presenterer vi en revidert CISS for Norge. Wen (2015) utviklet en norsk CISS som avvek fra Holló et al. (2012) på en del områder. Den reviderte indikatoren tar utgangspunkt i indikatoren presentert i Wen (2015), men følger i større grad rammeverket presentert i Holló et al. (2012).<sup>2</sup> Det gjør indikatoren mer sammenlignbar med andre lands stressindikatorer, og internasjonale studier av indikatoren vil være mer relevante for Norge. Den reviderte versjonen av CISS kan inngå i indikatorsettet for beslutningsgrunnlaget for motsyklisk kapitalbuffer, i tråd med anbefalingen fra Det europeiske systemrisikorådet.

---

\*Synspunkter og konklusjonene i denne publikasjonen er forfatternes egne, og ikke nødvendigvis representative for Norges Bank. Vi takker Henrik Borchgrevink, Torbjørn Hægeland, Nina Larsson Midthjell og Bjørn Helge Vatne for gode kommentarer og innspill.

<sup>†</sup>Kontaktperson Marius Hagen.

<sup>1</sup>Flere sentralbanker har utviklet sammensatte systemisk stressindikatorer basert på rammeverket presentert i Holló et al. (2012), for eksempel den europeiske sentralbanken, Nationalbanken og Riksbanken.

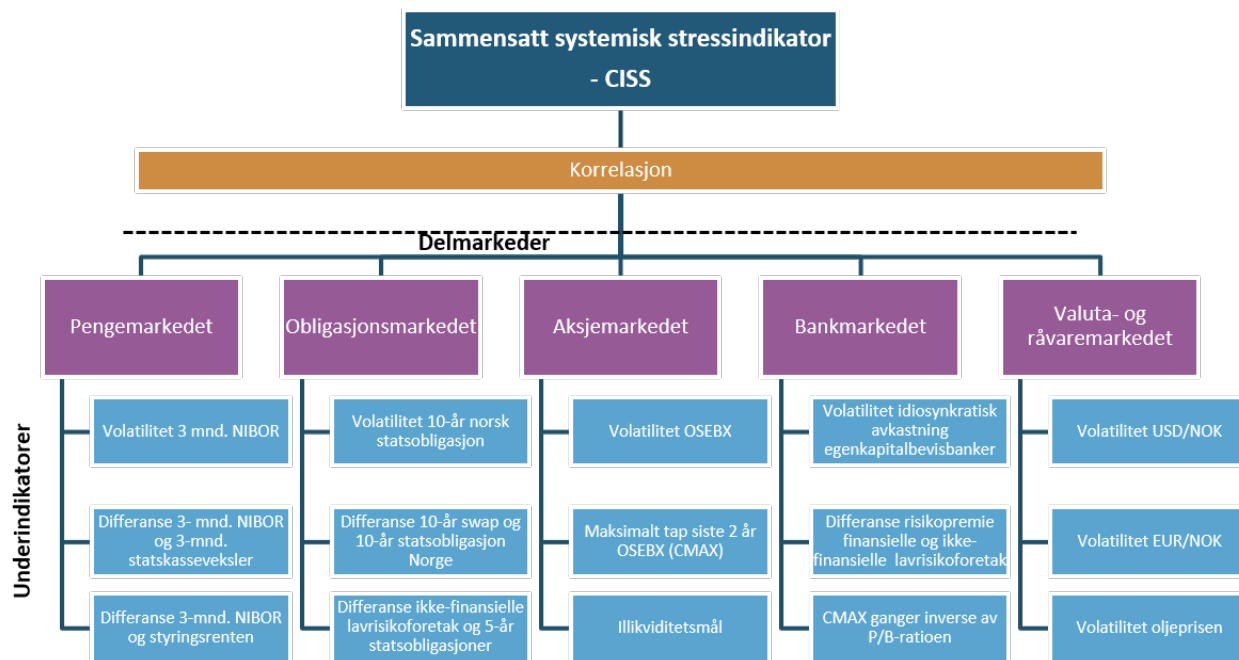
<sup>2</sup>Se appendiks C for en sammenligning mellom den reviderte CISS og indikatoren presentert i Wen (2015).

## 2 Oppbyggingen av revidert CISS for Norge

CISS aggregerer stressnivået i fem ulike delmarkeder, som sammen representerer kjernen i det finansielle systemet.<sup>3</sup> De fem delmarkedene er penge-, obligasjon-, aksje-, bankmarkedet og valuta- og råvaremarkedet. Stressnivået i hvert delmarked måles ved tre underindikatorer, se figur 1. Hver underindikator representerer ulike former for markedsstress, for eksempel økt volatilitet i pengemarkedet, redusert likviditet i aksjemarkedet eller fall i markedsverdiene for finansiell sektor. Underindikatorerne bør representere utviklingen i en betydelig andel av delmarkedet, som for eksempel en bred aksjeindeks eller et instrument som benyttes som referanse i prissettingen av andre instrumenter. De bør ikke inneholde identisk informasjon, men være komplementære og sterkt korrelerte i perioder med høyt nivå av stress. Valget av underindikatorer i den norske versjonen av CISS følger i stor grad Holló et al. (2012), men er tilpasset norske forhold.<sup>4</sup>

Underindikatorerne er i hovedsak enten beregnet som differansen mellom to renteserier, en såkalt rentespread, eller med et enkelt volatilitetsmål. I perioder med høyt stress vil ofte rentespreaden mellom risikable og mindre risikable aktiva øke. Ved usikkerhet knyttet til prisen på et finansielt aktiva vil prisene ofte svinge mer, det vil si at volatiliteten øker. Både økte rentespreader og økt volatilitet regnes som at stressnivået i det finansielle systemet stiger. Vi følger Holló et al. (2012) og beregner volatiliteten som det ukentlige snittet av den daglige absoluttavkastningen.

**Figur 1:** Oppbyggingen av CISS



For å kunne sammenligne stressnivået på tvers av delmarkedene må først underindikatorerne transformeres til lik skala. Transformasjonen skjer ved at hver observasjon rangeres basert på sin empiriske kumulative fordelingsfunksjon. Ved denne metoden sorteres først observasjonene etter størrelse, fra laveste til høyeste verdi. Deretter tilordnes de en verdi lik sitt respektive nummer

<sup>3</sup>Se appendiks B for en matematisk beskrivelse av hvordan stressindikatoren er beregnet.

<sup>4</sup>Vi benytter de samme underindikatorerne som Wen (2015). For en nærmere beskrivelse av disse, se appendiks A.

i rekken og deles på det totale antallet observasjoner. Transformasjonen innebærer derfor at alle observasjonene får en ny verdi som er mellom 0 og 1. En verdi nær 0 er et uttrykk for lavt stressnivå, kjennetegnet ved lav volatilitet og lave risikopremier, mens en verdi nær 1 reflekterer høyt stressnivå.

Rangeringen av observasjonene kan gjøres simultant for hele datasettet eller rekursivt, det vil si for en og en observasjon.<sup>5</sup> Ved simultan rangering oppdateres rangeringen av historiske data for hver nye observasjon. Vi ønsker imidlertid ikke at observasjoner som viste høyt stressnivå på et tidspunkt blir endret i ettertid. Derfor velger vi, i likhet med ECB, Riksbanken og Nationalbanken, å rangere observasjonene rekursivt.<sup>6</sup>

Stressnivået i hvert delmarked beregnes som et gjennomsnitt av de tre underindikatorene. Deretter aggregeres stressnivået fra de ulike delmarkedene til et samlet stressnivå for det finansielle systemet. I aggregeringen kan vektningen av de ulike delmarkedene gjøres på ulike måter. I Holló et al. (2012) vektet delmarkedene ut fra relativ viktighet for veksten i industriproduksjon i euroområdet. Det resulterer i en vekt på 25 prosent for aksjemarkedet, 30 prosent for bankmarkedet og 15 prosent for henholdsvis pengemarkedet, obligasjonsmarkedet og valutamarkedet.<sup>7</sup> ECB og Nationalbanken benytter disse vektene.<sup>8</sup> Det er imidlertid små forskjeller hvis CISS blir beregnet med disse vektene eller med like vekter for alle delmarkeder.<sup>9</sup> Vi følger Riksbanken<sup>10</sup> og Wen (2015) og tillegger lik vekt til de fem delmarkedene.

Til slutt beregnes CISS ved å justere det aggregerte stressnivået med krysskorrelasjonen mellom de ulike delmarkedene. Dersom de fem delmarkedene er perfekt positivt korrelert, vil bidraget fra krysskorrelasjon i beregningen av CISS være 0. I de tilfeller der delmarkedene ikke er perfekt positivt korrelerte, vil bidraget fra korrelasjonene trekke CISS ned.<sup>11</sup> Slike situasjoner anses som en mindre utfordring for det finansielle systemet enn perioder med sterk positiv samvariasjon.

Vi følger Holló et al. (2012) og beregner korrelasjonene rekursivt ved hjelp av et eksponentielt vektet glidende gjennomsnitt. Det innebærer at mer vekt legges på de siste observasjonene. Hvilken vekt som legges på historiske observasjoner, bestemmes av en glattingsparameter. Som i Holló et al. (2012) benytter vi en glattingsparameter på 0,93. Beregningen av korrelasjonene beskrives nærmere i appendiks B.

---

<sup>5</sup>Forskjellen mellom simultan og rekursiv rangering kan illustreres med et eksempel. La oss anta at vi har observasjonene [9, 0, 4, 3, 10]. Vi rangerer de tre første observasjonene simultant og de to siste rekursivt. Det gir følgende nye verdier [3/3, 1/3, 2/3, 2/4, 5/5]. Dersom alle observasjonene ble rangert simultant, ville rangeringen vært: [4/5, 1/5, 3/5, 2/5, 5/5].

<sup>6</sup>For å sikre at indikatoren gir meningsfulle verdier fra begynnelsen, rangeres først alle observasjonene simultant de tre første årene i datasettet, det vil si fra høsten 2003 til høsten 2006. Deretter rangeres en og en observasjon. Rekursiv rangering vil ikke gi en identisk reeltidsvurdering siden potensielle revisjoner i data ikke hensyntas.

<sup>7</sup>Vektene er estimert basert på ulike VAR-modeller.

<sup>8</sup>Se for eksempel statistikkensiden til ECB og Nationalbanken (2014).

<sup>9</sup>Se Holló et al. (2012), figur A.2 på side 48.

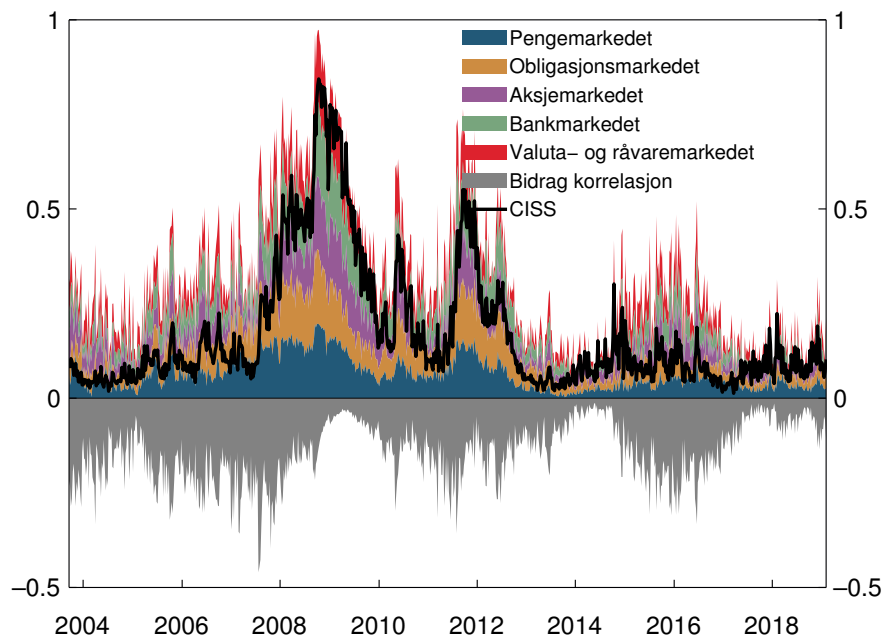
<sup>10</sup>Se Bonthron and Johansson (2013).

<sup>11</sup>Metoden er inspirert av moderne porteføljeteorier hvor korrelasjonen inkluderes for å beregne den samlede risikoen i porteføljen. Generelt vil bidraget fra krysskorrelasjon være lite ved høy positiv korrelasjon mellom markedene. En høy grad av krysskorrelasjon innebærer at flere av delmarkedene ligger over eller under deres teoretiske snitt på 0,5. Vi er primært interessert i det første tilfellet fordi stressnivået da er relativt høyt i flere markeder samtidig.

### 3 Presentasjon av den reviderte CISS for Norge

Den reviderte versjonen av CISS for Norge har vært på høye nivåer under krisetider, se figur 2. CISS nådde sitt foreløpige toppunkt under finanskrisen høsten 2008. Stressnivået var da høyt i alle de fem delmarkedene og den positive korrelasjonen mellom markedene var sterk, som uttrykt ved at det grå feltet var nær null i figur 2. Også under statsgjeldskrisen økte CISS markant, men var betydelig lavere enn under finanskrisen siden både stressnivået i hvert av delmarkedene og korrelasjonen var lavere. Da oljeprisen falt høsten 2014 og gjennom nedgangstidene som fulgte var økningen i CISS moderat. Det skyldes både at stressnivået i hvert av delmarkedene og korrelasjonen var lavere.

**Figur 2:** Revidert CISS for Norge.<sup>1</sup>Ukentlige data. 15. september 2003 - 4. februar 2019.



1) Estimert simultant fra høsten 2003 til høsten 2006, deretter rekursivt.

Kilder: Bloomberg, DNB Markets, Thomson Reuters Datastream og Norges Bank

Høy markedsuro og utsikter til store tap i bankene kan være indikasjoner på at bufferkravet bør senkes. Det er derfor viktig å ha en formening om hva som ansees som et høyt nivå for CISS. En mulighet er å sammenligne dagens stressnivå med historiske episoder hvor stressnivået har vært høyt, som for eksempel under statsgjeldskrisen og finanskrisen da CISS var mellom 0,5 og 0,8. Alternativt kan hva som er et høyt nivå for CISS estimeres basert på statistiske kriterier eller økonomiske modeller. Detken (2014) estimerer en terskelverdi på rundt 0,3 for signalisering av systemiske bankkriser i EU-land, men robustheten til resultatene påvirkes av at analysen er basert på kort historikk.<sup>12</sup>

Bruk av ulike metode og ulike forutsetninger vil kunne påvirke CISS. Valg av glattingsparameter for å beregne historiske korrelasjoner virker ikke å være av stor betydning i normale tider, men påvirker forløpet noe under krisetider, se figur 3a. Ved en høyere glattingsparameter har toppene i indikatoren vært litt lavere, noe som var særlig tydelig under finanskrisen. Det skyldes at i perioder

<sup>12</sup>De har data for CISS fra 1999 til 2014.

med høyt stress i alle markedene, legges det større vekt på historiske korrelasjoner hvor markedene har vært mindre positivt korrelerte. Konsekvensen er et større bidrag fra korrelasjonene under finanskrisen og statsgjeldskrisen og det resulterte i en lavere CISS.

Figur 3b viser at CISS påvirkes lite av om rangeringen av observasjonene gjøres rekursivt eller simultant. Et unntak er at den rekursive indikatoren økte noe tidligere før finanskrisen. Det har sammenheng med at stressnivået var lavt i årene før krisen. Når vi på et gitt tidspunkt rangerer rekursivt, ser vi bort i fra observasjoner etter dette punktet. Noe økning i stressnivået i forkant av finanskrisen førte dermed til et høyt nivå på det tidspunktet sammenlignet med de foregående årene. Det resulterte at CISS økte markant. Ved simultan rangering var CISS noe lavere siden rangeringen baseres på hele datasettet, som også vil inkludere perioder med høyt stressnivå som finanskrisen og statsgjeldskrisen.

I flere land har myndighetene utviklet CISS basert på Holló et al. (2012). Den metodiske likheten gjør det mulig å sammenligne indikatoren på tvers av land og skille mellom begivenheter som leder til stress i alle og enkeltland. Historisk har CISS for Norge i stor grad samvariert med andre land i euroområdet, se figur 3c. Det har sammenheng med at finansiell uro internasjonalt normalt sprer seg raskt til små åpne økonomier, som den norske. Det har likevel vært perioder med noe ulik utvikling. For eksempel under statsgjeldskrisen var CISS for Norge noe lavere enn i euroområdet.

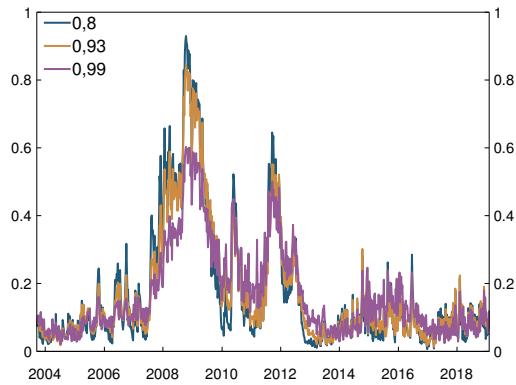
## 4 Avslutning

I dette *Staff memoet* har vi presentert en revidert CISS for Norge. Indikatoren følger nå i større grad rammeverket i Holló et al. (2012), i likhet med ECB og flere andre sentralbanker i Europa. Det gjør den norske indikatoren mer sammenlignbar med andre land, og internasjonale studier av indikatoren vil også være mer relevante for Norge.

CISS gir et samlet mål på stressnivået i det finansielle systemet. Den har vist seg som en god indikator for å varsle systemiske bankkriser i samtid eller i nær fremtid. Indikatoren kan inngå i indikatorsettet for beslutningsgrunnlaget for motsyklisk kapitalbuffer, i tråd med anbefaling fra Det europeiske systemrisikorådet.

**Figur 3**

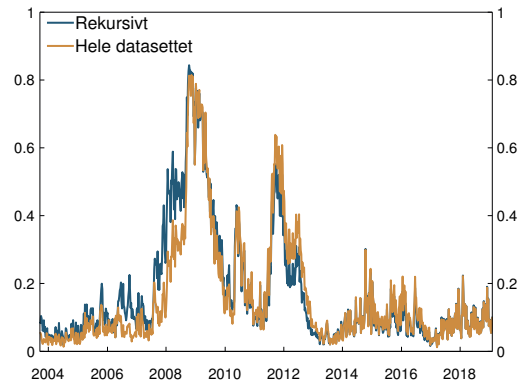
**(a)** Revidert CISS for Norge ved ulike glattingsparameter.<sup>1</sup> Ukentlige data. 15. september 2003 - 4. februar 2019.



1) Estimert simultant fra høsten 2003 til høsten 2006, deretter rekursivt.

Kilder: Bloomberg, DNB Markets, Thomson Reuters Datastream og Norges Bank

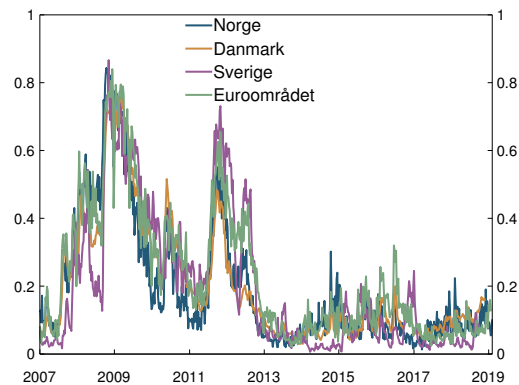
**(b)** Revidert CISS for Norge ved rangering rekursivt<sup>1</sup> versus simultant for hele datasettet. Ukentlige data. 15. september 2003 - 4. februar 2019.



1) Estimert simultant fra høsten 2003 til høsten 2006, deretter rekursivt.

Kilder: Bloomberg, DNB Markets, Thomson Reuters Datastream og Norges Bank

**(c)** CISS for Norge, Sverige, Danmark og euroområdet.<sup>1</sup> Ukentlige data.



1) Det er noen forskjeller i metodikken mellom landene. Det vil derfor være lite hensiktsmessig å se på små avvik. Sluttdatoen varierer også mellom landene.

Kilder: Bloomberg, Det Systemiske Risikoråd, DNB Markets, ECB, Finansinspektionen, Thomson Reuters Datastream og Norges Bank



## Referanser

- Bonthron, F. and T. Johansson (2013). Further development of the index for financial stress for Sweden. Technical report, Riksbanken.
- Detken, C. e. a. (2014). Operationalising the countercyclical capital buffer: indicator selection, threshold identification and calibration options. Technical report, European Systemic Risk Board.
- ESRB (2014). Recommendation of the european systemic risk board of 18 june 2014 on guidance for setting countercyclical buffer rates. Technical report, European Systemic Risk Board.
- Holló, D., M. Kremer, and M. L. Duca. (2012). CISS - A composite indicator of systemic stress in the financial system. Technical report, European Central Bank.
- Nationalbanken (2014). Financial stability 2nd half 2014. Financial stability report 2/14, Danmarks Nationalbank.
- Norges Bank (2013). Kriterier for en god motsyklisk kapitalbuffer. Norges Bank Memo 1/13, Norges Bank.
- Wen, Y. (2015). A composite indicator of systemic stress(CISS) for Norway - A reference indicator for the reduction of the countercyclical capital buffer. Technical report, Norges Bank.

## Appendiks A. En nærmere beskrivelse av underindikatorerne i CISS

### Underindikatorer i pengemarkedet

- Realisert volatilitet for 3-måneders NIBOR. NIBOR reflekterer renten på usikrede lån i norske kroner mellom banker. Høyere volatilitet i 3-måneders NIBOR innebærer derfor økt usikkerhet i det norske interbankmarkedet og kan være et uttrykk for økt press på bankenes likviditetshåndtering. Volatiliteten beregnes som det ukentlige snittet av absoluttverdien til den daglige endringen i 3-måneders NIBOR. Kilde: Norges Bank
- Differanse mellom 3-måneders NIBOR og renten på 3-måneders statskasseveksler. Denne marginen kan sees på som en risikopremie en bank krever for å låne ut til en annen bank sammenlignet med å låne ut til staten. Høyere differanse indikerer økt usikkerhet i pengemarkedet. Kilde: Norges Bank
- Differanse mellom 3-måneders NIBOR og styringsrenten. Til forskjell fra renten på statskasseveksler som påvirkes av tilbuds- og etterspørselsforhold, bestemmes styringsrenten av sentralbanken. Endringer i sentralbankens styringsrente vil i stabile tider ha sterkt gjennomslag i 3-måneders NIBOR, fordi de påvirker forventningene om rentenivået fremover. I perioder med stress kan differansen mellom 3-måneders NIBOR og styringsrenten øke på grunn av høyere risikopremier i pengemarkedsrentene. Høyere differanse indikerer større usikkerhet i pengemarkedet. Kilde: Norges Bank

### Underindikatorer i obligasjonsmarkedet

- Realisert volatilitet for renten på 10-års norsk statsobligasjon. Høyere volatilitet i renten på 10-års norsk statsobligasjon kan signalisere usikkerhet om det fremtidige rentenivået blant markedsaktørene. Volatiliteten beregnes som det ukentlige snittet av absoluttverdien til den daglige endringen i 10-års norsk statsobligasjon. Kilde: Norges Bank
- Differanse mellom 10-års swaprente og renten på 10-års norsk statsobligasjon. Swaprenten er fastrenten i en rentebytteavtale. Siden bankene er de største aktørene i rentebyttemarkedet, vil swaprenten til en viss grad reflektere kredittrisikoen i banksektoren. Økt differanse mellom swap- og statsrente vil derfor reflektere at oppfatningen av kredittrisikoen i banksektoren har økt. Kilder: Thomson Reuters Datastream og Norges Bank
- Differanse i renten på obligasjoner utstedt av ikke-finansielle lavrisikoforetak innen kraftforsyning og statsobligasjoner (5-års løpetid). Denne rentedifferansen gir en indikasjon på kreditt- og likviditetsrisiko i obligasjonsmarkedet. Rentedifferansen øker normalt i perioder med finansielt stress hvor statsrentene faller på grunn av investorenes ønske om trygge plasseringer, og rentene på obligasjoner utstedt av ikke-finansielle foretak øker på grunn av høyere kreditt- og likviditetspremie. Kilder: DNB Markets og Norges Bank

## Underindikatorer i aksjemarkedet

- Realisert volatilitet på Oslo Børs Hovedindeks. Høyere volatilitet i hovedindeksen gir indikasjoner om større usikkerhet knyttet til verdien til bedriftene notert på Oslo Børs. Høy volatilitet kan svekke aksjemarkedets funksjon og gjøre det vanskeligere for bedrifter å hente finansiering. Høyere verdi indikerer derfor økt finansielt stress. Denne underindikatoren er beregnet som ukentlig gjennomsnitt av den absolutte logaritmiske avkastningen. Kilde: Thomson Reuters Datastream
- Maksimalt tap siste 2 år OSBEX (CMAX). Denne indikatoren gir et estimat på tapet en investor maksimalt kan få dersom aksjene ble kjøpt på det tidspunktet i løpet av de siste to årene hvor prisen var på det høyeste. En høy verdi indikerer at mange investorer kan ha opplevd store tap og kan være sårbare for ytterligere prisfall i aksjemarkedet. I tillegg vil det kunne være dyrt for selskap å emittere nye aksjer. Kilde: Thomson Reuters Datastream
- Illikviditetsmål (Amihuds illikviditetsmål). Et likvid marked kjennetegnes ved at man raskt kan selge eller kjøpe store kvanta av en vare uten at prisen for varen må endres. Denne underindikatoren er ment å fange opp dette aspektet. Den estimeres ved å ta det ukentlige snittet av absoluttverdien av avkastning delt på den daglige omsetningen. Høyere verdi innebærer større prisbevegelser per omsetningsvolum og følgelig lavere markedslikviditet. Kilder: Bloomberg og Thomson Reuters Datastream

## Underindikatorer i bankmarkedet

- Volatilitet i den idiosynkratiske avkastningen på egenkapitalbevisbanker. Denne indikatoren anslår den idiosynkratiske risikoen for egenkapitalbevisbanker notert på Oslo Børs. Hvis den øker, indikerer det økt usikkerhet blant investorer knyttet til norsk banksektor. Den generelle markedsrisikoen er allerede hensyntatt i indikatoren «*Realisert volatilitet i Oslo Børs Hovedindeks*». Den idiosynkratiske risikoen er residualen fra følgende regresjon:

$$r_t^{OSEEX} = \beta_0 + \beta_1 r_t^{OSEBX} + \varepsilon_t \quad (\text{A.1})$$

hvor  $r_t^{OSEEX}$  og  $r_t^{OSEBX}$  er henholdsvis avkastningen for egenkapitalindeksen og Oslo Børs Hovedindeks. Kilde: Thomson Reuters Datastream

- Differanse i risikopremie mellom obligasjoner utstedt av finansielle foretak (banker) og ikke-finansielle foretak innen kraftforsyning i lavrisikosegmentet (5 års løpetid). Denne underindikatoren øker når risikopåslagene i de finansielle foretakene øker mer enn påslagene i de ikke-finansielle foretakene. Kilde: DNB Markets
- CMAX ganger den inverse pris/bok-raten for Oslo Børs sin indeks for finansiell sektor (OSE40GI). Denne indikatoren er høy hvis aksjemarkedet har falt over tid og de finansielle foretakenes bokførte verdier er høye i forhold til markedets vurderinger. I en slik situasjon kan finansforetakene allerede ha hatt store tap, og investorene kan vente tap også fremover.

$$Int_t^{financials} = \sqrt{CMAX_t^{financials} * PB_t^{financials}^{-1}} \quad (\text{A.2})$$

hvor  $CMAx_t^{financials}$  er maksimalt tap siste to år og  $PB_t^{financials^{-1}}$  er den inverse av pris/bok-raten til finansielle foretak i Oslo Børs indeks for finansiell sektor. Kilder: Bloomberg og Thomson Reuters Datastream

### Underindikatorer i valuta- og råvaremarkedet

- Realisert volatilitet USD/NOK og EUR/NOK. Verdien av norske kroner påvirkes av makroøkonomisk og finansiell informasjon. Dersom det oppstår usikkerhet i de finansielle markedene, kan kapitalstrømmer inn og ut av Norge skape økt volatilitet i norske kroner. Økt valutakursvolatilitet gjør det blant annet dyrere for bedrifter og finansielle foretak å håndtere valutakursrisiko og kan igjen svekke mulighetene for å hente finansiering i utenlandsk valuta. Norske banker og OMF-foretak henter en betydelig andel av sin finansiering i utenlandske markeder. Økt valutakursvolatilitet kan derfor bidra til å øke den generelle systemrisikoen i det finansielle systemet. Underindikatorerne beregnes som ukentlig gjennomsnitt av den absolutte logaritmiske endringen i valutakursen. Kilde: Norges Bank
- Realisert volatilitet i oljeprisen (Brent Crude oil). Fluktuasjoner i oljeprisen kan ha stor betydning for både det finansielle systemet og norsk realøkonomi. Høy volatilitet i oljeprisen kan for eksempel smitte over i høy volatilitet i aksje- og valutakurser. Det kan også gi tap for investorer som er eksponert mot oljesektoren og videre gi økte risikopremier også for andre næringer. Høyere verdi på denne underindikatoren reflekterer derfor økt stressnivå. Underindikatoren beregnes som ukentlig gjennomsnitt av den absolutte logaritmiske endringen i oljeprisen. Kilde: Thomson Reuters Datastream

## Appendiks B. Tekniske beregninger

### Anslått volatilitet

Omtrent halvparten av underindikatorene er estimert basert på et enkelt volatilitetsmål:

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m abs(r_i) \quad (\text{B.2})$$

hvor  $m$  er antall dager i uken,  $abs$  er absoluttverdien og  $r$  er råserien for underindikator  $i$ .

### Rangering av observasjoner

Anta at vi har følgende tidsserie for variabel  $X : x_1, x_2, \dots, x_n$ , hvor totalt antall observasjoner er lik  $n$ . Deretter rangeres denne serien fra lavest til høyest verdi i en ny serie:  $y_1, y_2, \dots, y_n$ , hvor  $y_1 \leq y_2 \leq y_3 \dots \leq y_n$ . Den rangerte verdien,  $z_t$ , til observasjon,  $x_t$ , beregnes basert på den empiriske kumulative distribusjonsfunksjonen  $F_n(x_t)$

$$z_t = F_n(x_t) = \begin{cases} \frac{r}{n}, & \text{for } y_r \leq x_t \leq y_{r+1}, r = 1, 2, \dots, n - 1 \\ 1, & \text{for } x_t = y_n \end{cases} \quad (\text{B.3})$$

for  $t = 1, 2, \dots, n$ . Den empiriske kumulative fordelingsfunksjonen,  $F_n(x^*)$ , måler antall observasjoner som ikke overstiger en spesifikk verdi,  $x^*$ , delt på antall observasjoner i datasettet. I denne formelen rangeres alle observasjonene simultant. Ved rekursiv rangering på et ekspanderende utvalg må formelen modifiseres noe, se Holló et al. (2012).

### Estimering av korrelasjonene og beregning av CISS

CISS på tidspunkt  $t$  beregnes på følgende måte:

$$CISS_t = (w * s_t) C_t (w * s_t)^T \quad (\text{B.4})$$

hvor  $w = [w_1 \ w_2 \ w_3 \ w_4 \ w_5]$  er en vektor med konstant vektning av de ulike delmarkedene,  $s_t = [s_{1,t} \ s_{2,t} \ s_{3,t} \ s_{4,t} \ s_{5,t}]$  er stressnivået i hvert delmarked på tidspunkt  $t$ , og  $*$  markerer elementvis multiplikasjon av vektorer.  $C_t$  er en matrise for tidsvarierende koeffisientene for krysskorrelasjon mellom delmarked  $i$  og  $j$ :

$$\begin{pmatrix} 1 & \rho_{12,t} & \rho_{13,t} & \rho_{14,t} & \rho_{15,t} \\ \rho_{12,t} & 1 & \rho_{23,t} & \rho_{24,t} & \rho_{25,t} \\ \rho_{13,t} & \rho_{23,t} & 1 & \rho_{34,t} & \rho_{35,t} \\ \rho_{14,t} & \rho_{24,t} & \rho_{34,t} & 1 & \rho_{45,t} \\ \rho_{15,t} & \rho_{25,t} & \rho_{35,t} & \rho_{45,t} & 1 \end{pmatrix} \quad (\text{B.5})$$

De tidsvarierende krysskorrelasjonene,  $\rho_{ij,t}$ , estimeres rekursivt. Metoden som benyttes er et

eksponentielt glidende snitt med kovarianse  $\sigma_{ij,t}$  og volatilitet  $\sigma_{i,t}^2$ , som approksimeres med følgende formler:

$$\sigma_{ij,t} = \lambda\sigma_{ij,t-1} + (1 - \lambda)\tilde{s}_{i,t}\tilde{s}_{j,t} \quad (\text{B.6})$$

$$\sigma_{i,t}^2 = \lambda\sigma_{i,t-1}^2 + (1 - \lambda)\tilde{s}_{i,t}^2 \quad (\text{B.7})$$

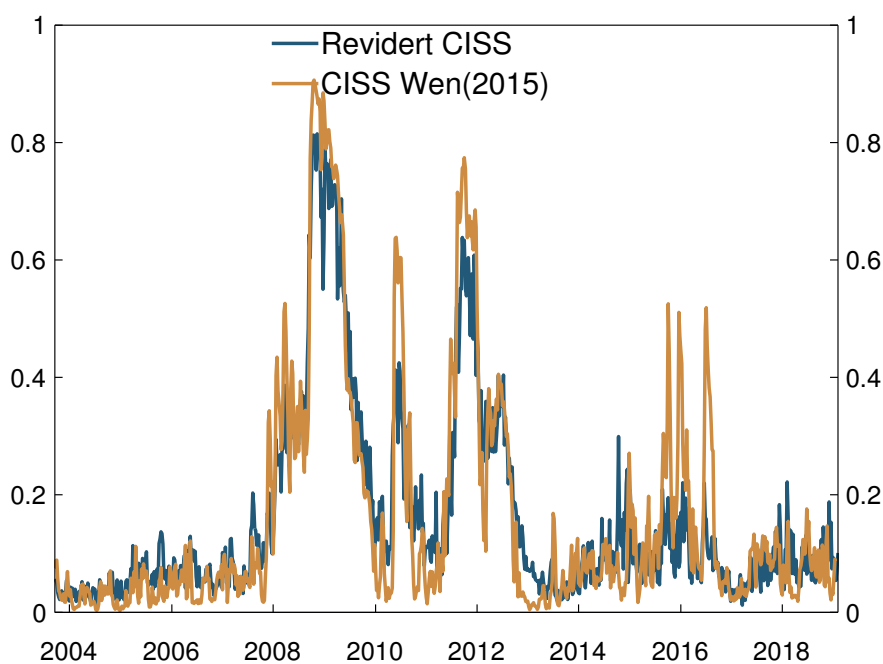
$$\rho_{ij,t} = \sigma_{ij,t}/(\sigma_{i,t}\sigma_{j,t}) \quad (\text{B.8})$$

hvor  $i = 1, \dots, 5$ ,  $j = 1, \dots, 5$  og  $\tilde{s}_{i,t} = (s_{i,t} - 0,5)$  viser stressnivået i hvert delmarked fratrukket deres teoretiske median på  $0,5$ . Glattingparameteren,  $\lambda$ , er i likhet i Holló et al. (2012) satt lik  $0,93$ .

## Appendiks C. Sammenligning av revidert CISS for Norge med indikatoren presentert i Wen (2015)

Vi har oppdatert indikatoren fra Wen (2015) med nye tall og sammenlignet den med CISS konstruert i dette *Staff Memoet*, se figur C.1. Indikatorene har utviklet seg nokså likt, men det har vært noen avvik, særlig i perioden fra høsten 2015 til sommeren 2016 hvor oppdatert CISS basert på Wen (2015) var betydelig høyere. Avviket ble drevet både av at samlet stressnivå var høyere og mindre bidrag fra korrelasjonene. Vi har i stor grad fulgt rammeverket presentert i Holló et al. (2012). Wen (2015) har på visse områder brukt en annen metode, for eksempel benyttes GARCH-modeller til å estimere historiske korrelasjoner og implisitt volatilitet for flere av underindikatorene.

**Figur C.1:** Revidert CISS for Norge sammenlignet med CISS presentert i Wen (2015).<sup>1</sup> Ukentlige data. 15. september 2003 - 21. januar 2019.



1) Rangering basert på hele datasettet.

Kilder: Bloomberg, DNB Markets, Thomson Reuters Datastream og Norges Bank