



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2023 30 stp.**

Fakultet for Miljøvitenskap og Naturforvaltning

Hovedveileder: Dag Fjeld

## **Norsk Eksportpotensial til sentral Tysklands tømmermarked**

Norwegian export potential to the central German  
timber market

**Henri Knackstedt**

Master i skogfag

## Forord

Denne masteroppgaven er utført ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Bakgrunnen for valget av oppgaven er min interesse for logistikk og mine tyske røtter i familien. I denne oppgaven ville jeg undersøke mulig eksportpotensial for Norge. Jeg vil gjerne benytte anledningen til å takke alle som har bidratt til at denne oppgaven ble ferdig. Spesielt vil jeg rette en stor takk til hovedveileder, Dag Fjeld, for godt samarbeid og konstruktiv veiledning til oppgaven. Vil gjerne også si ut en stor takk til Álf sól Lind Benjamínsdóttir, for stor hjelp og morsomme kvelder her på Sorkens.

Henri Knackstedt, Sorknes Gård, Rena, 24.11.2023

## Sammendrag

Hensikten med analysen av eksportpotensial for sagtømmer av gran (*Picea abies* Karst.) tar utgangspunkt i det økende behovet for tømmer i sentral Tyskland etter tørkesommeren 2018 til 2020. Målene med analysen var I) at sammenligne norske og tyske tømmerreglement og II) finne kostnadseffektive logistikkløsninger for eksport. En testmåling ble utført på 24 stokker i henhold til begge reglementene, der det norske målereglementet estimerte 0,6 til 6,5% høyere volum enn det tyske reglement.

Videre så ble det laget en transportoptimeringsmodell for at lokalisere de regioner med lave eksportkostnader til det tyske markedet. Første versjonen av modellen gikk ut ifra at alt volum av gran sagtømmer (ca. 3 600 000 m<sup>3</sup>) var tilgjengelige for eksport. Videre ble den første modellen kjørt med fire scenarier med forskjellige kriterier, for å se forandringene i volumer transportert og logistikkløsninger. Togtransport var det mest kostnadseffektive alternativ og hadde en markedsandel på 73% av det tilgjengelige volumet.

Resultatene overensstemmer ikke med forutsetningene i dagens marked. Analysen ble derfor utvidet med en enkel modul for å simulere konkurranse mellom eksport og lokalt forbruk. Modulen sperrer terminaler innen 60 km fra sagbruk, som fører til at 2/3 av totale volumet (2 623 840 m<sup>3</sup>) blir utilgjengelig, primært fra regioner Innlandet og Viken. Resterende volum viste seg til å stemme godt med dagens eksport volumer. Et oppsiktsvekkende resultat er at Halden tømmerterminal, som i dagens situasjon ligger utenfor konkurransesonen og brukes ikke til eksport av tømmer, muliggjorde tilgang til store volumer (425 000 m<sup>3</sup>).

## Abstract

The analysis of the export potential for spruce sawn timber (*Picea abies* Karst.) is driven by a growing demand in central Germany following the droughts from 2018 to 2020. The analysis aimed to I) compare Norwegian and German timber regulations and II) identify cost-effective logistics solutions for export. A test measurement on 24 logs, following both regulations, revealed that the Norwegian measurements estimated 0.6 to 6.5% higher volume than the German regulations.

Additionally, a transport optimization model was developed to locate regions with low export costs to the German market. The initial model assumed that all volumes of spruce sawn timber (approximately 3 600 000 m<sup>3</sup>) were available for export. Running the model with four scenarios and different criteria showed that rail transport was the most cost-effective option, capturing a 73% market share of the available volume.

However, these results did not align with current market conditions. Therefore, the analysis was expanded with a simple module simulating competition between export and local consumption. This module restricted terminals within 60 km of sawmills, rendering 2/3 of the total volume (2 623 840 m<sup>3</sup>) unavailable, primarily from the Inland and Viken regions. The remaining volume closely matched current export volumes. Notably, the Halden timber terminal, currently outside the competition zones and not used for timber export, enabled access to substantial volumes (425 000 m<sup>3</sup>).

## Innhold

Forord .....	0
Sammendrag .....	1
Abstract .....	2
1.0 Introduksjon .....	5
1.1 Dagens virkesstrømmer .....	6
1.2 Prisetvikling av tømmer mellom Norge og Tyskland .....	9
1.2.1 Målsetting for studien.....	10
2.0 Material og metode.....	12
2.1 Sammenligning av tømmer reglement for virkesmåling i Norge og Tyskland.....	12
2.1.1 De tre ulike volum målemetodene.....	13
2.1.2 Diameterstortering av stokker i Tyskland .....	14
2.1.3 Stokk prøver og inndeling i klasser. ....	14
2.2 Avvirkning av gran sagtømmer i Norge over de siste fem år .....	15
2.3 Transportkostnader for ulike logistikk-løsninger .....	17
2.3.1 Avstands matriser.....	19
2.3.2 Kostnadsfunksjoner for veitransport med lastebil.....	21
2.3.2 Kostnadsfunksjoner for jernbanetransport .....	24
2.3.3 Kostnadsfunksjoner for sjøtransport .....	25
2.4 Effekt av kostnadsendringer for transportmuligheter. ....	26
2.5 Spesifisering av transportoptimaliseringsmodellen .....	28
2.6 Bortfall av volumer i henhold til konkurranse med norske sagbruk .....	33
3.0 Resultat .....	35
3.1 Beregnet forskjeller av volumer på grunn av ulike målemetoder .....	35
3.2 En sammenligning av norsk og tysk målereglement .....	36
3.2.1 Kvist.....	36
3.2.2 Ulikheter mellom reglementene i henhold til vekst. ....	37
3.2.3 Ulikheter mellom reglementene i henhold til sprekk.....	38
3.2.4 Ulikheter mellom reglementene i henhold til virkesskader .....	39
3.3 Effekt av ulike scenario på volum transportert og kostnader .....	40
3.3.1 Standard scenario for kostnad og transportert volum.....	41
3.4 Beregnet eksportpotensial fra Norge til Tyskland under standard scenario.....	43
3.4.1 Bortfall av volumer etter simulert konkurranse med norske sagbruk .....	44
4.0 Diskusjon.....	48
4.1 Betydningen av fremtidig råstoff leveranse til mellom Europa.....	48

---

4.2 Forskjeller i tømmermåling mellom Norge og Tyskland .....	50
4.3 Beregnet eksportpotensial .....	52
5.0 Konklusjon .....	56
Vedlegg .....	57
Figur liste .....	62
Tabell liste .....	62
Formel liste .....	63
Referanser .....	64

## 1.0 Introduksjon

Interessen for denne master oppgaven kommer fra Tyskland, som ble rammet av barkbillekrisen og betydelige forskyvninger i tilgjengeligheten av gran sagtømmer. Denne oppgaven bruker sagbrukets beliggenhet i sentrale delen av Tyskland som utgangspunkt for alle beregninger. Dette ble nærmere bestemt til byen Brilon i Sauerland. Barkbillekrisen i denne delen av Tyskland har ført til store skader på grantrærne, noe som har påvirket tilgangen på tømmer for sagbrukene. Dette har igjen skapt usikkerhet rundt forsynings situasjonen og påvirket sagbrukets årlige produksjon.

Klimaendringene skaper nå store utfordringer for skogbrukene i Tyskland. I 2018 opplevde både Norge og Tyskland en tørr sommer som hadde innvirkning på tømmer situasjonen i Europa. Tyskland hadde spesielt store problemer med varme og tørke i 2018. Store deler av granbestanden tørket ut og/eller ble ødelagt av barkbiller, spesielt i regionene mellom 100-400 moh. Dette gjelder spesielt områdene Nordrhein-Westfalen, Hessen og Thüringen videre omtalt som sentral Tyskland. Der ble det registrert opptil 50% tap av stående kubikkmasse, derav 90% gran, hovedsakelig i hogstklasse III-V (C 2022). Dette antas å føre til redusert tilgang på sagtømmer gran innenfor geografiske området sagbruket har historisk gjort sitt innkjøp. Når det gjelder målemetoder og sortimenter, er det relevant å undersøke hvilke krav og preferanser som finnes i markedet og eventuelle forskjeller mellom Norge og Tyskland.

Gjennom en grundig analyse av markedspotensialet, vurdering av målemetoder og sortimenter kan denne oppgaven bidra til å identifisere strategiske løsninger for sagbruket til å anskaffe tømmer. Resultatene kan gi innsikt og veiledning for å gjenoppbygge og utvikle sagbrukets virksomhet i henhold til utfordringene på tilgang til lokalt sagtømmer.

I 2019 ble det hogd omtrent 11,6 millioner m<sup>3</sup> tømmer i Norge (SSB 2023), som genererte en inntekt på 4,8 milliarder Norske kroner (NOK). Av denne totale mengden ble 3,6 millioner m<sup>3</sup> eksportert, som utgjør 32,4% av det totale norske tømmer volum (SSB 2023). Hovedsakelig har Norge eksportert tømmer til Sverige, hvor av de største volumene er massevirke.

I Tyskland ble det hogd 76 millioner m<sup>3</sup> tømmer i 2016, med en årlig tilvekst på 121 millioner m<sup>3</sup>. Imidlertid viser det seg at Tyskland hadde et forbruk på 156,4 millioner m<sup>3</sup> i 2015, noe som betyr at landet er avhengig av import av tømmer fra utlandet (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2022).

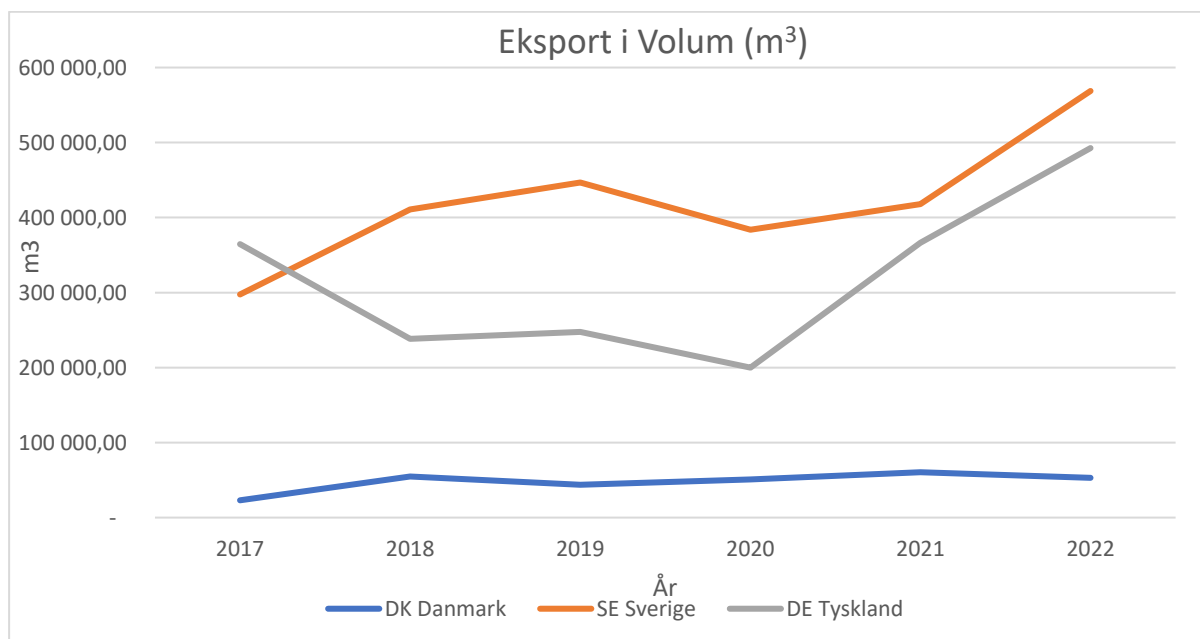
Volumberegning av tømmer er også en viktig del av eksportprosessen. I Tyskland er kvalitetssorteringen av tømmer statlig regulert og i stor grad favoriserer tømmerseilgerne. Dette har en historisk bakgrunn, hvor skogbruket sto politisk sterkere enn de ofte småsagbrukene rundt om i landet.

De nye forskriftene i reguleringen til det europeiske økonomiske felleskap (EØF) avvirket det gamle, nasjonale målereglementet HKS (Handels Klassen Sortierung) i 2008 (FNR 2022) og det ble forhandlet frem en ny kvalitetssortering "Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel" (RVR 2020), som betyr Rammevilkår for handel med rundtømmer. Spesifikasjonene for selve salget blir nå avtalt mellom skogeieren og sagbruket i revisjonen av retningslinjene (FNR 2022).

## 1.1 Dagens virkesstrømmer

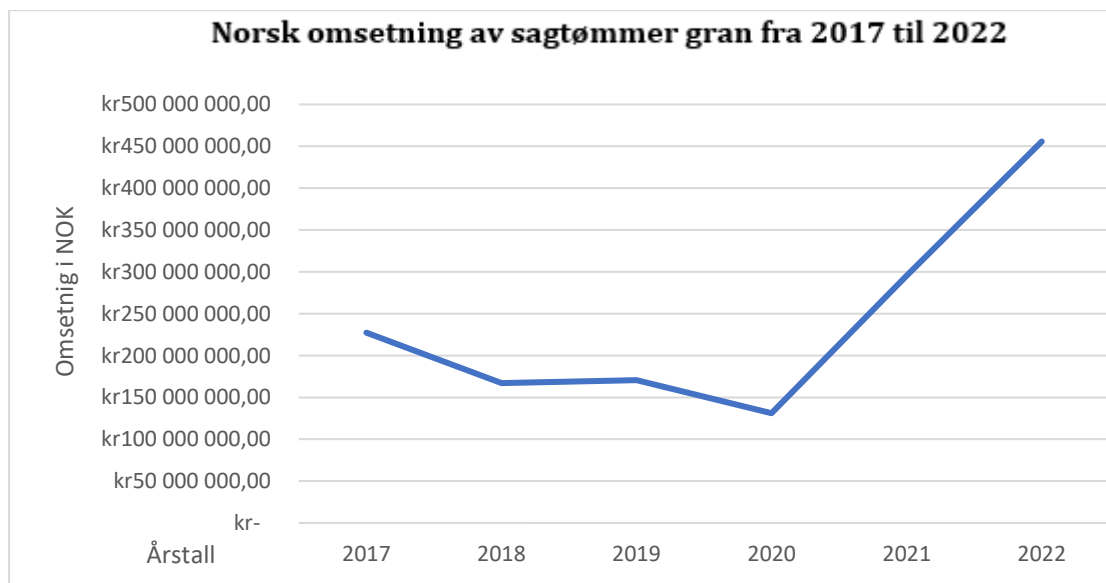
I 2019 ble det hogd rundt 11,6 millioner m<sup>3</sup> tømmer i Norge, hvorav 3,6 millioner m<sup>3</sup> ble eksportert. Av den totale eksporten utgjorde massevirke 60%, og Sverige var den største kjøperen (SSB 2023). Når det gjelder sagtømmer av gran, ble det eksportert 1 438 058 m<sup>3</sup> fra Norge i 2022 (SSB). Tyskland importerte 492 629 m<sup>3</sup> sagtømmer fra Norge i 2022, og gjennomsnittlig importert 318 275 m<sup>3</sup>/år fra Norge i løpet av de siste fem årene. (SSB).





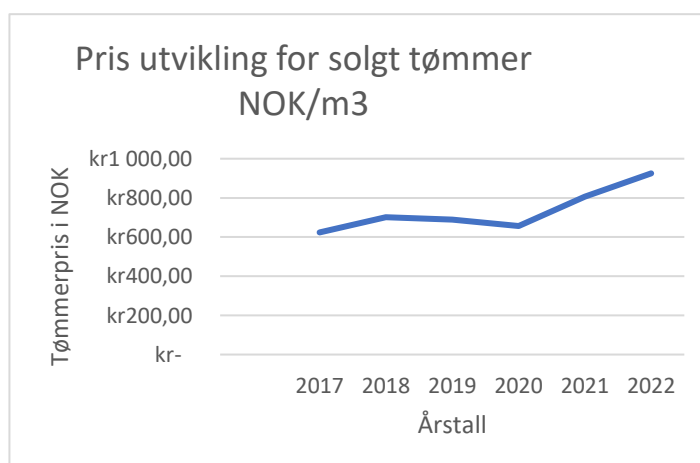
Figur 1-Eksportert sagtømmervolum fra Norge til Danmark, Sverige og Tyskland

Figur 1 illustrerer en økende trend i tysk import av sagtømmer gran. En markant tilbakegang i eksport ble observert etter tørkesommeren i 2018, da markedet for grantømmer var mettet (Wellbrock 2023). Etter 2020 har det vært en betydelig økning i importen, da tilgjengeligheten på gran tømmer har blitt betydelig redusert (Federal Statistical Office: Foreign 2022). Eksporten av sagtømmer gran utgjør en totalverdi på 455 millioner NOK for det norske markedet (SSB) i 2022. Figur 2 viser til en sterk stigning i netto omsetting fra og med 2020 og frem til 2022.



Figur 2 - Omsetning av sagtømmer gran i eksport, Norges nominelle verdier

Figur 2 viser at det ble totalt eksportert 492 629 m<sup>3</sup> som skapte en omsetning på 455 millioner NOK. Dette gir en verdi på 925 NOK/m<sup>3</sup> solgt ut av Norge. Figur 3 viser til prisøkningen av eksport de siste fem årene der det vises til en økning på 302 NOK/m<sup>3</sup> solgt fra 2017 til 2022. I figuren er det tydelig vekst i pris for sagtømmer

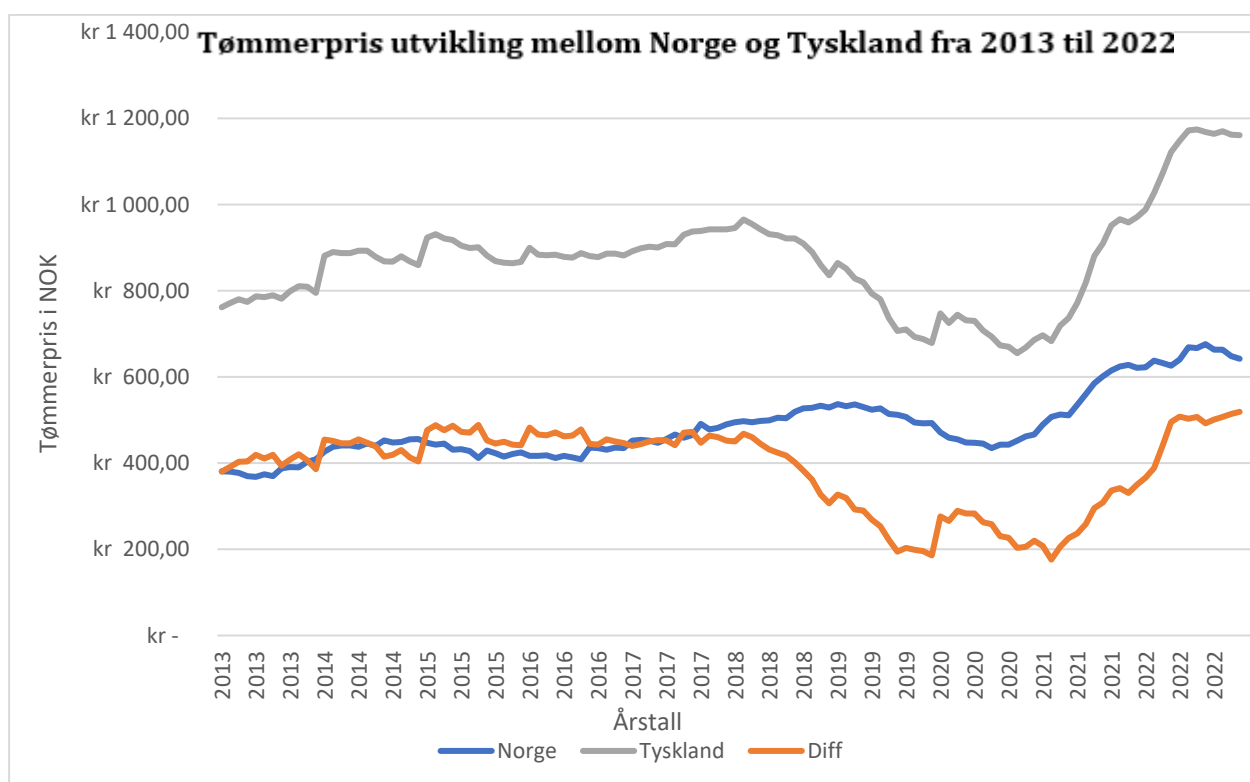


Figur 3- Norges nominelle prisutvikling per NOK/m<sup>3</sup> sagtømmer solgt

gran etter 2020 som korresponderer med økt import og etterspørsel av sagtømmer i Tyskland. Gjennomsnittsprisen i Norge lå i 2022 for sagtømmer gran på 654 NOK/m<sup>3</sup>, som er 271 NOK under eksport prisen. Over de siste fem årene har prisen ved salg av sagtømmer gran til det lokale marked vært 202 NOK/m<sup>3</sup> lavere enn eksportverdien.

## 1.2 Prisutvikling av tømmer mellom Norge og Tyskland.

Forutsetningen for eksport er at det er et overskudd av en type vare og derfor oppnår en lavere pris i land A i forhold til land B. Derfor er en sammenligning av tømmer priser grunnlaget for mulig eksport. Utfordringene ved å finne nøyaktige tømmer priser kommer av uforutsigbart i tømmermarkedet. Fluktuerende tømmer priser gjør det vanskelig for å predikere utvikling. Denne oppgaven benytter et statistisk gjennomsnitt, fra hele landet, både for Norge og Tyskland. Oversikt over prisutviklingen har blitt hentet fra SSB og det Tyske «Statistisches Bundesamt» (Federal Statistical Office: Foreign 2022).



Figur 4: Tømmerpris utvikling i Norge og Tyskland i NOK. Korrigert med valutakurs henhold til år. (nominelle priser)

Figur 4 viser til prisutviklingen innen sagtømmer gran fra 2013 til 2022 i nominelle norske kroner (NOK). Det er tatt hensyn til valutakursen mellom NOK og euro. Euro har blitt konvertert til NOK ved hjelp av Norges bank vekslingskurs i henhold til hvert år (DNB).

### 1.2.1 Målsetting for studien.

Hovedmålet med denne studien er å undersøke om Norge som eksportland har evnen til å konkurrere i det sentrale tyske tømmermarkedet når det gjelder salg av sagtømmer gran. Delmålene i studien er som følger:

#### *Delmål 1*

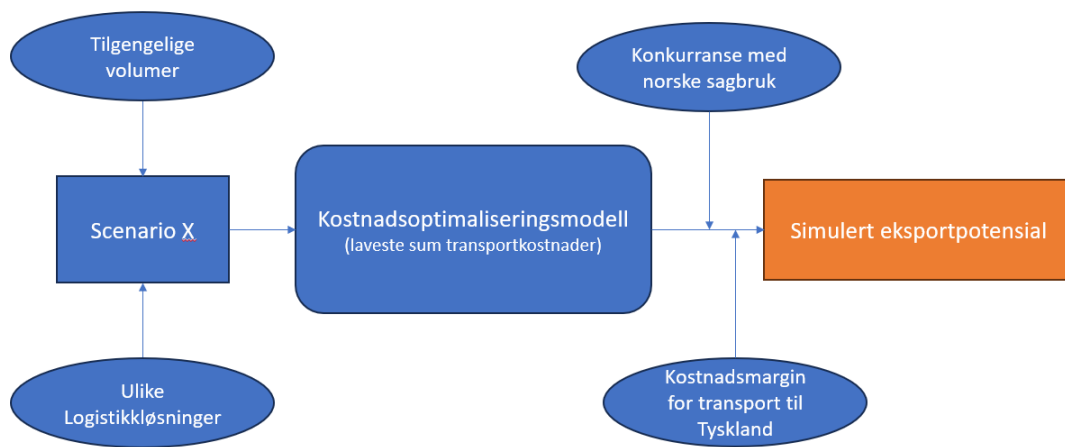
#### **Delmål I**

Delmål en var å undersøke forskjeller i målemetoder. Studien vil gjennomføre en stokkprøve for å sammenligne de forskjellige målemetodene som brukes i Norge og Tyskland til å vurdere volum og klassifisere sagtømmerkvaliten. Dette vil bidra til å identifisere eventuelle forskjeller og utfordringer knyttet til harmonisering av målemetoder mellom de to landene. Videre skal det gjennomføres en direkte sammenligning mellom reglementene for å se eventuelle forskjeller i kvalitet som ønskes hos kjøper.

#### *Delmål 2*

#### **Delmål II**

Delmål to var å finne effektive logistikkløsninger inne eksport av gran sagtømmer til Sentral-Tyskland. Fokuset ligger på å finne de laveste transportkostnadene for tømmer som skal transporteres. Analysen inkluderer forsyning fra alle norske kommuner til et sagbruk i Sentral-Tyskland (Brilon). Videre skal det analyseres om tømmer skal transporteres med jernbane eller via sjøveien. Det skal også bli sett på begrensinger for eksporten som sterk konkurranse og kostnadsmargin for begrensning av eksport muligheter.



Figur 5- beskriver overordnede modellen av oppgaven.

Figur 5 viser i korte trekk fremgangen for å finne eksportpotensialet.

Kostnadsoptimaliseringsmodellen skal bruke de tilgjengelige volumene i kommunen og finne ulike logistiske løsninger for eksporten i henhold til et gitt scenario. Modellen vil finne kombinasjonen som har lavest transportkostnad i NOK/m<sup>3</sup>. En enkel konkurransemodell skal simulere konkurranse og begrense tilgjengelig volumer for eksport. Videre vil det settes en «smertegrense» som er differansen mellom gjennomsnittlig tømmerpris mellom Norge og Tyskland.

## 2.0 Material og metode.

Fremgangsmåten for undersøkelsen av delmål I og II. For delmål I legges det spesiell vekt på forskjellene mellom kvalitets kjennetegn på målereglemagene fra Norge og Tyskland. Videre er det interessant hvilke forskjeller det befinner seg mellom målemetodene. Framgangsmåten for Delmål II beskrives hovedsakelig i oppbyggingen av kostnadsopptimeringsmodellen. Tilleggs punkt er hvordan modellen vil ta hensyn til konkurranse og endringer i markedet.

### 2.1 Sammenligning av tømmer reglement for virkesmåling i Norge og Tyskland.

En sammenligning mellom tømmer reglementene fra begge land ble utført. Fra Norge ble toleranstabellen sagtømmer gran (Norsk virkesmåling 281117) brukt til å sammenligne med det tyske «Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel» (RVR) (FNR, 3.Aktualiserte Auflage 2022), her etter omtalt som RVR og Testreglement. Kvalitetssorteringen er bruksnøytral og delt inn i fire klasser (DE) kontra to klasser (NO). Verdisystemet blir beskrevet i ulike kvalitetsklasser.

Forutsetningen for sammenligningen i denne oppgaven beskrives slik:

*«Et «standard-kjøp» ligger på 4m og 5m stokker med + 10 cm overkapp. Topp minste diameter 14 cm og maksimal 55 cm rotdiameter. Det skal heller ikke være lengere en 5,40 m. Hovedinteressen er 30-40 cm rotdiameter og topp diameter ikke mindre en 18 cm.»*

RVR inkluderer vedlegg, nummert fra 1-10 viser tilhørende underklassefiseringer (FNR 2022). I henhold til gran sagtømmer benyttes vedlegg VI-a tømmer måling på sagbruket ved hjelp av elektronisk verktøy og VI-b som er manuell virkesmåling på enkelt stammer. For større volumer spesielt innen import av tømmer er VI-a det mest vanlige. På grunn av ulikhetene er det nødvendig å sammenligne den norske og tyske reglementene.

### 2.1.1 De tre ulike volum målemetodene.

Tre ulike metoder for måling av tømmer volum ble vurdert i studien, en tysk målemetode etter RVR, norsk topp målemetode etter testreglementet og norsk midtmålemetode etter testreglementet.

#### 2.1.1.1 Tysk målemetode etter RVR:

Volumet  $\{V\}$  skal beregnes i henhold til formelen:

*Formel 1 - Formel for tømmermåling etter RVR*

$$\pi \times \left(\frac{d_m}{2}\right)^2 \times L_N \times 10^{-4}$$

hvor  $L_N$  er nominell lengde, oppgitt i m, og  $d_m$  er midtdiameter oppgitt i centimeter (cm). Her er  $\pi$  Ludolphs tall med syv desimaler (3,1415926).

Volumet skal avrundes til tre desimaler og oppgis i enheten  $m^3$ .

#### 2.1.1.2 Norsk topp-målemetode etter testreglementet:

I Norge blir diameter for sagtømmer målt på toppen av stokken, kalt toppmål, med en fast avsmalning på en cm/m. Det er diameter toppmål i cm og L lengde av stokken oppgitt i desimeter dm. Her er  $\pi$ , Ludolphs tall, med fire desimaler (3,1415).

Norsk toppmåling er beskrevet i følgende formel:

*Formel 2 - Formel for Norsk toppmåling*

$$V = \frac{\pi}{4} * \left(D_t + \frac{L}{20}\right)^2 * L * \frac{1}{100}$$

### 2.1.1.3 Norsk midt-målemetode etter testreglementet:

Alternativet for innmåling er midmåling, hvor stammen måles på midten av stammen. Denne metoden ligner på den tyske metoden og brukes i Norge til å måle massevirke, men er ikke brukt på sagtømmer gran i dag.  $D_m$  er diameter midtmål opphøyd i andre potens. Her er  $\pi$ , Ludolphs tall, også med fire desimaler (3,1415).  $L$  er lengden på stokken i dm.

Formel for midmåling er som følgende:

*Formel 3 - Formel For Norsk midt-måling*

$$V = \frac{\pi}{4} * D_m^2 * L * \frac{1}{100}$$

### 2.1.2 Diameterstortering av stokker i Tyskland

I Tyskland er det vanlig å sortere stokkene etter diameter klasser avhengig av midt diameteren. Dette igjen angis i styrkeklasse for tømmerstokker i samsvar med inndelingen i Tabell 1.

Ut over klasse "6" kan det dannes ytterligere underklasser ved å fortsette samme inndeling. Inndelingen i underklassene "a" og "b" kan enten utelates helt, fjernes eller utvides til å gjelde alle klasser.

*Tabell 1- beskriver diameter klasser etter RvR*

Stärke-klasse	Mittendurchmesser {d <sub>m</sub> }
0	< 10
1a	10-14 cm
1b	15-19 cm
2a	20-24 cm
2b	25-29 cm
3a	30-34 cm
3b	35-39 cm
4	40-49 cm
5	50-59 cm
6	≥ 60 cm

### 2.1.3 Stokk prøver og inndeling i klasser.

En stokkprøve er når noen stokker blir tatt ut fra en last for målinger. Det kan være for måling av ulike parametere, e.g., volum eller virkesfeil. I denne studien ble stokkprøve tatt for å identifisere eventuelle feil i virkesmålingen. Ulike egenskaper som lengde, diameter og avsmalning ble målt. Disse ble delt inn i fire kategorier basert på diameterklasse. Totalt ble 24 stokker målt, med seks forskjellige stokker i hver av de fire



diameterklassene. Diameter ble oppgitt fra toppmål. Videre ble stokkene delt inn i tre ulike lengder for å kunne identifisere forskjeller mellom korte og lange stokker. Lengdene som ble brukt var 4,20 m, 4,80 m og 5,20 m. Det er viktig å merke seg at denne metoden ekskluderer eventuelle overkapp, krumming eller andre feil i tømmeret.

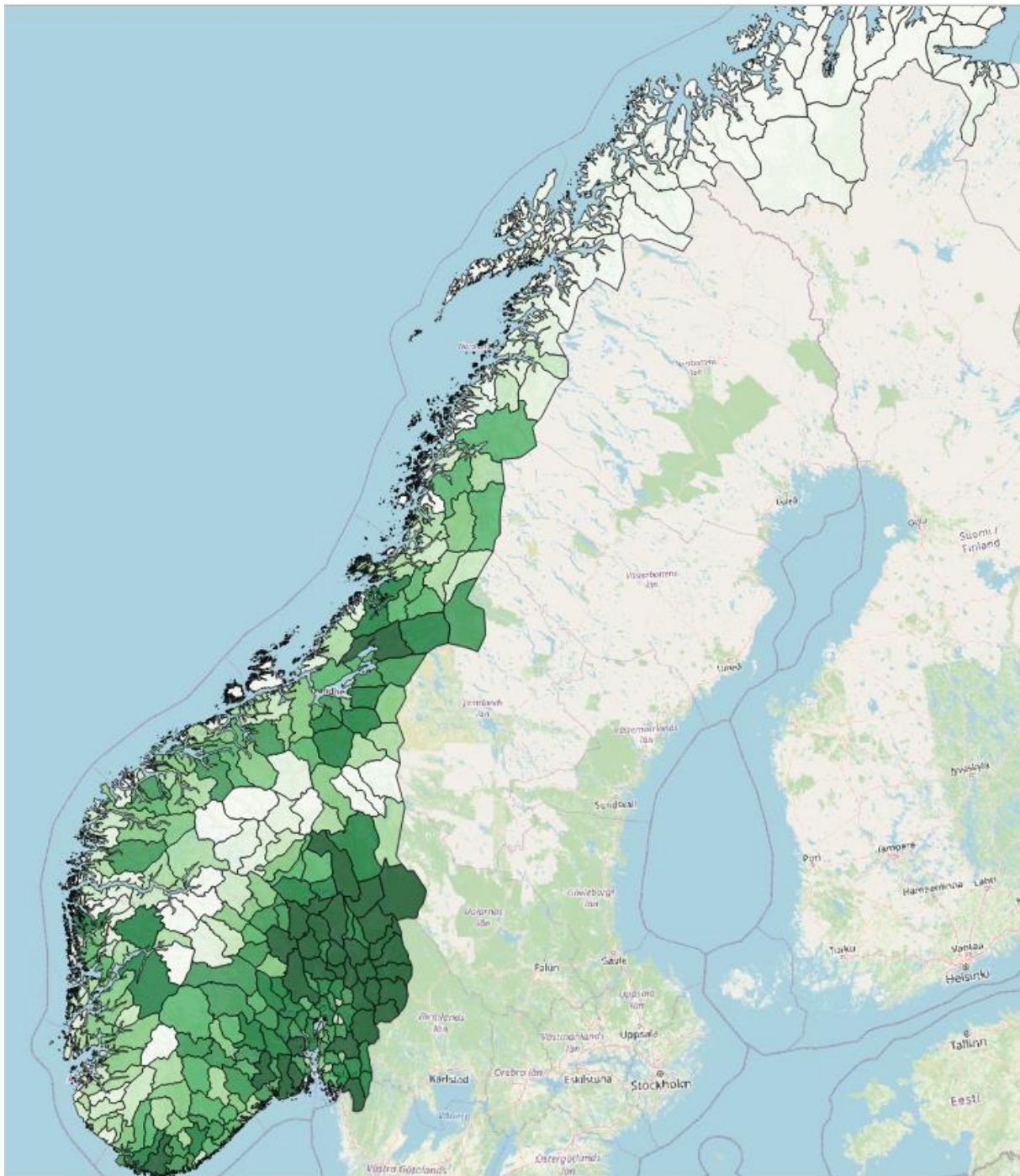
For å kontrollere avsmalningen ble hver lengde delt inn i grupper med stor avsmalning på 1,7 cm/m og stokker med liten avsmalning på 0,3 cm/m.

På disse 24 stokkene ble volumberegninger gjennomført i henhold til de tre måle-metodene som brukes i dagens virkesmåling. Tyske volumberegninger ble testet mot den norske toppmålingsmetoden. I tillegg ble den norske midtmålingsmetoden, som hovedsakelig brukes ved måling av massevirke, også testet.

## 2.2 Avvirkning av gran sagtømmer i Norge over de siste fem år

Tilgjengeligheten av tømmer ble beregnet ved hjelp av statistisk sentralbyrås (SSB) tabell nr.03895, som inneholder data om avvirkning for salg (m<sup>3</sup>) etter region, sortiment, statistikkvariabel og år. Disse tabellene ble brukt for å vurdere tilgjengeligheten av tømmer i hver kommune i perioden 2010 til 2021.

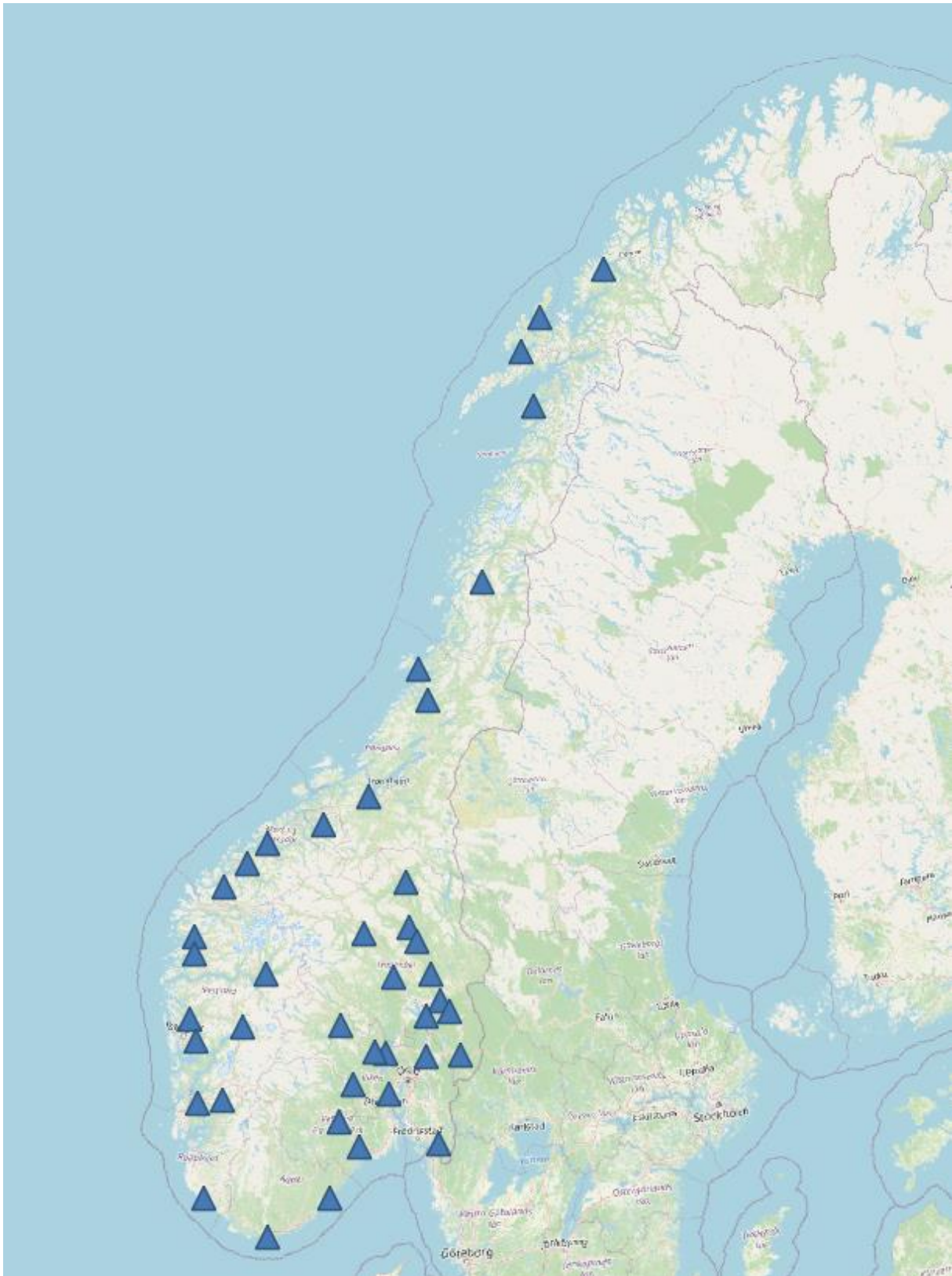
Ved å analysere dataene for hver kommune over denne tidsperioden, ble det regnet ut en gjennomsnittlig volumproduksjon. Dette gir en indikator på tilgjengeligheten av tømmer fra hver kommune og bidrar til å vurdere potensialet for tømmerleveranser. Figur 6 viser en visualisering av volumproduksjon i hver kommune, denne er fargekodet etter mengden hogst i kommunen.



Figur 6- Kart over volumfordeling i Norge på kommunalt nivå. Kartet representerer gjennomsnittlig hogst volum i kommunen. Mørkegrønn representerer arealer med store volumer og hvit er ingen.

### 2.3 Transportkostnader for ulike logistikk-løsninger

Fremgangsmåten for Delmål II, kostnadsoptimering, spiller transportkostnader en betydelig rolle. Utregningen av en realistisk tariff for de forskjellige transportmulighetene viktig for å ikke over- eller underestimer transportkostnadene. Transportmetodene analysert er vei-, sjø- og jernbanetransport. Videre er også avstanden mellom utgangspunkt og destinasjon en påvirkende faktor for lønnsomheten. Figur 7 viser terminalene som ble brukt i analysen og er utgangspunktet til videre transport til Tyskland.

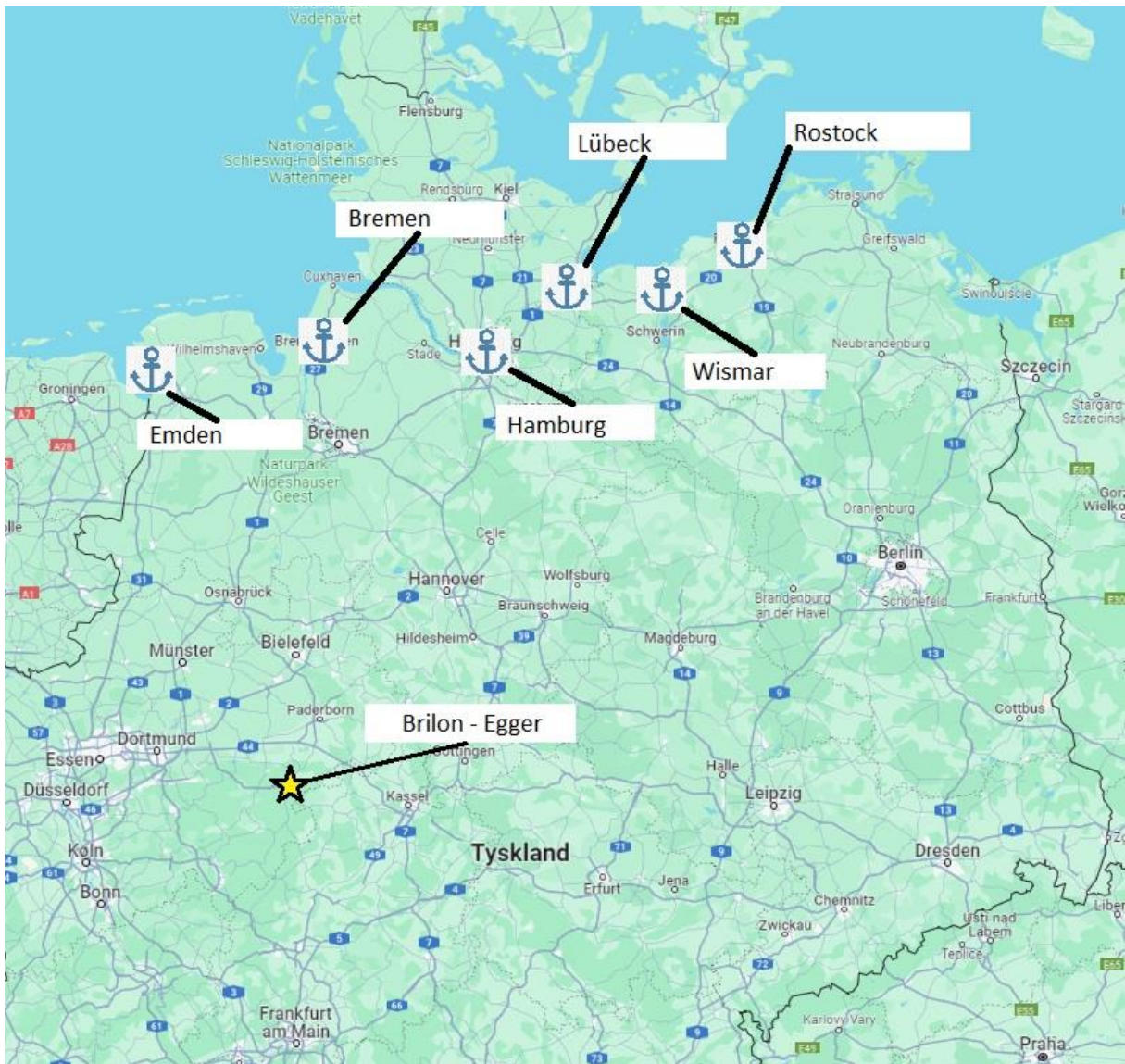


Figur 7 - Kart over Norge som viser terminalene brukt i denne analysen

### 2.3.1 Avstands matriser

En avstandsmatrise er en matematisk representasjon av avstander mellom forskjellige destinasjoner. For utregningen av transportkostnader ble en forenklet avstandsmatrise laget. Denne består av et startpunkt som er kommuner i Norge med gjennomsnittts mengde volum de har til salgs og en måldestinasjon, som er terminalene i Norge som kan brukes til videretransport via jernbane- eller sjøtransport (se også figur 6). Visuelt består matrisen av en horisontal kolonne med navnene til terminaler tilgjengelig for videretransport (Figur 7) og en vertikal kolonne som inneholder kommunens navn og tilhørende gjennomsnittlig volum for salg. Avstanden fra alle kommuner til alle terminaler ble målt i kilometer (km). Tømmeret fra kommune til terminal blir transportert på vei. For videre transport fra terminal til Brilon, blir virke levert via sjø- eller jernbane transport (Figur 8).

Figur 8 viser også havnene brukt i denne analysen og måldestinasjonen. Merkbart er avstanden fra havn til Brilon, som videre kan øke kostnaden for en eventuell sjøtransport.



Figur 8 - Kart over måldestinasjon for analysen Brilon og oversikt over leveringshavnene brukt.

Som Geografisk informasjons verktøy ble QGIS 3.28.2 benyttet. I denne analysen ble programtillegget ORS Tools benyttet for kalkulering av avstand, ved hjelp av «open source»-kart som viser norske veier og jernbane. Ved bruk av Geonorge sine kart over alle kommuner i Norge kan dette sammenføres med gjennomsnittlig årlig hogstvolum fra SSB. Volumet til de forskjellige kommunene ble lagt inn manuelt i attributt Tabellen.

### 2.3.2 Kostnadsfunksjoner for veitransport med lastebil

Prissettingen for lastebiler baseres på vektclasser som er fordelt på fylkene i Norge. I rapporten til (Skjølås, Utvikling av jernbane- og havne-infrastruktur for eksisterende og framtidig industri i områder langs Sørlands- og Bergens-banen 2019) beskrives prisene etter vektklasse for tømmerbiler. Tabell 2 er delt inn i bruksklasser for ulike typer lastebiler og inkluderer faste kostnader per m<sup>3</sup> fraktet tømmer.

Tabell 2 - hentet fra «Utvikling av jernbane- og havne-infrastruktur for eksisterende og framtidig industri i områder langs Sørlands- og Bergens-banen» D. Skjølås 2020

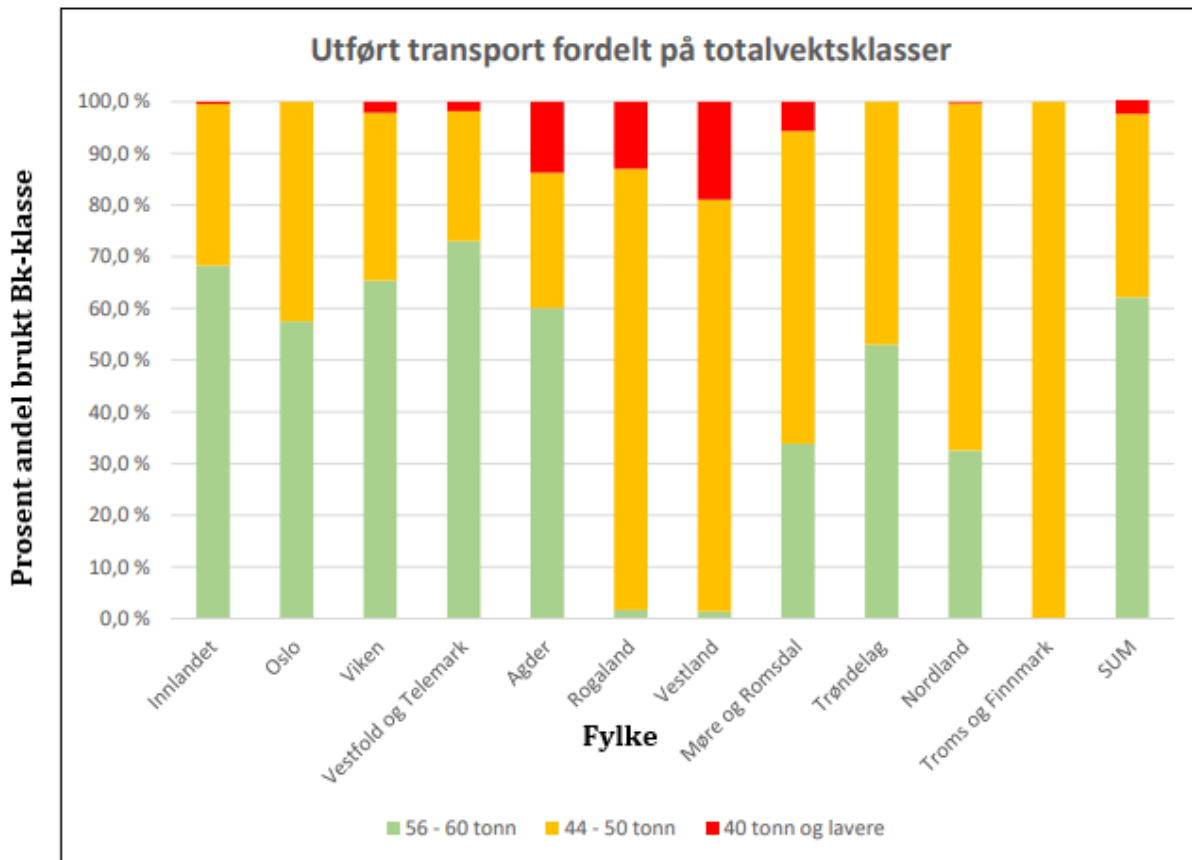
<b>Bruksklasse</b>	<b>Faste kostnader (NOK/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Variabelt ledd, (NOK/m<sup>3</sup>*km)</b>
Bk 8/32	39	1,39
Bk T8/40	35	0,98
Bk T8/50, Bk 10/50	30	0,83
Bk10/56	29	0,77
Bk 10/60	28	0,74

Transportkostnadens variable ledd er kostnaden per km for å transportere en m<sup>3</sup> tømmer. Det er viktig å få med seg at prisen ikke inkluderer kostnader for lasting og lossing.

Tabell 2 viser at klassene med høyest kostnad er biler med totalvekt på 40 tonn eller lavere, e.g., BK T8/40 og BK 8/32. Klassene med lavest kostnad er biler med totalvekter på 50-60 tonn, e.g., BK 10/56 og BK 10/60.

For utregningen av Figur 9 ble dataene hentet fra rapporten (Skjølås og Molstad, Klassifisering av offentlig vegnett og muligheter for effektivisering av tømmertransporten 2021) Rapporten viser vektclassene som brukes i de forskjellige fylkene og deres prosentvise fordeling. Basert på dette kunne en kostnadstabell bli etablert ved å kombinere prisene for vektclassene og prosentandelen av

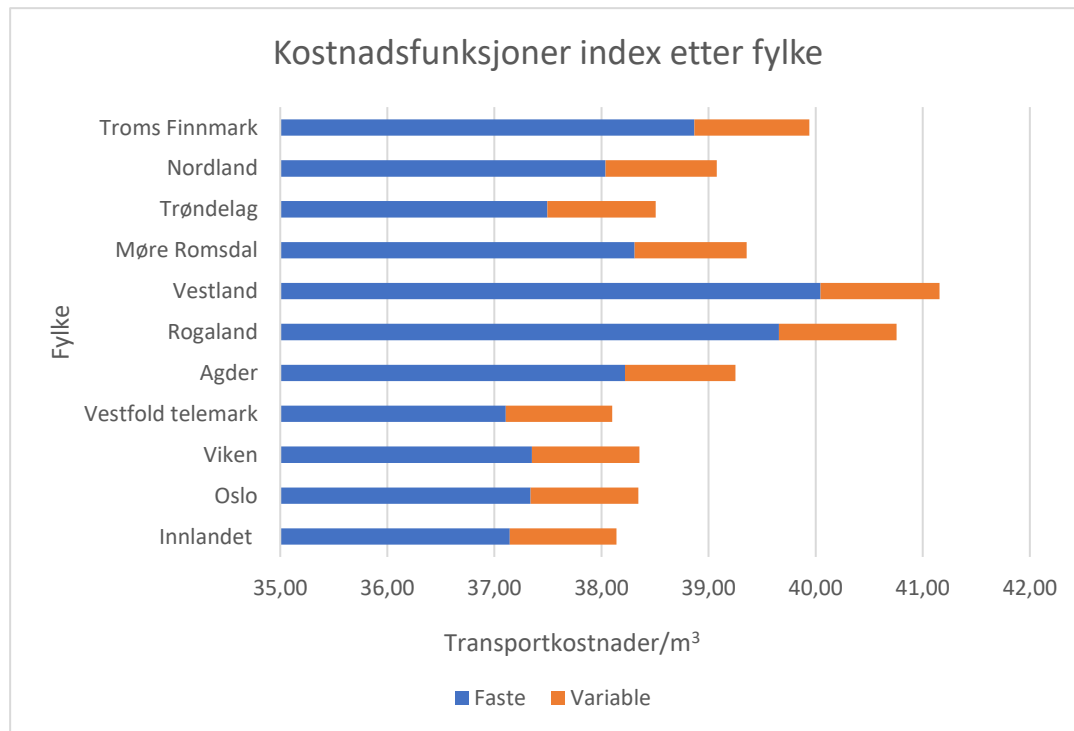
vegklassifiseringen henhold til fylke. Metoden gjør det mulig å etablere en gjennomsnittspris for de forskjellige fylkene, for å komme nærmest mulig ekte priser.



Figur 9 – Viser fordelingen av Bk Klasser i de forskjellige fylkene i Norge. Kilde: O.Molstad et.al 2020

Prisene som ble brukt av og ble derfor justert til første kvartal 2023 i tråd med transportindeksen fra SSB (Skjøllås, Utvikling av jernbane- og havne-infrastruktur for eksisterende og framtidig industri i områder langs Sørlands- og Bergens-banen 2019).





Figur 10- viser fordelingen transport kostnader for veitransport. Blå er faste kostnader i NOK/m<sup>3</sup> og oransje er variable kostnader NOK/m<sup>3</sup>\*km

Figur 10 viser resultatet etter sammenkoblingen mellom Tabell 2 og Figur 7. Vestlandet og Rogaland er fylkene med høyest transportkostnad. Dette kan komme av utforende terreng og lite utbygd veinett egnet for tung transport. Innlandet og Vestfold er områdene med lavest transportkostnader. En påvirkende faktor kan være avstanden mellom kommunen og transportterminalene som vil ha en stor påvirkning på transportkostnaden.

Tabell 3 viser til de endelige kostnadene som ble brukt i kostnadsoptimeringsmodellen. Tallene er en sammensetting av prisene for Bk klassen og prosent andel av Bk klasse brukt i fylket.

Tabell 3- Kostnadstabell for veitransport

<b>Fylker</b>	<b>Faste (NOK/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Variable (NOK/m<sup>3</sup>*km)</b>
Innlandet	37,14	1,00
Oslo	37,34	1,01
Viken	37,35	1,00
Vestfold Telemark	37,10	0,99
Agder	38,22	1,03
Rogaland	39,66	1,10
Vestland	40,05	1,11
Møre Romsdal	38,31	1,05
Trøndelag	37,49	1,01
Nordland	38,04	1,04
Troms Finnmark	38,87	1,08

### 2.3.2 Kostnadsfunksjoner for jernbanetransport

Rapporten fra Dag Skjølås (2019) viser til 45 NOK/m<sup>3</sup> faste kostnader og 0,2 NOK/m<sup>3</sup>\*km variabler (Skjølås, Utvikling av jernbane- og havne-infrastruktur for eksisterende og framtidig industri i områder langs Sørlands- og Bergens-banen 2019). I motsetning til rapporten fra TØI beskriver den 70 NOK/m<sup>3</sup> faste kostnader og 0,2 NOK/m<sup>3</sup>\*km variabler kostnader i (Hovi 2022). På grunn av utfordringer i å finne togpriser tar denne utgangspunkt i et gjennomsnitt av ekstremene 55 NOK/m<sup>3</sup> faste kostnader og 0,225 NOK/m<sup>3</sup>\*km variabler. Kostnadene for jernbane transport vises i Tabell 4, hvor av de faste og variable kostnadene til rapportene og gjennomsnittet blir presentert.

Tabell 4 - Kostnadstabell for jernbanetransport

Kostnads matriser	Faste (NOK/m <sup>3</sup> )	Variable (NOK/m <sup>3</sup> *km)
Gjennomsnitt	55	0,225
D. Skjølås	45	0,2
TØI	70	0,25

### 2.3.3 Kostnadsfunksjoner for sjøtransport

Kostnadsfunksjonen for sjøtransport ble hentet fra artikkelen av Väättäinen (2021) som beskriver en variabel kostnad basert på avstand i nautiske mil (nm) (Kari Väättäinen 2021). Artikkelen tar utgangspunkt i faktiske kostnader som brukes i markedet og er et godt utgangspunkt for etablering av kostnadsfunksjonen. Basert på dette ble det utarbeidet følgende lineære funksjon:

Formel 4 - Lineære funksjon for sjøtransport

$$0,06232268 * X + 70,63692$$

I denne funksjonen representerer X avstanden i nm og inkluderer ikke lasting, lossing eller andre terminalkostnader.

Terminalkostnadene ble hentet fra generell Godstransport rapporten (Grønland 2022) publisert av Transportøkonomisk institutt (TØI) i 2021. Rapporten beskriver kostnad per tonn(t) for lagring på terminaler, inkludert kostnad for ventetid. Rapporten nevner også tre ulike skipstyper med forskjellig lastekapasitet. For å ta hensyn til variasjonen blir en gjennomsnittlig kostnad brukt som utgangspunkt.

Det er også viktig å merke seg at tømmer ikke veier et t/m<sup>3</sup> og blir derfor omregnet basert på informasjon fra rapport til D. Fjeld. Der beskrives det at 1m<sup>3</sup> vanlig gran med 45 % fuktighet tilsvarer 0,91t last. En korreksjonsfaktor (K) blir derfor lagt til for å justere for dette.

Ved bruk av sjøtransport må dette omlastes når den legger til kai. Omlastingen til jernbane og mellomagringen vil føre til ekstra kostnader før videre kjøring til sagbruket.

Formel for kalkulering av transport kostnadsfunksjoner ble som følger:

*Formel 5 Kostnadsfunksjonen for transport med jernbane*

$$TBT = (0,06232268 * A + 70,63692) + (FKT + (B * VKT) + T + (TB * K)$$

(A) – Avstand i nautiske mil

(B) – Avstand jernbane til sagbruk i Brilon (km)

(FKT)-Faste kostnader jernbane (NOK/m<sup>3</sup>)

(VKT)-Variable kostnader jernbane (NOK/m<sup>3</sup>\*km)

(T)-Terminal kostnad jernbane (NOK/m<sup>3</sup>)

(TB)-Terminal kostnad sjø (NOK/m<sup>3</sup>\*nm) måles i gjennomsnitts kostnad for forsendelse for Break bulk skip

(K)-korreksjons faktor for tonn pr fast m<sup>3</sup> under bark last i m<sup>3</sup>.

## 2.4 Effekt av kostnadsendringer for transportmuligheter.

Fire scenarioer ble satt opp for å teste kostnadsoptimeringsmodellen mot eventuelle uforutsette hendelser. Scenariene er som følger:

Scenario 1 - Standard kjøring: I dette scenariet kjører modellen uten noen endringer i pris. Kostnadsoptimeringsmodellen tar hensyn til gjeldende forhold og tar utgangspunkt i eksisterende priser og tilgjengelighet av tømmer på terminalene. Målet er å analysere den nåværende situasjonen og evaluere eksportpotensialet uten noen spesifikke endringer eller hendelser.

Scenario 2 - 10% prisøkning i transport med bil: I dette scenariet introduseres en 10% prisøkning i transportkostnadene knyttet til bruk av veitransport. Dette kan være et resultat av økte drivstoffpriser, endringer i transportpolitikk eller andre faktorer som påvirker kostnadene ved å transportere tømmer med bil. Modellen tar hensyn til pris økningen og vurderer dens innvirkning på eksportmengden og tilgjengeligheten av tømmer på terminalene.

Scenario 3 - 10% prisøkning i transport med jernbane: Dette scenariet innebærer en 10% prisøkning i transportkostnadene knyttet til bruk av jernbane. Årsakene til denne økningen kan være varierte, for eksempel endringer i transportinfrastruktur eller prisendringer innen jernbanetransport. Modellen tar høyde for denne økningen og vurderer konsekvensene for eksportmengden og tilgjengeligheten av tømmer på terminalene.

Scenario 4 - 10% prisøkning i transport med sjø: I dette scenariet introduseres en 10% prisøkning i transportkostnadene knyttet til bruk av sjøtransport. Dette kan være forårsaket av endringer i fraktpriser, tollavgifter eller andre faktorer som påvirker kostnadene ved å eksportere tømmer via sjøtransport. Modellen tar hensyn til denne økningen og vurderer dens innvirkning på eksportmengden og tilgjengeligheten av tømmer på terminalene.

For hvert scenario er det fokus på å identifisere hvilke terminaler som leverer tømmer til lavest pris per m<sup>3</sup>. Dette bidrar til å identifisere de mest kostnadseffektive rutealternativene for eksporten. Derfor blir også terminaler som leverer mindre enn 20 000 m<sup>3</sup> for sjøtransport og 10 000 m<sup>3</sup> for jernbanetransport fjernet ved beregninger.

I tillegg undersøker modellen tilgjengeligheten av tømmer på hver terminal. Dette gir informasjon om hvor mye tømmer som er tilgjengelig for eksport i hvert scenario.

Det er også viktig å vurdere mengden tømmer tilgjengelig for ulike "smertegrenser" for eksport. «Smertegrense» er grensen hvor prisen overskrider differansen mellom tømmerprisen i Norge og Tyskland. Denne smertegrensen er satt til 450 NOK/m<sup>3</sup>, 550 NOK/m<sup>3</sup> og 650 NOK/m<sup>3</sup> for levert tømmer til Tyskland i hvert av scenariene. Dette hjelper til å identifisere potensielle begrensninger og muligheter knyttet til prisnivåene for eksporten.

Ved å kjøre kostnadsoptimaliseringsmodellen gjennom disse fire scenariene ved ulike hendelser og samtidig vurdere virkningen på eksportmengden, prisene og tilgjengeligheten av tømmer, vil modellen gi en forståelse for hvilke faktorer som har størst innvirkning på eksporten og mulige strategier for å håndtere endringer i fremtiden.

## 2.5 Spesifisering av transportoptimaliseringsmodellen

Transportoptimaliseringsmodellen har som formål å identifisere kostnadseffektive eksportruter for tømmer basert på kostnaden per m<sup>3</sup> levert til måldestinasjonen, i dette tilfellet Brilon. Modellen tar hensyn til en hypotetisk situasjon i Norge der alt sagtømmer gran er tilgjengelig for eksport.

Hensikten med å inkludere alt tilgjengelig sagtømmer gran er å unngå undervurdering av transportkostnader for bil. Hvis modellen kun tok hensyn til nærmeste tømmer til terminalene, ville det ikke gi en nøyaktig vurdering av den faktiske transportkostnaden. Ved å inkludere alt tilgjengelig sagtømmer gran i simuleringen, kan modellen gi mer realistiske resultater ved å ta hensyn til de mulige kostnadene knyttet til å transportere tømmer fra ulike områder.

Konkurransesituasjonen ved de ulike terminalene har ikke blitt tatt i betraktning i modellen, med mindre denne informasjonen er offentlig tilgjengelig. Modellen fokuserer primært på å optimalisere transportkostnadene til måldestinasjonen og finne de mest kostnadseffektive rutene basert på tilgjengelige data og parametere.

Ved å ta hensyn til disse faktorene kan transportoptimeringsmodellen bidra til å identifisere gunstige eksportruter og ta beslutninger som kan redusere transportkostnadene og øke effektiviteten i tømmertransporten til sentral Tyskland.

Modellen tar hensyn til totalt 42 terminaler, hvorav 25 er sjøterminaler og 17 er jernbane terminaler, som er spredt rundt i ulike deler av Norge. Avstandene til de ulike kommunene er tilordnet til disse terminalene. Dette gjør det mulig å opprette en kostnadsmatrise som evaluerer transportkostnader med bil fra hver kommune til alle terminalene.

Formelen viser når vei-, jernbane- og sjøtransport er intrigert. Denne er basert på transportmodellen fra FlowOpt (M. Forsberg u.d.) men det har blitt utvidet til å ta hensyn til sjøtransport. Videre skal modellen beregne best mulig transport rute til kun en destinasjon som vil avvike fra Forsberg sin versjon. Denne modellen er også uten restriksjoner for jernbane type, tidsrom eller straff for underlevering.

Index-koeffisienter for modellen er:

I: Forsyningskilde (kommune)

J: Terminal (Jernbane- og Sjøterminal)

K: Mottakshavn for videre transport med jernbane

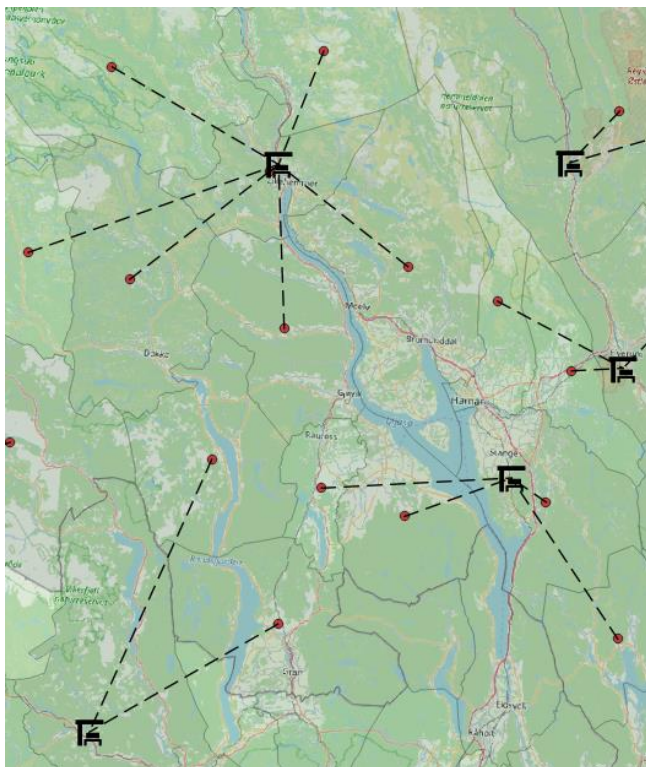
A: Veitransport

T: Jernbanetransport

B: Sjøtransport

X: Volum transportert

C: Transportkostnaden



Figur 11 - Bilde viser rute fra kommunens midtpunkt til nærmeste terminal i luftlinje

Den direkte veitransport (A) er

kjennetegnet av startpunktet (i) endepunktet (j). Kilden eller utgangspunktet er nødvendig for å identifisere innhentingsområdene og håndtere spesielle begrensninger knyttet til tømmerhandel. Figur 11 viser et utsnitt av Qgis, hvor kommunens midtpunkt trekkes til nærmeste terminal.

Variabel for tømmer ved bruk av vei-transport er beregnet som følgende:

$$X_{ij}^A$$

Viderelevering fra terminalene, går modellen ut ifra at kommunen enten bruker kai- eller jernbaneterminal. Hvis det er en jernbane (T) terminal, skal tømmeret transporteres videre med jernbane. Hvis det er en sjøterminal, skal det leveres til en av de tyske havnene langs kysten som tillater tømmertransport. Deretter fraktes tømmeret videre med jernbane til måldestinasjon.

For jernbanetransport skal alle jernbaner til samme destinasjon og har derfor mindre restriksjoner. Selve jernbanen kan ikke koble av hengere eller legge til. Videre er den begrenset på kun et sortiment. Modellen antar at jernbanen kjører direkte fra terminalen til Brilon uten å ta hensyn til begrensninger som tid, jernbanetype eller lengde. Jernbanetransporten starter lasting terminal (j) og lossers ved destinasjon. På grunn av at det er kun en destinasjon, er det kun en variabel for utgangspunkt. Variabelen for tømmer ved bruk av jernbane-transport er beregnet følgende:

$$X_j^T$$

Sjøtransportkostnadene (B) beregnes i henhold til beskrivelsen i punkt 2.3.3. Modellen antar at bulkskip brukes for sjøtransporten og alle relevante havner i Tyskland aksepterer denne type skip. Det antas også at tømmeret kan lagres og omlastes til jernbane fra havnen. Avstanden fra havnen i Tyskland til sagbruket i Brilon beregnes på samme jernbanekostnad som beskrevet i punkt 2.3.2.

Sjøtransporten får et ekstra ledd i beregningen på grunn av omlastingen til jernbane ved kai i Tyskland. Derfor vil løsninger via sjøtransport være sterkt påvirket av jernbanetransport prisene.

Variabel beregningen for sjø blir beregnet som følgende:

$$X_{jk}^B$$

Tilhørende videretransport med jernbane fra kai i Tyskland er følgende variabel:

$$X_k^{BT}$$

Modellen bruker "Open Solver"-programmet for å beregne den mest kostnadseffektive transportløsningen basert på forskjellige parametere som terminaler, avstander, tilgjengelig volum og kostnader. Modellens formål er å minimere transportkostnadene i NOK/år.

Det er noen begrensninger og forhold som modellen tar hensyn til:



1. Begrensning på biltransportvolum: Modellen sørger for at biler ikke kan transportere mer tømmer til terminalene enn det som er tilgjengelig i de ulike kommunene. Dette sikrer at modellen ikke frembringer volumer som ikke er tilgjengelige. Levert volum til terminalene skal være mindre eller likt det som er tilgjengelig i kommunene. Dette beregnes med følgende formel:

*Formel 6 - Modellbegrensning for maksimalt volum hentet fra kommunen*

$$\sum_{j \in N} X_{ij}^A \leq S_i, \quad (A)$$

2. Fullføring av bestillingsoppdraget: Modellen sikrer at bestillingsoppdraget blir fullført i sin helhet. Dette betyr at modellen verken underleverer eller overleverer verdien av bestillingen. Det som blir levert må være likt det som er bestilt. Dette beregnes med følgende formel:

*Formel 7 - Modellbegrensning for å unngå over eller underlevering av volumer*

$$\sum_{j \in N} \sum_{k \in O} X_j^T + X_k^{BT} = d, \quad (B)$$

3. Ingen volum blir igjen på terminalen: Modellen sikrer at det ligger ikke noe tømmer igjen på terminalen etter transport. Dette betyr at modellen ikke sender mer tømmer til en terminal enn det som er bestilt eller kan bli levert til andre terminaler. Det som kommer inn på terminalen må være likt det som går ut av terminalen. Dette beregnes med følgende formel:

*Formel 8 - Modellbegrensning at volumer ikke blir igjen på terminaler.*

$$\sum_{i \in M} X_{i,j}^A - \sum_{j \in N} X_j^T - \sum_{j \in N} X_k^B = 0, \quad (C)$$

4. Det settes in en begrensning for at alle variabler skal være større eller lik 0. dette forhindrer at modellen kjører tømmer tilbake ut til kommunene.

*Formel 9 - Modellbegrensning mot tall ikke faller i negative verdier.*

$$\text{Alle variabler} \geq 0, \quad (D)$$

Enhetskostnadene (NOK/m<sup>3</sup>) er spesifisert med følgende parametere:

$C_{ij}^A$ : Enhetskostnad for veitransport fra kilde (i) til terminal (j)

$C_j^T$ : Enhetskostnad for jernbanetransport fra utgangspunkt (j) til destinasjon (Brilon)

$C_{jk}^B$ : Enhetskostnad for sjø-transport fra terminal (j) til mottakshavn i Tyskland (k)

$C_k^{BT}$ : Enhetskostnad for jernbanetransport fra mottakshavn (k) til destinasjon (Brilon)

Den fullstendige modellen blir formulert på følgende måte:

*Formel 10 - Fullstendig formel for kostnadsopptimaliseringsmodellen*

$$\min Z = \sum_{i \in M} \sum_{j \in N} C_{ij}^A X_{ij}^A + \sum_{j \in N} C_j^T X_j^T + \sum_{j \in N} \sum_{k \in O} C_{jk}^B X_{jk}^B + \sum_{k \in O} C_k^{BT} X_k^{BT}$$

$$\sum_{j \in N} X_{ij}^A \leq S_i, \quad (A)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{k \in O} X_j^T + X_k^{BT} = d, \quad (B)$$

$$\sum_{i \in M} X_{i,j}^A - \sum_{j \in N} X_j^T - \sum_{j \in N} X_{jk}^B = 0, \quad (C)$$

$$\text{Alle variabler} \geq 0, \quad (D)$$

## 2.6 Bortfall av volumer i henhold til konkurranse med norske sagbruk

Terminaler som har sagbruk i umiddelbar nærhet, vil ta hoveddelen av tilgjengelige volumene. For å simulere lokal konkurranse, ble det implementert en begrensning for hvilke terminaler som kan benyttes til eksport. Hvis en terminal er innenfor en såkalt «steril sone», det vil si områder med veldig høy konkurranse, dersom terminalen befinner seg i en slik sone vil den ikke kunne eksportere. Kartet, referert til som Figur 12, viser at mange av terminalene befinner seg i nærheten av sagbruk. Spesielt merkbart er sonene rundt den østlige delen av Norge.

Det blir satt en buffer radiusen rund sagbrukene. Den har blitt beregnet etter gjennomsnittlige kjøreavstand med justering til luftlinje etter slingrefaktorer fra (Haartveit & Fjeld 2000). En gjennomsnittlig kjøreavstand er 60 km radius rund sagbrukene som er konvertert til luftlinje og justert avstanden etter respektiv landsdel.

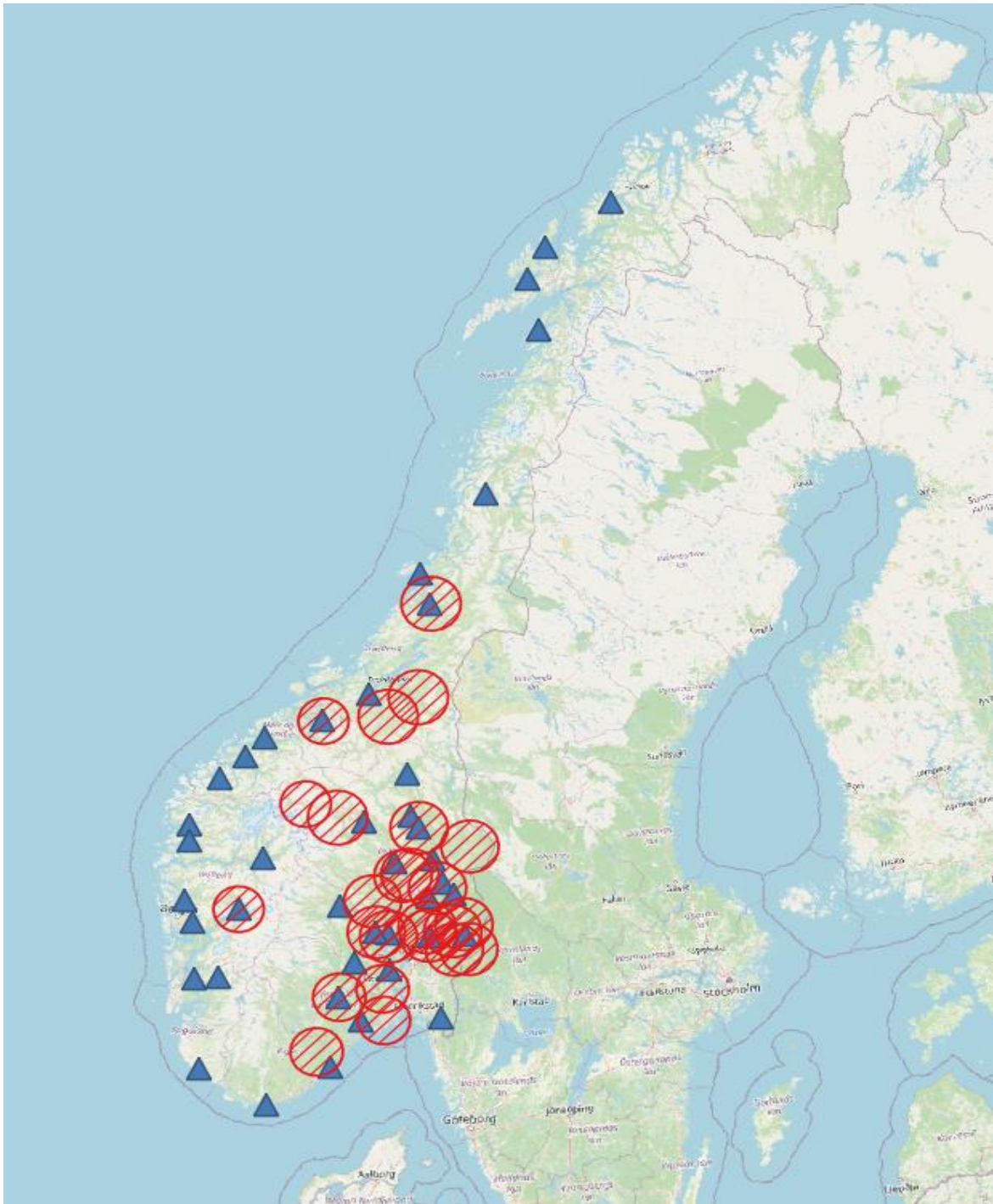
Det ble brukt følgende faktorer følgende faktorer:

Fjord-region: 1,812 (Vestlandet)

Midt-Norge: 1,534 (Trøndelag)

Dal-strøk: 1,744 (Telemark, Buskerud)

Lavlandet: 1,595 (Hedmark, Akershus)



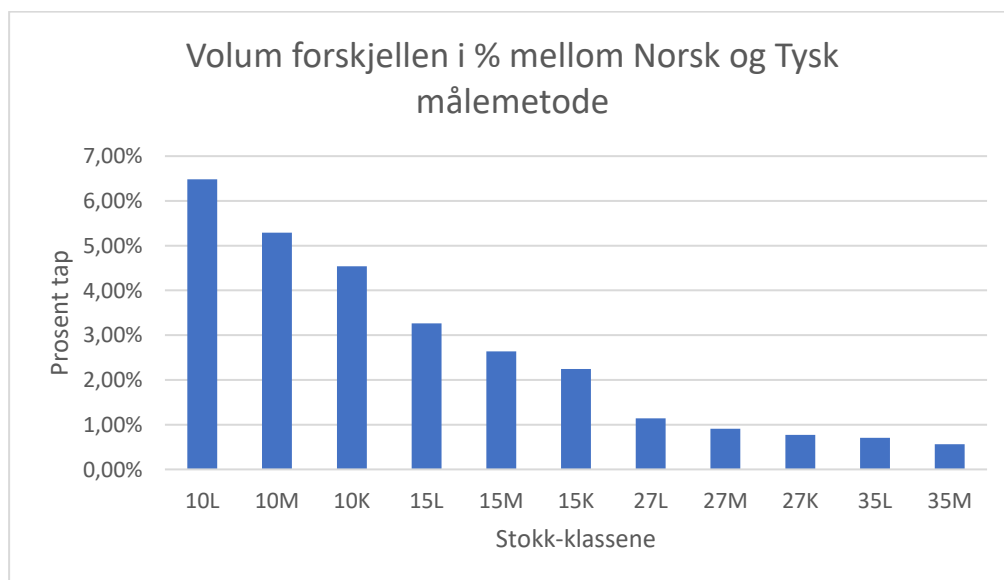
Figur 12 - Kart over Norge med rød markerte konkurranse soner fra sagbruk, såkalte «sterile soner»

## 3.0 Resultat

Resultatene fra analyse både for delmål I og II viser til overraskende resultater. For delmål I ble forskjellen i målemetodene var mindre en forventet på større dimensjoner. Videre var det norske reglementet betydelig strengere på virkesfeil. For delmål II motstride dagens praksis i eksport og viste til at jernbane hadde en fordel inne eksportpotensial. Videre hadde konkurranse en større rolle enn først antatt.

### 3.1 Beregnet forskjeller av volumer på grunn av ulike målemetoder

Sjokkmålingene viste at sagtømmer leveranser fra Norge blir overkubert i forhold til målingene i Tyskland. Resultatene er før eventuelle andre typer fratrekke som transportskader eller krymping gjennom tørking. Videre kom det fram at sagstokkene som blir levert til Tyskland er i snitt 2,4 % lavere i volum en de ble målt i Norge. Ved større stokker (35cm <) var avviket ikke like stort eller 0,6 % lavere volum en i Norge. Forskjellen vises i de mindre stokkene som har toppmål > 15 cm. Her ble det målt opp til 5,4 % snitt tap i volumet. Utslagene oppsto hos stokker på 420 cm lengde med lav avsmalning på meteren. Der ble det volum tap opp til 36,6 % ved levering i Tyskland.



Figur 13 – Viser forskjeller i volum, % vis avdrag for diameterklasse og lengde

Figur 13 viser også forskjellen i volumberegningen for diameterklassene, delt inn i lang (L), kort (K) og middels (M). Svingningene i grafen som vises i Figuren kommer av stokker med stor avsmalning som forårsaker en underkubering. Stokker med liten

toppdiameter hadde avvik opptil 23,6 % under den tyske målingen. Tydelig er også den avtagende målforskjellen med økende diameter.

Det kom fram netto tap på 2,4 % i snitt, sammenligningen mellom tyske og norske målemetodene. Overraskende viste midtmåls beregning ingen forskjell mellom begge land.

### 3.2 En sammenligning av norsk og tysk målereglement

Resultat av sammenligningen mellom kvalitets klasser i det tyske rammevilkårene for sagtømmer gran (RVR) og det norske testreglemente for sagtømmer gran vises i Tabell 5,6,7,8.

#### 3.2.1 Kvist

I det tyske RVR godtas kvister opp til klasse B dersom de er under 4 cm i diameter.

Råtekvist ble godtatt til og med i klasse C dersom de de er under 4 cm. Merk at all kvist er tillatt i klasse D og derfor ikke tilstrekkelig grunn til å nedklassifisere til et lavere sortiment.

I henhold til det norske testreglement er det ingen retningslinjer for kvist. Derfor gjelder reglene «Feiltyper som ikke omtales i toleransetabellen, tillates». Med dette er kvist altså ikke en påvirkende faktor for bestemmelse av prisklasse.

Tabell 5 - Rammevilkår for kvist i sagtømmer gran

Merknader	Kvalitets Klasser (D)				Kvalitets Klasser (NO)	
	A	B	C	D	Kvalitet 1	Kvalitet 2

<b>Kvist [cm]</b>	Frisk, gjengrodd; ikke gjengrodd	Ikke tillatt	≤ 4	≤ 8	Tillatt	tillatt	tillatt
	Råtekvist	Ikke tillatt	Ikke tillatt	≤ 4	Tillatt	tillatt	tillatt

Norske reglementet viser en større toleranse på kvist enn det tyske. Derimot viser det norske reglementet til nedklassifisering hvis der skulle forekomme gankvist eller føyre. Noe som ikke blir omtalt i det tyske reglementet og derfor tolereres.

### 3.2.2 Ulikheter mellom reglementene i henhold til vekst.

Det tyske RVR regulerer forskyvning i kjerneveden og fastsetter at i klasse A bør det ikke være mer enn 10 cm forskyvning fra geometrisk midtpunkt, mens det i klasse C og D ikke er noen begrensninger. I det norske regelverket er det ingen retningslinjer for forskyvning i kjerneveden, og derfor er det ikke en betydelig faktor for nedklassifisering.

RVR tar hensyn til alle typer krok under samme toleranse, men deler det inn i styrkeklasser. Som eksempel tillater klasse A med en midtdiameter < 20 cm ingen krok, derimot tillater klasse A med en midtdiameter > 35 cm tillater krok med et maksimalt avvik på 1 cm/m målt i pilhøyde.

I det norske regelverket er krok delt inn i forskjellige typer. Langkrok tillates opp til 1 % av stammens lengde målt i pilhøyde. Resten av krok typene tillates ikke eller tillates kun inntil toppsyndrene. Dette viser at det tyske RVR tillater flere feil knyttet til krok, spesielt ved økende diameter.

Det tyske RVR stiller også krav til avsmalning, der det i klasse A ikke tillates noen form for avsmalning målt i cm/m. Begrensningene blir mindre strenge for hver nedklassifisering. Som eksempel tillates opptil 1 cm avsmalning per m for styrkeklasser med en midtdiameter <20 cm i klasse B, og 1,7 cm per meter for midtdiameterer >35 cm. Klasse D har ingen begrensninger for avsmalning og derfor er avsmalning ikke en grunn til nedklassifisering i sortimentet. I det norske sortimentet er det en standard

avsmalning på 1 cm per meter i toppmålsformelen, og derfor har det ingen betydning for nedklassifisering.

Tabell 6 - Rammesvilkår for vekst i sagtømmer gran

Merknader		Kvalitets Klasser (D)				Kvalitets Klasser (NO)			
		A	B	C	D	Kvalitet 1	Kvalitet 2		
Vekst	Forskyving av Kjerneved (%)	≤ 10	≤ 15	Ubegrenset	Ubegrenset	tillatt	tillatt		
	Enkel-Krok [cm/m]	< 20cm	-	≤ 1,0	≤ 1,3	≤ 1,5	max 1%	max 1,5%	langkrok
		≥ 20 til < 35cm	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 2,0	≤ 2,5	ikke tillatt	inntil toppen	tverrkrok
		≥ 35cm	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0	≤ 3,0	godtas inntil toppsylynder		Annen krok
	Avsmalning [cm/m]	< 20cm	-	≤ 1,0	≤ 1,5	Ubegrenset	Tillatt	Tillatt	
		≥ 20 til < 35cm	-	≤ 1,2	≤ 1,7	Ubegrenset			
		< 35cm	-	≤ 1,2	≤ 1,7	Ubegrenset			
		≥ 35cm	-	≤ 1,7	≤ 2,6	Ubegrenset	Tillatt	Tillatt	

### 3.2.3 Ulikheter mellom reglementene i henhold til sprekk.

Det tyske RVR tillater både marksprekker og ringsprekker i alle klasser innen visse begrensninger, bortsett fra ringsprekker i klasse A. Dette utgjør en betydelig forskjell i forhold til det norske reglementet, som ikke tillater noen form for ringsprekker.

Margsprekker er ikke nevnt i det tyske RVR og er derfor tillatt. I det tyske RVR tillates



heller ikke nedklassifisering av stokken til et lavere sortiment på grunn av marksprekker, men ringsprekker tolereres inntil halvparten av diameteren til stammen.

Tabell 7- Rammesvilkår for Sprekk i sagtømmer gran

Merknader		Kvalitets Klasser (D)				Kvalitets Klasser (NO)	
		A	B	C	D	Kvalitet 1	Kvalitet 2
Sprekk	Margsprekk	$\leq 1/4$	$\leq 1/3$	$\leq 1/2$	Tillatt	godtas ikke	godtas ikke
	(utenom tørkesprekk)	Diameter	Diameter	Diameter			
	Ringsprekk	Ikke tillatt	$\leq 1/4$	$\leq 1/3$	$\leq 1/2$	godtas ikke	godtas ikke
		Diameter	Diameter	Diameter			

### 3.2.4 Ulikheter mellom reglementene i henhold til virkesskader

I Norge tillates råte i kvalitet 2 så lenge det ikke overskrider 40 cm<sup>2</sup> utenfor kjerneveden. Andre typer feil, som insekthull eller misfarging, er ikke tillatt. Dette utgjør den største forskjellen mellom de norske og de tyske reglementet. Etter vedlegget til RVR nedklassifiseres tømmer ikke på grunn av hard råte. Derimot medfører myk råte til nedklassifisering, dersom det befinner seg i kjerneveden. Når det gjelder insekter, tillates insekthull opptil 2 mm i klasse D. Misfarging tillates opp til klasse B avhengig av årstiden.

Tabell 8 - Rammesvilkår for Insekthull, råte og misfarging i sagtømmer gran

Merknader		Kvalitets Klasser (D)				Kvalitets Klasser (NO)	
		A	B	C	D	Kvalitet 1	Kvalitet 2
<b>Insekts hull</b>	< 2mm (eks. Trypodendron lineatum)	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Tillatt	godtas ikke	godtas ikke
	≥ 2 mm (eks. Sirex, Cerambycidae)	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt	godtas ikke	godtas ikke
<b>Råte</b>	«Hard råte» (Du kan slå på det med hammer uten å skade tømmer)	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Akseptert inntil 15% diameter i ytere delen av kjerneveden ved rot enden	Tillatt	godtas ikke	godtas 40cm2 ikke i midten
	«Mykråte» (Du kan slå på det med hammer, vil dette skade tømmer)	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Akseptert i ytere delen av kjerneveden ved rot enden	godtas ikke	godtas ikke
<b>Misfarging</b>		Ikke tillatt	Lite årtids avhengige blåfarging tillatt	Påbegynnende overfalte farging tillatt	Tillatt	godtas ikke	godtas ikke

### 3.3 Effekt av ulike scenario på volum transportert og kostnader

Fire scenarioer ble utført for å simulere mulige fremtidige hendelser. Disse scenarioene ble utviklet for å vise hvilke konsekvenser endringer i kostnader kan ha på volumforskyvninger og transportruter. Målet med disse simuleringene er å analysere og forstå hvordan ulike kostnadsendringer kan påvirke tømmer volumet og transportmønstrene i fremtiden.

## 3.3.1 Standard scenario for kostnad og transportert volum

Verdiene i kostnadsopptimaliseringsmodellen refererer til de laveste volumene av gran sagtømmer som er egnet for eksport. Den mest økonomiske terminalen er Sokna jernbane terminal, der transportkostnaden er 418,94 NOK/m<sup>3</sup> ved levering til Brilon. Det er omtrent 31 000 m<sup>3</sup> gran sagtømmer tilgjengelig ved terminalen. Det ble ikke observert noen eksportmuligheter under 350 NOK/m<sup>3</sup>. Tabell 9 viser at i et standard scenario er 14 terminaler egnet for eksport, hvor transportkostnadene er under 450 NOK/m<sup>3</sup> med 2,338 millioner m<sup>3</sup> tømmer tilgjengelig. Totalt er det 24 terminaler som kan levere tømmer for under 550 NOK/m<sup>3</sup>, og 3 terminaler som leverer under 650 NOK/m<sup>3</sup>.

Tabell 9 - Transportkostnader for seks beste terminalene

Kubikkmeter	31 096,08	9 954,17	57 207,25	60 313,83	201 341,83	115 228,33
	Sokna T	Herre	Halden T	Kongsvinger T	Bø T	Flesberg T
kr/m <sup>3</sup>						
Kostnad						
veitransport	66,74	55,69	109,58	69,05	103,19	76,30
Kostnad jernbane- og sjøtransport	352,20	363,49	311,57	354,46	321,76	352,98
Tot. kr/m <sup>3</sup>	418,94	419,18	421,15	423,50	424,95	429,28

### 3.3.2 10% økning av transportkostnader for veitransport

Økningen i transportkostnadene for veitransport førte umiddelbart til endringer i andelen av terminaler som kunne levere tømmer under 450 NOK/m<sup>3</sup>, se Tabell 10. Dette skyldes at biltransport påvirket alle aktører i bransjen, noe som resulterte i en generell økning i kostnadene på 10%. Antall terminaler som kunne levere tømmer til denne prisen gikk ned fra 14 til 13 terminaler, uten at antall terminaler som leverte under 650 NOK/m<sup>3</sup> økte. Det er fortsatt Sokna som har den laveste prisen blant terminalene som tilbyr frakt av tømmer for under 450 NOK/m<sup>3</sup>.

Tabell 10 – viser de seks beste terminalene for eksport med hensyn til transportkostnadene ved en 10% økning i Veitransport

Kubikkmeter kr/m <sup>3</sup>	24 136,83	40 295,83	383 297,67	413 499,83	282 919,17	59 191,25
kr/m <sup>3</sup>	<b>Sokna T</b>	<b>Herre</b>	<b>Kongsvinger</b>	<b>Halden T</b>	<b>Bø T</b>	<b>Flesberg T</b>
Kostnad veitransport	73,41	62,43	75,95	119,49	113,64	83,93
Kostnad jernbane- og sjøtransport	352,20	363,49	354,46	311,57	321,76	352,98
Tot. Kr/m <sup>3</sup>	425,61	425,91	430,41	431,05	435,40	436,91

### 3.3.3 10% økning av transportkostnader for jernbanetransport

Tabell 11 viser transportkostnaden ved en økning i jernbanekostnader. Dette hadde en betydelig prisøkning på alle transportmetodene. Det er kun Halden terminal som kan levere tømmer for under 450 NOK/m<sup>3</sup>. Observasjonene i modellen viser også en forskyvning av volum. Større tømmer volumer blir transportert til havner for å unngå de høye prisene for jernbanetransport.

Tabell 11 - viser de seks beste terminalene for eksport med hensyn til transportkostnadene ved en 10% økning i Jernbanetransport

Kubikkmeter	350 477,00	152 476,17	24 136,83	22 720,67	179 791,67	379 332,25
kr/m <sup>3</sup>	<b>Halden</b>	<b>Bø</b>	<b>Sokna</b>	<b>Eindes i Lindaas</b>	<b>Lierstanda</b>	<b>Kongsvinger</b>
Kostnad veitransport	102,63	96,43	66,74	68,03	74,58	68,65
Kostnad jernbane- og sjøtransport	342,73	353,94	387,42	387,22	381,18	389,90
Tot.kr/m <sup>3</sup>	445,36	450,37	454,16	455,26	455,76	458,55

### 3.3.4 10% økning av transportkostnader for veitransport sjøtransportkostnad

Tabell 12 viser at en pris øking på 10% for sjøtransport førte til en overføring av volumer til jernbane terminalene. Dette resulterte i økt kostnadsmargin for jernbane, som fikk mer volum og ble derfor mer lønnsom å eksportere fra. Blant sjøterminalene er det kun Herre som fremdeles kan levere under 450 NOK/m<sup>3</sup>. Sokna er den mest lønnsomme terminalen, med tilbud om jernbanetransport til en pris på 418,94 NOK/m<sup>3</sup> levert. Halden viste seg til å ha tilgang på store volumer i dette senarioet.

Tabell 12 - viser de seks beste terminalene for eksport med hensyn til transportkostnadene ved en 10% økning i sjøtransport

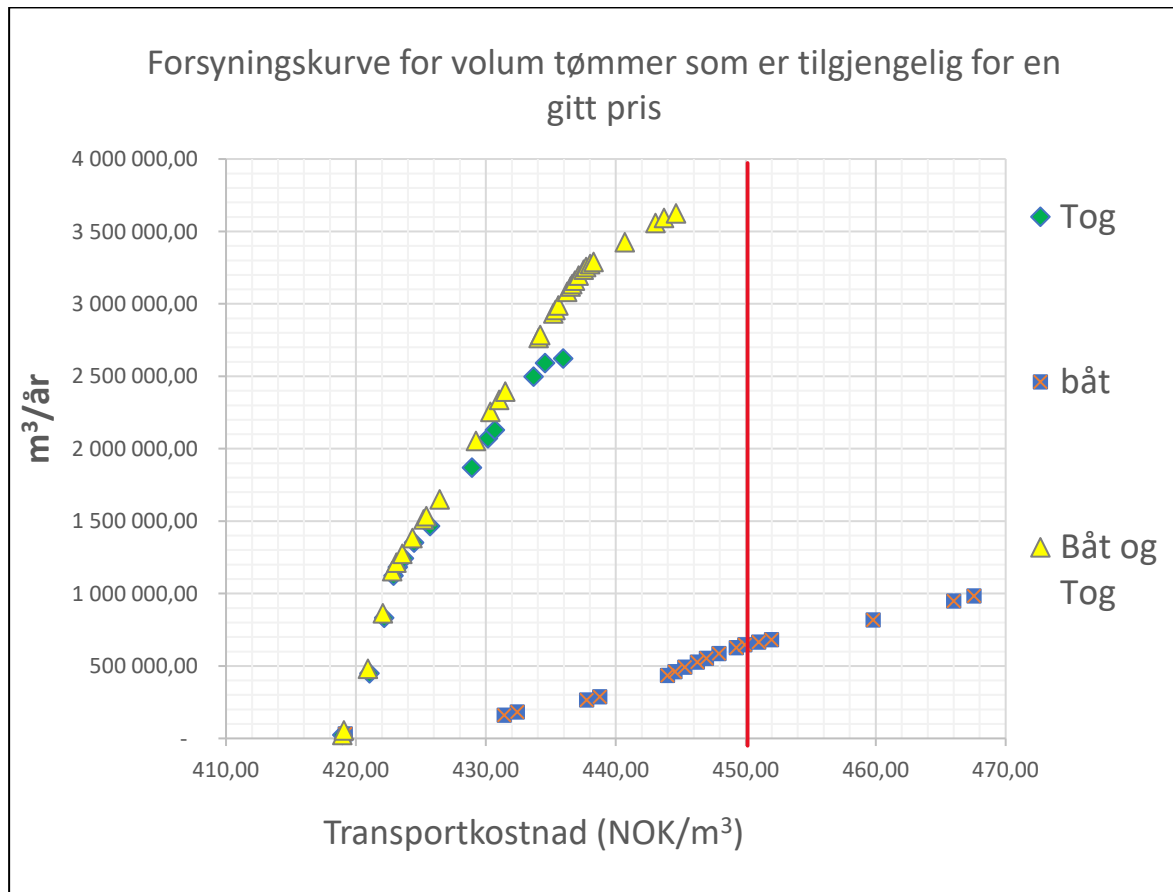
Kubikkmeter	24 136,83	435 665,58	383 297,67	59 191,25	343 430,67	60 313,83
kr/m <sup>3</sup>	Sokna T	Halden T	Kongsvinger T	Flesberg T	Bø T	Rena T
Kostnad						
veitransport	66,74	110,38	69,05	76,30	108,84	60,67
Kostnad						
jernbane- og sjøtransport	352,20	311,57	354,46	352,98	321,76	372,34
Tot. kr/m <sup>3</sup>	418,94	421,95	423,50	429,28	430,61	433,00

### 3.4 Beregnet eksportpotensial fra Norge til Tyskland under standard scenario

Kostnadsoptimaliseringsmodellen tar utgangspunkt i verdiene fra Figur 14, som gir en innsikt i gjennomsnittskostnaden for levering av tømmer til Brilon der alle 3,6 millioner m<sup>3</sup> er tilgjengelig for eksport. Modellen har ingen restriksjoner innen mengden m<sup>3</sup> som blir eksportert. Det viser seg at jernbaneterminalene har en større tilgang til volumer sammenlignet med sjø-terminalene. Transport med jernbane er et billigere alternativ enn sjøtransport, som står i kontrast til dagens eksportmetoder. Jernbane terminalene har kapasitet til å levere opptil 2,6 millioner m<sup>3</sup> tømmer til priser under 435 NOK/m<sup>3</sup> i transportkostnader.

Denne observasjonen indikerer at jernbanetransport har en betydelig fordel når det gjelder eksport av tømmer til sentral Tyskland.

Fordelene med sjøterminalene er fleksibiliteten med hensyn til antall terminaler som kan benyttes for levering. Videre er det store deler av volumet i Norge som oppfyller ønsket kravet for eksport på under 450 NOK/m<sup>3</sup> i transportkostnader. Dette betyr at det er et betydelig volum som kan transporteres og selges til det tyske markedet med konkurransedyktige priser.



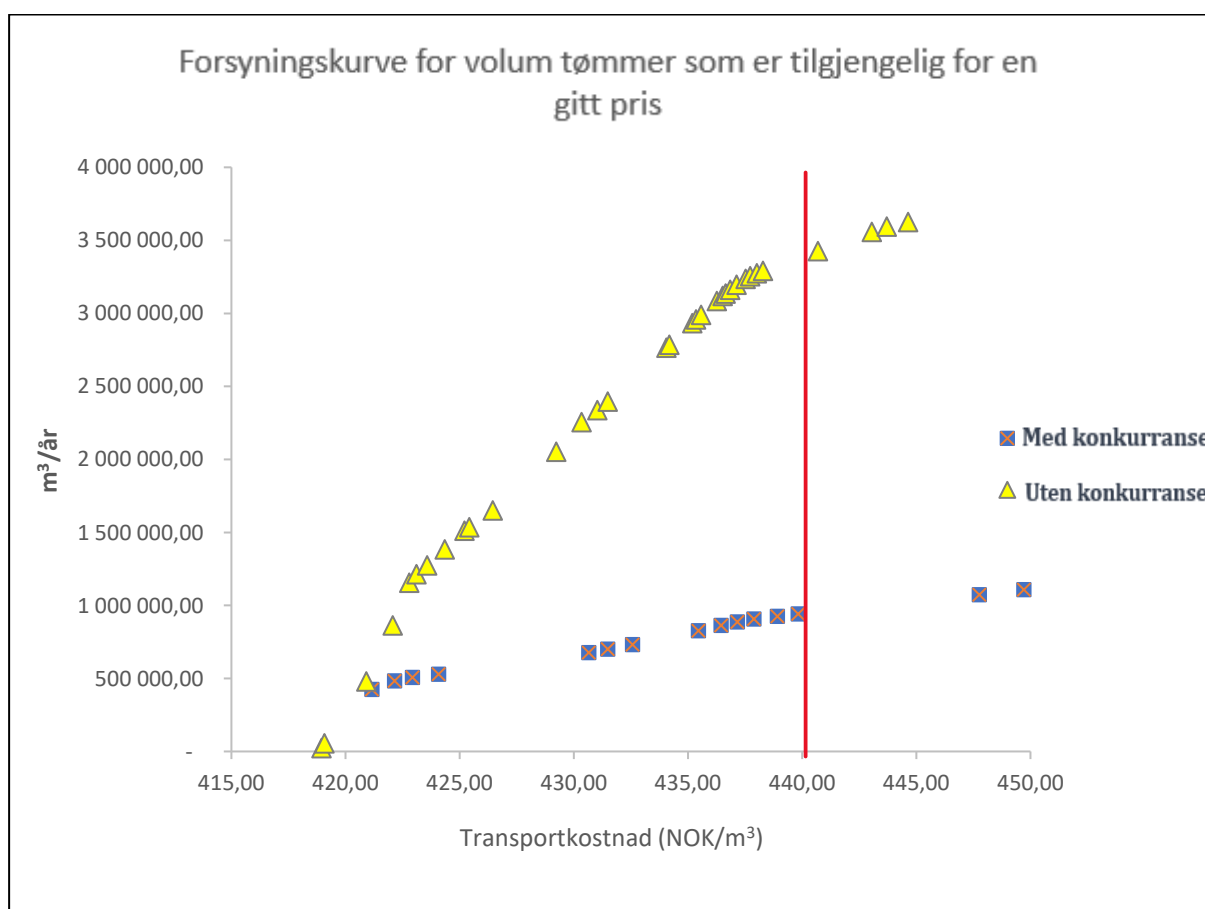
Figur 14 - Forsyningskurve viser årlig råmaterialvolumer i Norge (y-aksen) og transportkostnader for ulike logistikk løsninger NOK/m<sup>3</sup> (x-aksen)

### 3.4.1 Bortfall av volumer etter simulert konkurranse med norske sagbruk

Med introduksjonen av "steril sone" (som nevnt i 2.6) oppstår det en ny fordeling, se Figur 15. Omtrent 70 % (2 623 840 m<sup>3</sup>) av det norske volumet er nå direkte tilknyttet sagbruk og er dermed ikke lenger tilgjengelig for eksport. Av totalt 42 terminaler gjenstår det nå kun 15 terminaler som er egnet for eksport, hovedsakelig langs vestkysten (se også Figur 12). Det er tydelig at mange av terminalene langs kysten har relativt lite konkurranse og derfor et større volum tilgjengelig for en eventuell eksport.

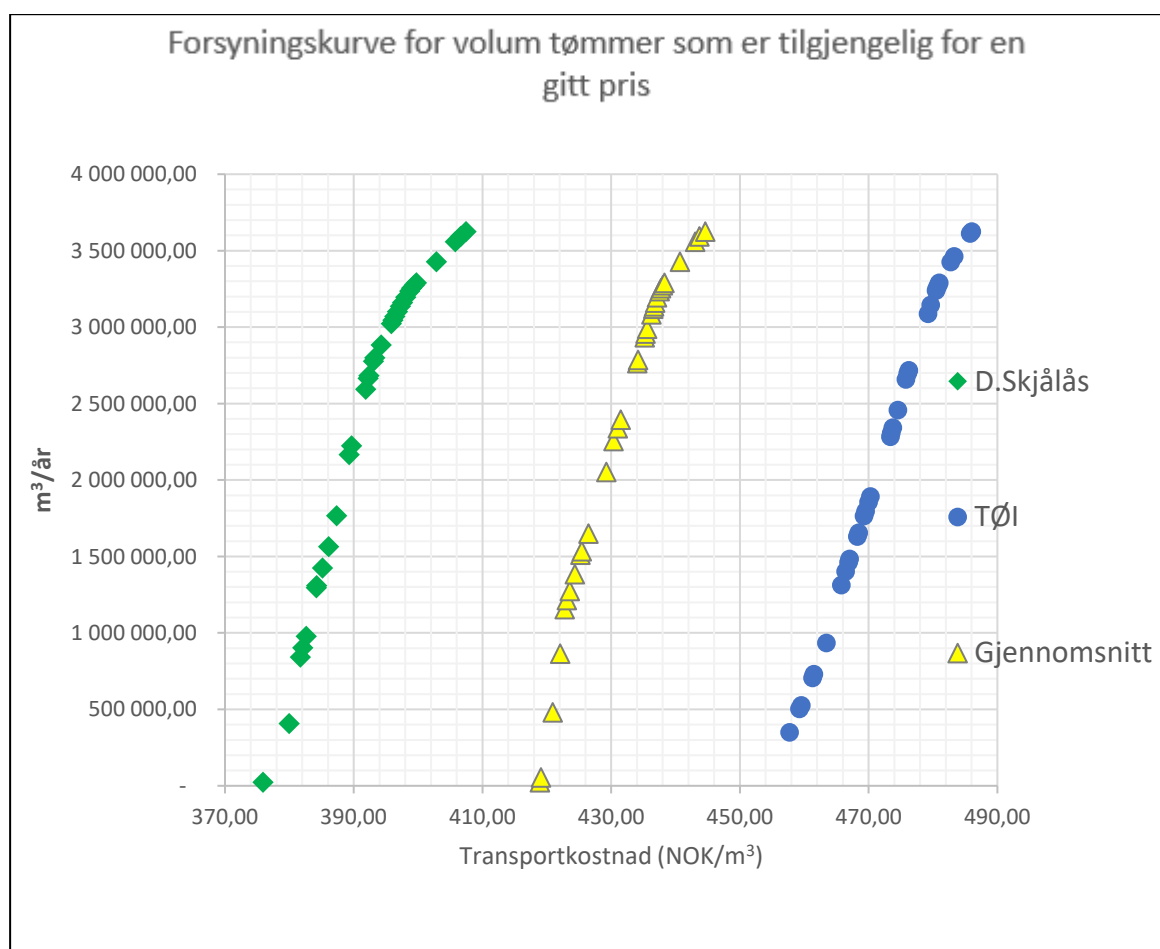
Videre er det flere terminaler lengst nord-Norge som befinner seg utenfor konkurranseområdene, men har lite volum tilgjengelig for en eksport. Konkurransbegrensningen gir en mer realistisk indikasjon på det potensielle eksportvolumet.

Det er størst konkurranse i sørlige og østlige deler av Norge, da disse områdene har høyest produksjon av tømmer. Videre er skoginfrastruktur god med høy konsentrasjon av store sagbruk. I tillegg gir nærheten til svenskegrensen en ekstra utfordring med tanke på konkurranse. Sirklene i Figur 12 er justert etter hvilket fylke de befinner seg i, derfor dekker de områder i Innlandet og Viken betydelig mer enn områdene i Vest eller Sør.



Figur 15 - Forsyningskurve viser årlig råmaterialvolumer (y-aksen) og transportkostnader per enhet (x-aksen)

Figur 15 illustrerer forholdet mellom tilstedeværelsen og fraværet av konkurranse i området. Ifølge dataene fra SSB (2017-2022) eksporterte Norge i gjennomsnitt 940 000 m<sup>3</sup> gran sagtømmer årlig. Figur 15 anslår at med konkurransen og en begrensning på 440 NOK/ m<sup>3</sup>, er det omtrent 942 000 m<sup>3</sup> tilgjengelig for eksport. Dette samsvarer godt med dagens eksportvolum. Samtidig viser grafen tydelig tidligere nevnte reduksjoner i tilgjengelig volum for eksport. Likevel er den største delen av volumene fortsatt innenfor kostnadsmatrisen, noe som gir potensial for eksport.



Figur 16 – representere de tre forskjellige kostnadsmodellene som ble brukt for jernbane transport

Figur 16 viser tre funksjoner som representerer alternativene som ble brukt i analysen av kostnadsdataene for jernbanetransport. Den første funksjonen (Grønn), er basert på data fra D.Skjålås (2019) kan antyde en underestimert av transportkostnadene for jernbane i forhold til TØI (Blå) sine rapporter. Kostnadene ved jernbanetransport blir derfor presentert som lavere enn de faktisk er, noe som resulterer i en sterk favorisering



av jernbanen som foretrukket transportmetode i analysen. TØI kurven antyder en overestimering av kostnadene for jernbanetransport. Kostnadene ved bruk av jernbane fremstilt høyere enn de faktiske kostnadene. Dette kan potensielt påvirke beslutningsprosessen og virke avisende for bruken av jernbanetransport til fordel for andre alternativer.

Videre viser kostnadskurven fra TØI at det ikke finnes noen volumer av tømmer under smertegrensen  $< 450 \text{ NOK/m}^3$ . Dette betyr at ingen av de analyserte scenarioene hadde transportkostnader så lave at de ville være lønnsomme for eksport. Det understreker viktigheten av å ta hensyn til kostnadsaspektet når en vurderer muligheten for eksport av tømmer via jernbanetransport.

Gjennomsnittsfunksjonen (Gul) viser sammenligningen mellom disse to ytterpunkter. Det er denne som har blitt brukt i analysen for å estimere kostnaden for jernbane transport. Dette har opphav i at D. Skjølås og TØI har en relativ stor differanse i pris. Derfor vil gjennomsnitte gir en realistisk pris for jernbane transporten.

## 4.0 Diskusjon

For delmål I viser til at Norge generelt er strengere på tømmer sorteringen. For framtidig eksport kan et nyere reglement, mer tilpasset det europeiske komme til fordel for Norge. Tømmer situasjonen til Tyskland viser til stort potensial for norsk tømmereksport i framtiden. For Delmål II kan transport avstand og en videre kalkulering på tariffene gjøre et stort utslag for transport kostnadene. Videre er kostnadsoptimaliseringsmodellen en forenklet modell av virkeligheten og flere faktorer kan påvirke resultatet. Ved bruk av mere nøyaktige tall kan modellen bli mere realistisk i henhold til dagens situasjon.

### 4.1 Betydningen av fremtidig råstoff leveranse til mellom Europa.

Tyskland er landet med det største skog potensiale i hele Europa, med et stående volum på 3,9 milliarder m<sup>3</sup> eller 36 m<sup>3</sup>/daa. (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2022). Landet hadde et hogstvolum i 2017 på ca. 68 millioner m<sup>3</sup> som har økt i 2018 og 2019 til ca. 76 og 77 millioner m<sup>3</sup> årlig. Økningen i hogst skyldes hovedsakelig insektangrep og vindfall. Samtidig øker forbruket kontinuerlig til

et topp nivå på 272 millioner m<sup>3</sup> i 2018.

### Gesamtholzbilanz der Bundesrepublik Deutschland von Holz und Produkten auf der Basis Holz nach Aufkommensquellen in Mio. m<sup>3</sup> (r) (Rohholzäquivalent)

General wood balance of Germany of wood and wood based products by sources of supply in million cubic meter roundwood equivalent (m<sup>3</sup>(r))

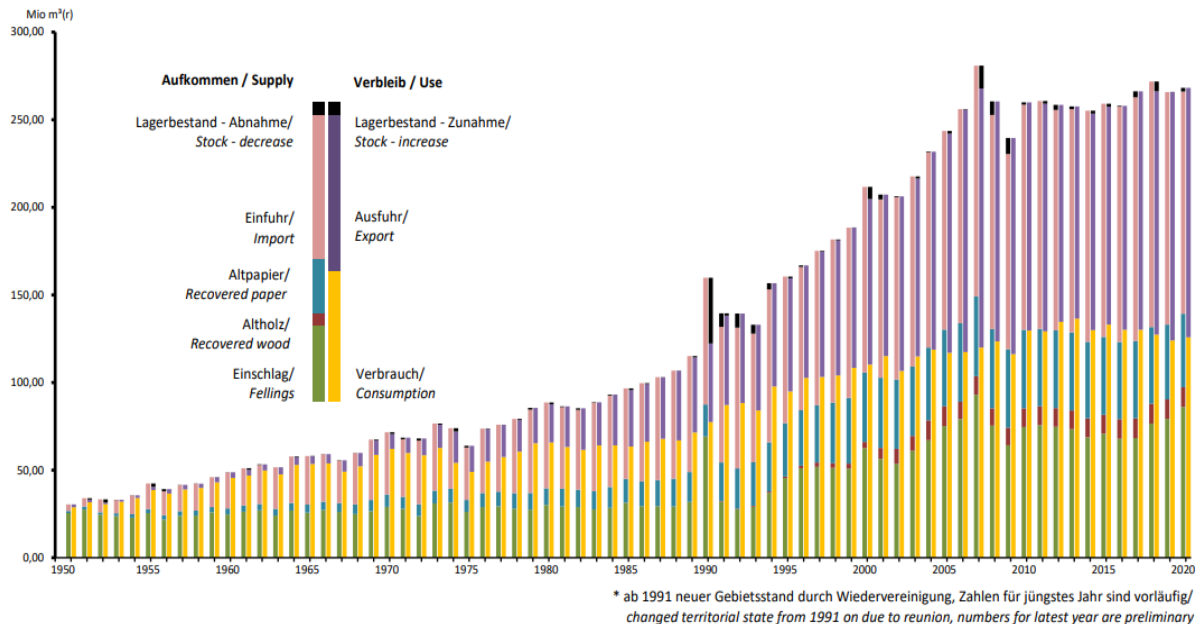


Abbildung: Gesamtholzbilanz Deutschlands mit Holz und Produkten auf der Basis Holz nach Aufkommensquellen in Mio. m<sup>3</sup> (r) (Rohholzäquivalent) | Quellen: Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, Berechnung auf Basis Statistisches Bundesamt: Aussenhandelsstatistik  
Figure: General wood balance of Germany of wood and wood based products by sources of supply in million cubic meter roundwood equivalent (m<sup>3</sup>(r)) | References: Thünen Institute of International Forestry and Forest Economics, Calculations by use of statistics published by the Federal Statistical Office: Foreign Trade Statistics

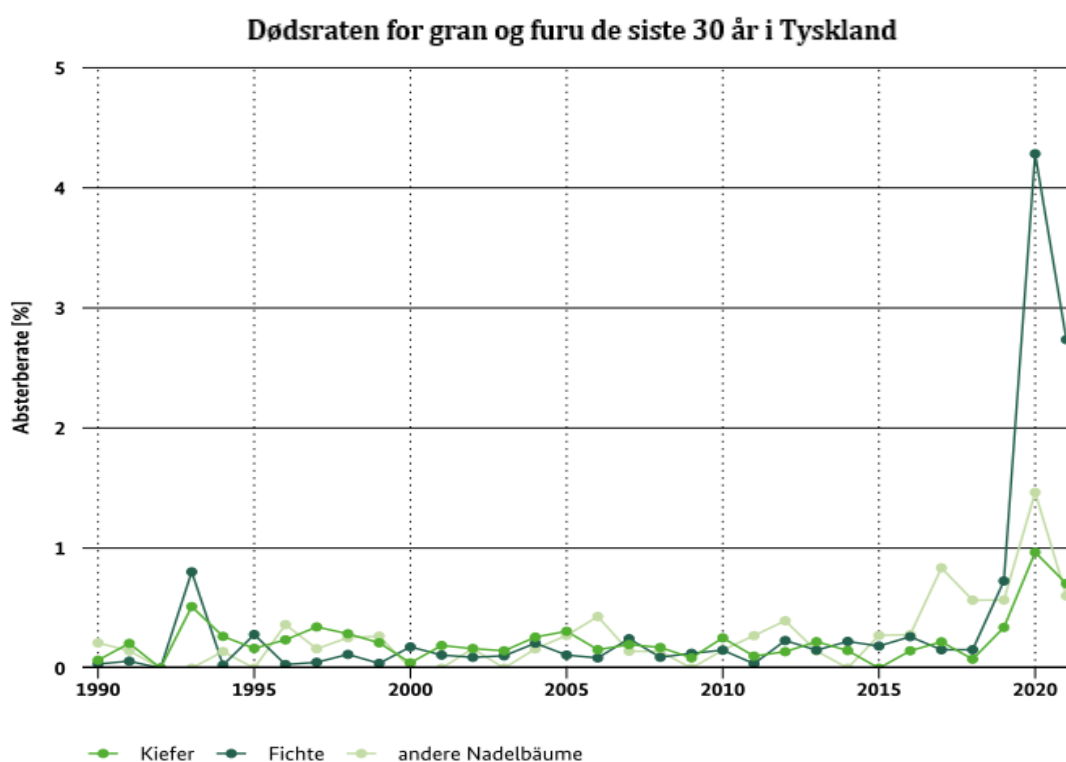
Figur 17-Viser omsetningen av all tømmer- og treprodukter i Tyskland. Kilde: Thünen Institut

Figur 17 viser til en betydelig økning i import. I årene 2017 og 2018 er importen av tømmer større en egen produksjon. I 2017 ble 139 millioner m<sup>3</sup> med tømmer og treprodukter importert, noe som økte til 140,2 millioner m<sup>3</sup> i 2018. (Federal Statistical Office: Foreign 2022)

Figur 18 viser en økning av dødeligheten fra 2018. Det gjelder spesielt fra gran. Skadene i skogen skyldes i hovedsak varmen og tørken i årene 2018 til 2020, samt følgeeffekter av dette. Tørken i de tidligere årene bidro til en rask spredning av barkbillen, noe som resulterte i massive skader i skogene. Tørke var den vanligste årsaken for hogst i 2018 og utgjorde 7,9% av total tømmerhogst, eller ca. 4 millioner m<sup>3</sup>. Samtidig sank andelen som skyldtes vind og storm med 77,1%. Omtrent 78 % av trærne i Tyskland viser i dag symptomer på skade. Av tømmerhogsten var 87% bartrær som gran,

edelgran, douglasgran, furu og lerk, 11 % var bøk og annet løvtre, og resterende 2% var eik og rød eik. (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2022).

Denne situasjonen gir Norge en unik mulighet til å utvide markedet, da landet har betydelige mengder gran. Med en økende andel gran som blir eliminert i Tyskland, kan Norge posisjonere seg som en viktig leverandør til trelastindustrien. Dette åpner også opp for muligheten til å etablere en egen industri i Norge dersom konkurransen fra Europa svekkes på grunn av mangel på råvarer.



Figur 18- Viser dødeligheten i % i årene 1990 til 2020 furu (Kiefer), gran (Fichte) og andre bartrær. Kilde: Umwelt Bundesamt

#### 4.2 Forskjeller i tømmermåling mellom Norge og Tyskland

Under stokkmålingen ble det avdekket at norsk volumberegning gir høyere volum en tysk måling. En enkel modell viser at volumet varierer med 0,6 – 6,5 % av totalt tømmer volum. I løpet av de siste fem årene har Norge i gjennomsnitt eksportert 318 275 m<sup>3</sup> sagtømmer gran (SSB). Dette fører til en måledifferanse opp mot 20 000 m<sup>3</sup> årlig. Det er viktig å merke seg at stokkprøvene kan gi ekstreme resultater på grunn av mangel av utvalg. Derfor kan denne prosentandelen variere betydelig. I Tyskland er det en oppfatning at norsk volumberegning overestimerer volumet med 10 %, noe som ikke

stemmer med resultatene fra dette studiet. I praksis vil det lavere volumet vanligvis bli kompensert gjennom justering av priser eller gjennom forhandlingsstrukturen som er til stede i Tyskland, hvor stokkmålingen gjennomføres i regi av private selskaper. Det bør tas med i betraktning at dette kan føre til rabatter hos importøren. Det anbefales å måle stokker som er beregnet for eksport ved hjelp av midtmåls metoden for å unngå avvik i tømmerleveransen.

Modellen for stokkmåling kunne ha blitt anvendt på et større antall stokker. En svakhet ved modellen er at den baserer seg på et relativt begrenset utvalg av stokker og dermed mangler presise data om hva faktisk skjer under en reell leveranse. Det er et betydelig potensial for forbedring og det ville vært interessant å måle faktiske leveranser.

RVR sitt vedlegg om tømmermåling ble hovedsakelig utviklet som retningslinje av det tyske landbruksdirektoratet for å skape et felles grunnlag for tømmermåling og redusere konflikter mellom ulike instanser. Den største forskjellen mellom norsk og tysk praksis ligger i tømmermåling instansene. I Norge er det et uavhengig Norsk Virkesmåling som er ansvarlig for all måling. Dette selskapet finansieres fra både råvare- og industriell side. Det gjennomføres jevnlig kontroller for å sikre at målingene ikke favoriserer verken kjøper eller selger.

I Tyskland er det imidlertid ikke en uavhengig tømmermåler og dermed må entreprenører, skogbrukere og industrielle aktører utføre målingene på sine egne måter. Dette skaper ofte konflikter mellom de tre ulike instansene, og derfor fungerer RVR som en retningslinje som kan henvises til i tilfelle det oppstår tvil.

Klassifisering av tømmer er viktig for verdsettingen av tømmerkjøp i Norge. Norsk sortering er strengere sammenlignet med praksisen i Tyskland, spesielt med tanke på RVR's «åpne» tilnærming til virkesfeil. Dette betyr at Norge ofte eksporterer massevirke etter norske standard, som kunne hvert klassifisert som sagtømmer i Tyskland. Selv den laveste prisen som ble funnet for 1a i klasse D i Sør-Niedersachsen var 53 euro/ m<sup>3</sup>, noe som er betydelig høyere i pris enn hva norske massevirke ville oppnådd.

Den økte variasjonen i etterspørsel og økende konkurranse fører til bedre utnyttelse av skogressursene. Dette har også positive ringvirkninger for skogbruket, da økt etterspørsel og mindre strenge kriterier resulterer i økte inntekter for skogeierne.

Dermed blir skogforvaltning mer lønnsom og strategisk. I dag er det volumet som bestemmer verdien av tømmeret i Norge, sjelden kvalitet. Som eksempel vil en stokk klassifisert som klasse A i Norge ikke være mer verdt enn en klasse D-stokk. I kontrast kan klasse A-stokker i Tyskland oppnå betydelig større priser per m<sup>3</sup> på auksjon. Dette betyr en direkte økonomisk gevinst for skogforvaltning og kan være svært lønnsomt for skogeierne. Derfor kan et slikt system i Norge som råvareprodusent være av stor betydning, da skogressursen ikke blir verdsatt tilstrekkelig i forhold til praksisen i Tyskland. Dette er vel grunnen til at import av sagtømmer eller massevirke fra Norge ofte vil være lønnsomt for europeiske land.

### 4.3 Beregnet eksportpotensial

I denne analysen, under standard scenario, hadde jernbanetransport de laveste kostnadene per m<sup>3</sup> transportert. Dette er et betydelig avvik fra praksisen i det nåværende åpne markedet. I denne rapporten presenteres det to hovedårsaker til hvorfor jernbanetransport kan være billigere, samtidig som det ikke blir praktisert i dag.

Først og fremst er det stor konkurranse langs jernbanelinjene i Norge, spesielt med tanke på at mange av terminalene er direkte eid av sagbruk eller andelslag som har muligheten til å justere tilgjengelige tømmer volumer i terminalområdet. Et eksempel på dette er Halden-terminalen, som er inkludert i analysen. Til tross for at det ikke eksporteres fra denne terminalen i dag, viser tallene at den godt kunne egne seg for eksport, med sin beliggenhet og tilgjengelighet av betydelige mengder tømmer i nærområdet.

Videre er det slik at terminaler som ikke har stor konkurranse ofte befinner seg lenger unna og langs kysten uten tilgang til jernbanetransport. Derfor er kommunene som allerede eksporterer tømmer avhengige av sjøtransport for å kunne levere betydelige volumer.

Ved sjøtransport leveres tømmer til sagbruk med egen kai, men i dette studiet skal tømmeret fraktes videre. Sjøtransporten har ekstra kostnader knyttet til å legge skipet til kai, lagringskostnader og videre transport med jernbane til den endelige destinasjonen. Dette medfører flere trinn som må gjennomføres for å levere tømmeret

og øker dermed kostnadene betydelig. Videre kommer det faktum at jernbanetransport blir billigere med økende avstand, mens sjøtransporten vil reduserer denne avstanden.

#### *4.3.1 Kostnader – Forskjellen i prisantydning for jernbanetransport*

Kostnadene er ofte utfordrende å få nøyaktige tall for, da de sjelden rapporteres offentlig. Derfor blir kostnadene estimert basert på tidligere arbeid og justert i henhold til dagens prisindekser. I dette tilfellet er det to rapporter som danner kontrasten: rapporten fra D. Skjølas og I.B Hovi fra TØI. TØI-rapporten fra 2022 vil være mer nøyaktig når det gjelder dagens transportkostnader. Den viser en høy pris med faste kostnader på 70 NOK/m<sup>3</sup> og variable kostnader på 0,25 NOK/m<sup>3</sup> \* km. Rapporten fra D. Skjølas er 4 år gammel og prisene har endret seg siden den gang. Likevel viser den til relativt lave kostnader for jernbanetransport, og det er en risiko for at den underestimerer de faktiske kostnadene. I denne analysen brukes disse rapportene som avgrensninger for hva en reell situasjon med jernbanetransport kan koste. Kostnadsoptimaliseringsmodellen som blir brukt, er relativt enkel, og den gir et gjennomsnittlig estimat for kostnadene.

#### *4.3.2 Smertegrensen – bruk av forsyningskurver*

Smertegrensen som er satt i denne analysen er basert på en kombinasjon av SSBs målinger av gjennomsnittlig tømmerpris i Norge og sammenligningen med det tyske "Statistisches Bundesamt". Smertegrensen varierer betydelig og er sterkt avhengig av tømmerprisene i de to landene.

Tømmerprisene i Tyskland har vært veldig lave sommeren 2018 til 2020 (se Figur 4) sammenlignet med tysk standard og eksport har ofte vært mindre aktuelt. På lang sikt har tyske tømmerpriser alltid ligget 400-500 NOK/m<sup>3</sup> over de norske prisene, og dette har dannet grunnlaget for smertegrensen på 450 NOK/m<sup>3</sup>. Selv om det finnes volumer under 450 NOK/m<sup>3</sup>, konkurrerer disse ofte med andre aktører. Likevel kan kjøp over 450 NOK/m<sup>3</sup> fortsatt være lønnsomme, spesielt hvis etterspørselen i Tyskland skulle øke.

#### 4.3.3 Kostnadsoptimaliseringsmodellen

Kostnadsoptimaliseringsmodellen beskriver en hypotetisk situasjon der all tømmer eksporteres ut av Norge. Noe som ikke er et realistisk scenario. Mangelen på konkrete data om eksport og sortiment fra hver kommunene gjør det vanskelig å estimere realistiske kostnader for eksport. En mulig løsning på denne utfordringen kunne ha vært å fordele det eksporterte volumet på de ulike kommunene i henhold til deres årlige tømmerproduksjon.

Et forbedringspotensial for kostnadsoptimaliseringsmodellen hadde vært å fordele det eksporterte volumet basert på årlig tømmerproduksjon, ville det være mulig å tilnærme seg en mer realistisk situasjon for å få en bedre fordeling av eksportvolumet på de ulike kommunene. Dette ville gi en mer presis representasjon av den faktiske eksportaktiviteten og tillate en mer nøyaktig evaluering av kostnadene knyttet til tømmertransport fra ulike områder.

Det er viktig å erkjenne at uten eksakte data om eksportvolumene til hver enkelt kommune, kan det være utfordrende å få en presis representasjon av den faktiske eksportaktiviteten. Modellen baserer seg på en antagelse om at all tømmereksport skal fordeles jevnt, men dette kan avvike fra virkeligheten på grunn av variasjoner i markedsetterspørsel, transportforhold eller andre faktorer som påvirker eksportmønstrene.

Derfor er det avgjørende å være kritisk og forsiktig ved tolkningen av modellens resultater. Modellen kan gi verdifulle indikasjoner og hjelpe til med å identifisere mulige kostnadsmessige implikasjoner, men det er viktig å supplere den med ytterligere datainnsamling og analyse for å få et mer nøyaktig bilde av eksportmengder og fordelingen på kommunenivå.

Modellen tar ikke hensyn til lagerkapasitet eller om det er en forsynings/forsynende terminal. Et eksempel på dette er jernbane terminalen i Halden. Dette er en forsynings terminal for Norske Skog. Allikevel er posisjonen av terminalen strategisk og god egnet til eksport via jernbane. Videre vokser store mengder med gran i nærområdet som sikker en forsyning av volum.

Videre forskning og datainnsamling om eksportmønstre og volumer for ulike sortimenter til forskjellige kommuner ville være viktig for å forbedre nøyaktigheten og



validiteten til kostnadsmodellen. Dette ville bidra til å styrke beslutningsgrunnlaget og optimalisere transportplanleggingen for tømmereksport fra Norge.

Når det gjelder mulige feilkilder, er det flere faktorer som kan påvirke transporten og dens kostnadsmargin. Endringer i drivstoffpriser kan påvirke transportkostnadene, og det kan være vanskelig å forutse slike endringer på lang sikt. Videre kan vei- og infrastrukturforhold, som veiarbeid eller restriksjoner, forsinke eller påvirke tidsplanene for transporten. Uforutsette hendelser som eksempelvis ekstreme værforhold eller økning i veiavgift kan forstyrre transportrutene og føre til økte kostnader eller forsinkelser.

En faktor som kan påvirke tilgjengelig volum er den direkte jernbanelinjen fra Sverige til Østerdalen. Dette kan redusere det tilgjengelige volumet for en eksport til Tyskland. Sør- og Vestlandet er relativt uberørte av denne konkurransen og vil være en sikrere kilde for tømmer som kan eksporteres. Dette kan også være en mulig forklaring på hvorfor dagens eksport hovedsakelig utføres ved bruk av sjøtransport i stedet for jernbane.

## 5.0 Konklusjon

### *Delmål 1:*

Forskjellen i metoden for norsk og tysk tømmermåling viste at volumberegningen varierte mellom 0,6 til 6,5% (tysk sammenlignet med norsk). Dette var spesielt synlig på stokker med liten diameter. Der ble det målt volumforskjeller opp til 36% lavere enn da de ble målt i Norge. Stokker med stor diameter viste ikke store forskjeller i målingen. På lange stokker med stor diameter var forskjellen 0.6% lavere i Norge enn det er i Tyskland. Det å bruke norsk midtmålsmetoden vil en få de tilnærmet lik volumberegning som i det tyske.

Hovedforskjellen er at det tyske målereglement tolerer flere virkesfeil og klassifiserer i flere forskjellige underklasser. Dette gjør at det mulig å oppgradere massevirke til sagtømmer slik at større volumer foredles. Videre vil skogeier få bedre betalt for høye kvaliteter av stokker.

### *Delmål 2:*

Simulering av scenarier ble avgrenset i henhold til en enkel simulering av sterk konkurranse med norsk sagbruk. Selv med den forenklede modellen kom det fram at 942 000 m<sup>3</sup> er tilgjengelig for eksport årlig. Dette kommer veldig nær det virkelige tallene fra SSB som var på 940 000 m<sup>3</sup>.

Uten konkurranse er det 3 600 000 m<sup>3</sup> tilgjengelig, hvor av 73% av volumet ble transportert med jernbane. Sjøtransporten tok de resterende 27%. Under den simulert konkurranse ble 2/3 av volumet (2 623 840 m<sup>3</sup>) utilgjengelig. Av de 942 000 m<sup>3</sup> ble 52% transportert med jernbane, derimot sjøtransport steg til 48%. Andel transportert med jernbane var størst i Viken fylke med 1 millioner m<sup>3</sup> tilgjengelig til en transportkostnad under 450kr/m<sup>3</sup>. For sjøtransport under 450kr/ m<sup>3</sup> kommer fra Agder (231 000m<sup>3</sup>).

De fylkene med størst eksportpotensial var Søndre viken (421,15 NOK/m<sup>3</sup>), Agder (449,08 NOK/m<sup>3</sup>) og Trøndelag (504,55 NOK/m<sup>3</sup>). I søndre Viken var Halden den terminalen med størst eksportpotensial (414 000m<sup>3</sup>), selv om Halden kun er en mottaksterminal. Analysen tok ikke hensyn til dagens kapasitets restriksjoner eller eierskap.

## Vedlegg

<b>Kvalitets Klasser</b>	<b>Beskrivelse av etterspurt kvalitet.</b>
<b>A</b>	Tømmeret er av fremragende kvalitet. Det er feilfritt eller viser kun til ubetydelige tømmerens feil.
<b>B</b>	Tømmer av normal kvalitet med lite og/eller kvalitets reduserende merknader.
<b>C</b>	Tømmer av normal kvalitet med flere tilfeller av og/eller kvalitets reduserende merknader.
<b>D</b>	Tømmer som ikke passer inn i A, B eller C, men allikevel kan brukes som sagtømmer.

**Kvalitets sortering av sagtømmer Gran/edelgran etter RVR Tyskland:**

Merknader		Kvalitets Klasser					
		A	B	C	D		
<b>Kvist</b> [cm]	Frisk, gjengrodd; ikke gjengrodd	Ikke tillatt	≤ 4	≤ 8	Tillatt		
	Råtekvist	Ikke tillatt	Ikke tillatt	≤ 4	Tillatt		
<b>Vekst</b>	Forskyving av Kjerneved (%)		≤ 10	≤ 15	Ubegrenset	Ubegrenset	
	Enkel-Krok [cm/m]	< 20cm	-	≤ 1,0	≤ 1,3	≤ 1,5	
		≥ 20 til < 35cm	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 2,0	≤ 2,5	
		≥ 35cm	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0	≤ 3,0	
	Avsmalning [cm/m]	Stamme Virke	< 20cm	-	≤ 1,0	≤ 1,0	Ubegrenset
			≥ 20 til < 35cm	-	≤ 1,2	≤ 1,0	Ubegrenset
≥ 35cm			-	≤ 1,7	≤ 1,0	Ubegrenset	
<b>Sprekk</b>	Margsprekk (utenom størkesprekk)		≤ 1/4 Diameter	≤ 1/3 Diameter	≤ 1/2 Diameter	Tillatt	
	Ringsprekk		Ikke tillatt	≤ 1/4 Diameter	≤ 1/3 Diameter	≤ 1/2 Diameter	
<b>Insekts hull</b>	< 2mm (eks. Trypodendron lineatum)		Ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Tillatt	
	≥ 2 mm (eks. Sirex, Cerambycidae)		Ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt	
<b>Råte</b>	«Hard råte» (Når du kan slå på det med hammer uten å skade tømmer)		Ikke tillatt	Ikke tillatt	Akseptert inntil 15% diameter i ytere delen av kjerneveden ved rot enden	Tillatt	
	«Mykråte» (Når du kan slå på det med hammer, vil dette skade tømmer)		Ikke tillatt	Ikke tillatt	Ikke tillatt	Akseptert i ytere delen av kjerneveden ved rot enden	
<b>Misfarging</b>			Ikke tillatt	Lite årtids avhengige blåfarging tillatt	Påbegynnende overfalte farging tillatt	Tillatt	

**Kvalitets sortering av Massevirke etter RVR Tyskland:**

Kvalitetsklasser	Kort Beskrivelse	Kvaliteskontroll
<b>N</b>	Normalt Tømmer	Friskt, ikke grovkvistet, ingen sterk krok
<b>F</b>	Tømmer med Virkes feil	Lette brudd, grovkvistet, krok
<b>K</b>	Sykt tømmer	Stek brudfare, allikevel kommersielt brukbar.

**Kvalitets spesifikasjoner ved produksjon hos Egger**

	Kvalitet	Lengde	Diameter (m.B.)	Måleenheter	Leveringsmetoder
<b>Massevirke (OSB, MDF Production Wismar)</b>	OSB: N, F MDF: N, F	3,0 m (+/- 10 cm)	08 – 45 cm	-RM <sup>3</sup> når målt i skog. -Atro-Tonn når målt ved sagbruket.	- Free Delivered (DAP) - Ex Works (EXW) - Standing Wood (Harvesting by EGGER)
<b>Massevirke (MDF, Sponplater Production Brilon)</b>	Spon: Alt* N, F, K	3-6m (+/- 10 cm)	8 – 80cm	-RM <sup>3</sup> når målt i skog. - Fast kubikk -Atro-Tonn når målt ved sagbruket.	- Free Delivered (DAP) - Ex Works (EXW) - Standing Wood (Harvesting by EGGER)

\*Det kan variere fra bruk på grund av noen plater må ha en spesiell blanding.

	<b>Kvalitets mål</b>	<b>Lengde</b>	<b>Avvik</b>	<b>Min Topp/rot Diameter</b>
<b>Langtømmer</b>	B, C, B/C	12m – 18m	+ - 0.25m eller 1% av lengden	12/60cm uten bark
<b>Kort Tømmer</b>	B, C, B/C	5m og 4m	+ 0,1m eller 1% av lengden (min. 0.03m / max. 0.45m)	12/60cm uten bark
<b>Kort tømmer D- klasse</b>	D	3m	+ 0,1m (min. 0.03m / max. 0.45m)	20/65cm uten bark

### **Kvalitets spesifikasjoner ved produksjon hos Holtmeyer, Narthauen**

	<b>Kvalitets mål</b>	<b>Lengde</b>	<b>Avvik</b>	<b>Min. Topp- /Max. Rot-Diameter</b>
<b>Langtømmer*</b>	B, C, B/C, D	10m – 20m	+ - 10cm lengden	12/70cm uten bark
<b>Kort Tømmer</b>	B, C, B/C, D	3m – 5m ≤	+ 0,1m (min. 0.07m / max.)	12/70cm uten bark

\*dersom langtømmer aksepteres, kan det leveres alt fra og med minste mål.

	<b>Kvalitet</b>	<b>Lengde</b>	<b>Diameter (m.B)</b>	<b>Måleenheter</b>	<b>Leveringsmetoder</b>
<b>Massevirke</b>	N/F/K	3,0m ≤	07 – max cm	-RM <sup>3</sup> når målt i skog. - Målt på lastebil	- Free Delivered (DAP) - Ex Works (EXW) - Standing Wood

## Figur liste

FIGUR 1-EKSPORTERT SAGTØMMERVOLUM FRA NORGE TIL DANMARK, SVERIGE OG TYSKLAND .....	7
FIGUR 2 - OMSETNING AV SAGTØMMER GRAN I EKSPORT, NORGES NOMINELLE VERDIER .....	8
FIGUR 3- NORGES NOMINELLE PRISUTVIKLING PER NOK/M <sup>3</sup> SAGTØMMER SOLGT .....	8
FIGUR 4: TØMMERPRIS UTVIKLING I NORGE OG TYSKLAND I NOK. KORRIGERT MED VALUTAKURS HENHOLD TIL ÅR. (NOMINELLE PRISER) .....	9
FIGUR 5- BESKRIVER OVERORDNEDE MODELLEN AV OPPGAVEN.....	11
FIGUR 6- KART OVER VOLUMFORDELING I NORGE PÅ KOMMUNALT NIVÅ. KARTET REPRESENTERER GJENNOMSNIITTLIG HOGST VOLUM I KOMMUNEN. MØRKEGRØNN REPRESENTERER AREALER MED STORE VOLUMER OG HVIT ER INGEN. ....	16
FIGUR 7 - KART OVER NORGE SOM VISER TERMINALENE BRUKT I DENNE ANALYSEN .....	18
FIGUR 8 - KART OVER MÅLDESTINASJON FOR ANALYSEN BRILON OG OVERSIKT OVER LEVERINGSHAVENE BRUKT. ....	20
FIGUR 9 – VISER FORDELINGEN AV BK KLASSER I DE FORSKJELLIGE FYLKENE I NORGE. KILDE: O.MOLSTAD ET.AL 2020....	22
FIGUR 10- VISER FORDELINGEN TRANSPORT KOSTNADER FOR VEITRANSPORT. BLÅ ER FASTE KOSTNADER I NOK/M <sup>3</sup> OG ORANSJE ER VARIABLE KOSTNADER NOK/M <sup>3</sup> *KM .....	23
FIGUR 11 - BILDE VISER RUTE FRA KOMMUNENS MIDTPUNKT TIL NÆRMESTE TERMINAL I LUFTLINJE .....	29
FIGUR 12 - KART OVER NORGE MED RØD MARKERTE KONKURRANSE SONER FRA SAGBRUK, SÅKALTE «STERILE SONER».....	34
FIGUR 13 – VISER FORSKJELLER I VOLUM, % VIS AVDRAG FOR DIAMETERKLASSE OG LENGDE .....	35
FIGUR 14 - FORSYNINGSKURVE VISER ÅRLIG RÅMATERIALVOLUMER I NORGE (Y-AKSEN) OG TRANSPORTKOSTNADER FOR ULIKE LOGISTIKK LØSNINGER NOK/M <sup>3</sup> (X-AKSEN) .....	44
FIGUR 15 - FORSYNINGSKURVE VISER ÅRLIG RÅMATERIALVOLUMER (Y-AKSEN) OG TRANSPORTKOSTNADER PER ENHET (X- AKSEN) .....	45
FIGUR 16 – REPRESENTERE DE TRE FORSKJELLIGE KOSTNADSMODELLENE SOM BLE BRUKT FOR JERNBANE TRANSPORT ....	46
FIGUR 17-VISER OMSETNINGEN AV ALL TØMMER- OG TREPRODUKTER I TYSKLAND. KILDE: THÜNEN INSTITUT.....	49
FIGUR 18- VISER DØDELIGHETEN I % I ÅRENE 1990 TIL 2020 FURU (KIEFER), GRAN (FICHTE) OG ANDRE BARTRÆR. KILDE: UMWELT BUNDESAMT .....	50

## Tabell liste

TABELL 1- BESKRIVER DIAMETER KLASSE ETTER RVr.....	14
TABELL 2-HENTET FRA «UTVIKLING AV JERNBANE- OG HAVNE-INFRASTRUKTUR FOR EKSISTERENDE OG FRAMTIDIG INDUSTRI I OMRÅDER LANGS SØRLANDS- OG BERGENS-BANEN» D. SKJØLAS 2020 .....	21
TABELL 3- KOSTNADSTABELL FOR VEITRANSPORT.....	24
TABELL 4 - KOSTNADSTABELL FOR JERNBANETRANSPORT .....	25
TABELL 5 - RAMMEVILKÅR FOR KVIST I SAGTØMMER GRAN.....	36
TABELL 6 - RAMMEVILKÅR FOR VEKST I SAGTØMMER GRAN.....	38
TABELL 7- RAMMEVILKÅR FOR SPREKK I SAGTØMMER GRAN.....	39
TABELL 8 - RAMMEVILKÅR FOR INSEKTS HULL, RÅTE OG MISFARGING I SAGTØMMER GRAN .....	40
TABELL 9 - TRANSPORTKOSTNADER FOR 6 BESTE TERMINALENE .....	41
TABELL 10 – TRANSPORTKOSTNADER FOR 6 BEST EGNET TERMINALER .....	42
TABELL 11 - VISER TRANSPORTKOSTNADENE VED EN 10% ØKNING I JERNBANE TRANSPORT .....	42
TABELL 12- KOSTNADS OG VOLUMTABELL FOR Sjø-TRANSPORT (NOK/M <sup>3</sup> ) .....	43



## Formel liste

FORMEL 1 - FORMEL FOR TØMMERMÅLING ETTER RVR.....	13
FORMEL 2 - FORMEL FOR NORSK TOPPMÅLING.....	13
FORMEL 3 - FORMEL FOR NORSK MIDT-MÅLING.....	14
FORMEL 4 - LINEÆRE FUNKSJON FOR SJØTRANSPORT.....	25
FORMEL 5 - KOSTNADSFUKSJONEN FOR TRANSPORT MED JERNBANE.....	26
FORMEL 6 - MODELLBEGRENSING FOR MAKSIMALT VOLUM HENTET FRA KOMMUNEN .....	31
FORMEL 7 - MODELLBEGRENSING FOR Å UNNGÅ OVER ELLER UNDERLEVERING AV VOLUMER.....	31
FORMEL 8 - MODELLBEGRENSING MOT VOLUMER SOM BLIR IGJEN PÅ TERMINALER. ....	31
FORMEL 9 - MODELLBEGRENSING MOT TALL IKKE FALLER I NEGATIVE VERDIER.....	31
FORMEL 10 - FULLSTENDIG FORMEL FOR KOSTNADSOPTIMALISERINGSMODELLEN.....	32

## Referanser

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). 2022. «Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2021.»
- C, Paul. 2022. *Tømmer Kjøper for Egger*
- Dag Fjeld, Pirjo Venäläinen. 2018 . «Cost modeling approaches and latest news from the front.»
2023. *Egger*. [[https://www.egger.com/shop/de\\_DE/ueber-uns/einkauf/holzeinkauf/downloads](https://www.egger.com/shop/de_DE/ueber-uns/einkauf/holzeinkauf/downloads)].
- Federal Statistical Office: Foreign. 2022. «Gesamtholzbilanz der Bundesrepublik Deutschland von Holz und Produkten auf der Basis.»
- Fjeld, Dag, og Bo Dahlin. 2020. «Nordic logistics handbook.»
- FNR . 2022. *Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.* [www.fnr.de](http://www.fnr.de).
- Fosile, Michael, og K. Moen. 1968. «Norsk Granvirkes Styrkeegenskaper.»
- Fügel, Stefan, Aino Ukkonen, Nina Hulleberg, og Vegard Østli. 2020. «Verktøy for framskriving og scenarioanalyse av togreiser.»
- Grønland, Stein Erik. 2022. «Kostnadsmodeller for transport og logistikk.»
- Hovi, Inger beate. 2022. «Samfunnøkonomisk analyse av ny jernbaneterminall på hauersteder for tømmer.»
- Ida Sjölling, Erik Rönnqvist & Dag Fjeld. 2023. «Rail transport in Swedish wood supply – seasonal variation, system risks and mitigation costs.»
- Kari Väätäinen, Dag Fjeld, Henrik von Hofsten, Daniel Noreland, Ingeborg Callesen, Andis Lazdins. 2021. «Transport costing models.»
- Kråstad, Helge, og Ola Bakke. 2020. «Virkesterminaler ved sjø.»
- M. Forsberg, M. Frisk & M. Rönnqvist. u.d. «FlowOpt – A Decision Support Tool for Strategic and Tactical Transportation Planning in Forestry.»
- Mitsugi, Hiroto, Gerhard Dieterle, og Olga Algayerrova. 2019. «Forest product conversion factors.»
- Muke, C. 2022. *Virkeskjøper for Holtmaier*
- Narfström, Karl. 2013. «Flödesoptimering av GROT-flis med beslutsstødet BioMax.»
- RVR. 2020. «Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel.»
- Sjöström, K. 2000. «Logistics in the forest sector – 1st World Symposium on Logistics in the Forest Sector. Helsinki.»
- Skjøllås, Dag. 2016. «Delrapport om terminalstruktur i området Lillestrøm-Kongsvinger-Elverum-Lillehammer.»
- Skjøllås, Dag. 2019. «Utvikling av jernbane- og havne-infrastruktur for eksisterende og framtidig industri i områder langs Sørlands- og Bergens-banen.»

- Skjølås, Dag, og Ola Molstad. 2021. «Klassifisering av offentlig vegnett og muligheter for effektivisering av tømmertransporten.»
2022. *Sortierkatalog Nadelholz nach RVR*. [https://www.egger.com/shop/de\\_DE/ueberuns/einkauf/holzeinkauf/downloads](https://www.egger.com/shop/de_DE/ueberuns/einkauf/holzeinkauf/downloads).
- SSB. 2023. *Statistisk sentralbyrå Tabell 08801*.  
<https://www.ssb.no/statbank/table/08801/tableViewLayout1/>.
2022. *SSB*. <https://www.ssb.no/statbank/table/08801>.
- Statskog. 2023. *Statskog - hvem eier skogen*. <https://www.statskog.no/skog-og-klima/hvem-eier-skogen>.
- Stein Erik Grønland, Geir Berg, Eirill Bø, Inger b: Hovi. 2014. «Kostnadsstrukturer i godstransport.»
- VDS. 2014. «Rahmenvereinbarung für die Werksvermessung von Stammholz .»
- Wellbrock, Nicole. 2023. *Thünen Institut*.  
<https://www.thuenen.de/de/themenfelder/waelder/forstliches-umweltmonitoring/waelder-im-klima-wandel-fichte-buche-und-co-in-schlechtem-zustand-wie-nie>.