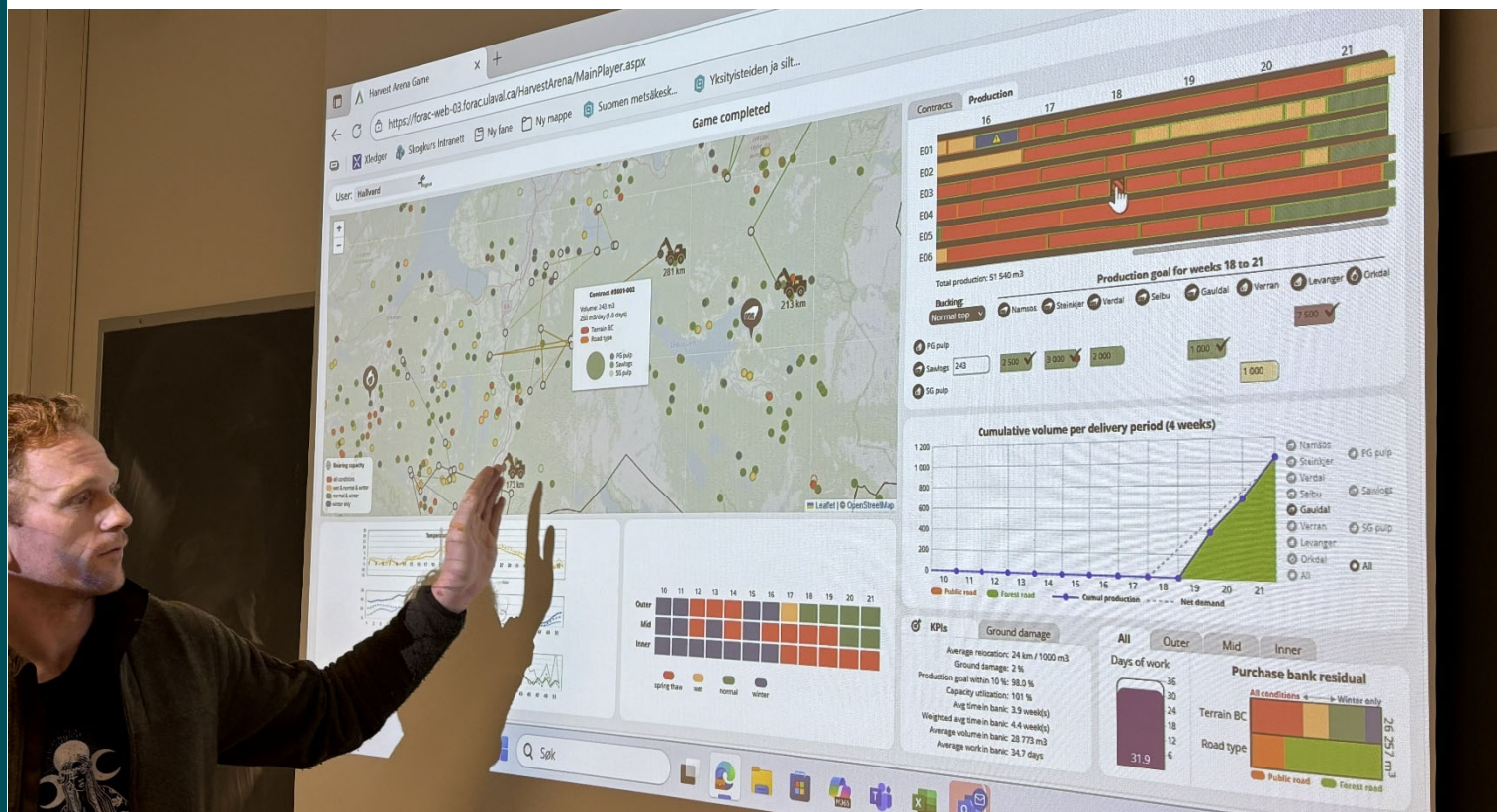


Sluttrapport Mer effektiv læring for operativ produksjonsplanlegging (MerOP)

30.06.2026

Skogbrukets Verdiskapingsfond



Innhold

Prosjektsammendrag	3
Bakgrunn.....	4
Gjennomføring	4
Prosjektperioden	4
Resultatet; Simulatortrening i Harvest Arena	5
Resultater – hvordan gikk det?	6
Undervisningsopplegg for aktiviserende læring.....	9
Tilleggsfunksjon for tømmerinnkjøp.....	10
Resultatformidling.....	10
Økonomi.....	<i>Feil! Bokmerke er ikke definert.</i>

Prosjektsammendrag

Prosjektets mål var å effektivisere læring av grunnprinsipper for produksjonsplanlegging. Dette gjøres gjennom å gi kursdeltagere en bedre innføring med muligheter til å løse flere ulike utfordringer på kortere tid, med eksempelplaner og ferdighetsmål.

MerOps sitt nettbaserte læringsmiljø heter **Harvest Arena**, og fungerer som en hogstsimulator, men for produksjonslederens oppgaver. Øvingene innebærer ukentlig styring av 6 driftslag, med hensyn til industriens produksjonsmål, entreprenørenes kapasitetsutnyttelse, flytting mellom drifter og risiko for sporskader. Produksjonsløypene skapes ved å klikke-og-dra driftslagene mellom utvalgte drifter på et interaktivt kartgrensesnitt. Driftene blir da automatisk periodisert med utfall per sortiment og uke. Samtidig velges industrikunder for de respektive sortimentene med ønsket aptering. Dette gir mulighet til å oppleve hele årets driftsforhold på kort tid (1,5-2 timer for 8 uker planlegging, 2,5-3 timer for 12 uker planlegging).

Harvest Arena ble testet på Fagskole Innlandet (Skogtekniker), NMBU (skogfag, bachelor og master), SLU (master spesialisering i virkesomsetning) i Canada (forest operations, bachelor), og hos Glommen Skog. Etter to øvingsrunder hadde mange av deltagerne oppnådd et godt prestasjonsnivå. Med utgangspunkt i resultatene foreslås følgende benchmark etter 3 øvingsrunder:

- 85 % treff på produksjonsmålene (+/- 10% av månedens produksjonsmål per industrikunde)
- 98 % kapasitetsutnyttelse for driftslagene
- flytteavstander under 30 km per 1000 m³.
- 0-2 % risiko for sporskader

Harvest Arena er introdusert i en fagartikkel i *Norsk Skogbruk*, og en *Nyhet fra Skogkurs*.

Instruksjonsmaterial finnes på engelsk (video) for bruk i Norge, Sverige og Canada. De norske instruksjonene (PPT) har flere eksempelplaner enn de engelske, for studenter med større innsikt i geografi og driftsforhold. Prosjektet presenteres ved årets europeiske FoU konferanse (FORMEC 2026) i september.

Harvest Arena er nå tilgjengelig for alle via FORACs hjemmeside *Educational games*. FORACs servertjenester har vist seg være en driftssikker løsning siden 2005 for våre andre læringsarenaer.

Bakgrunn

Produksjonsstyring handler om å legge effektive produksjonsløyper for skogsentreprenører, og treffe produksjonsmål for flere industrikunder. Øvingsmiljøet støtter en økende spesialisering mot tømmerinnkjøp og produksjonsledelse, for økt presisjon i verdikjeden.

Produksjonsplanlegging er relativt kompleks, og forutsetter forståelse av visse grunnprinsipper. I praksis gjøres planleggingen manuelt, og må tilpasses frekvente forandringer i driftsforhold og kundenes etterspørsel.

Til nå har det manglet et virkelighetsnært øvingsmiljø der man kan lære grunnprinsippene. MerOps sitt nettbaserte læringsmiljø heter **Harvest Arena**, og fungerer som en hogstsimulator, men for produksjonslederens oppgaver. Den gir mulighet til å oppleve hele årets driftsforhold på kort tid.

Gjennomføring

Prosjekteieren var Skogkurs, med prosjektleder Dag Fjeld, som også er emnesansvarlig for Driftsteknikk og Logistikk II ved NMBU. Forslag til funksjonalitet kom fra Nortømmer og Viken Skog. Utviklingsarbeidet ble gjennomført av Skogkurs og FORAC med testing og tilpasning i regi av NMBU.

Arbeidet startet med input fra Narve Opsahl (initiativtaker til den første Excel-baserte prototypen hos Nortømmer, 2015) og Tom-Erik Holmstad (Viken Skog, NMBU gjestelærere i produksjonsstyring siden 2015). De foreslo tre krav:

- ukentlig planleggingsteg, med tilsvarende variasjon i driftsforholdene.
- Mulighet for kundespesifikk aptering (f.eks. minste toppmål)
- Muligheter for å kunne legge til uventede bestillinger.

Internt hadde prosjektgruppen tre ekstra ønsker:

- Funksjonalitet for tømmerinnkjøp med krav til tilstrekkelig driftslager
- Ukentlig driftsforhold som avviker fra prognosen (som usikkerhetsmoment)
- Ulike klasser for veienes bæreevne for å sikre leveranser under forfallsperioder.

Under utviklingen har Dag Fjeld stått for å fange opp krav og spesifisere funksjonaliteten/grensesnittet, med tilhørende inndata. Philippe Marier har stått for utvikling av øvingsmiljøet og implementering på FORACs server. Luc Lebel har vært prosjektleder ved FORAC, og når det har oppstått veivalg har Luc Lebel og Mikael Rönqvist medvirket med gode råd. Tilpasning etter feedback ble gjort høsten 2025 og våren 2026. Deretter ble øvingen testet på fagskole- (Fagskole Innlandet skogtekniker) og spesialistnivå (SLU, Masterprogrammet Industrial wood supply management). Etter gjennomført test ble instruksjonsvideoene produsert, som dekker generell funksjonalitet. Jon Harby (Glommen Mjøsen Skog) har testet den siste versjonen av øvingsmiljøet og vurdert realismen og forventningene i opplæringsøyemed. De siste testrundene var med studenter på Université Laval, og tømmerkjøpere hos Glommen Skog.

Prosjektperioden

Prosjektperioden ble forlenget fra desember 2025 til juni 2026 for å muliggjøre flere testgrupper. Testgruppene vises i tabellen under. 1-3 øvinger ble kjørt per testgruppe, avhengig av programmets tilgjengelig øvingstid.

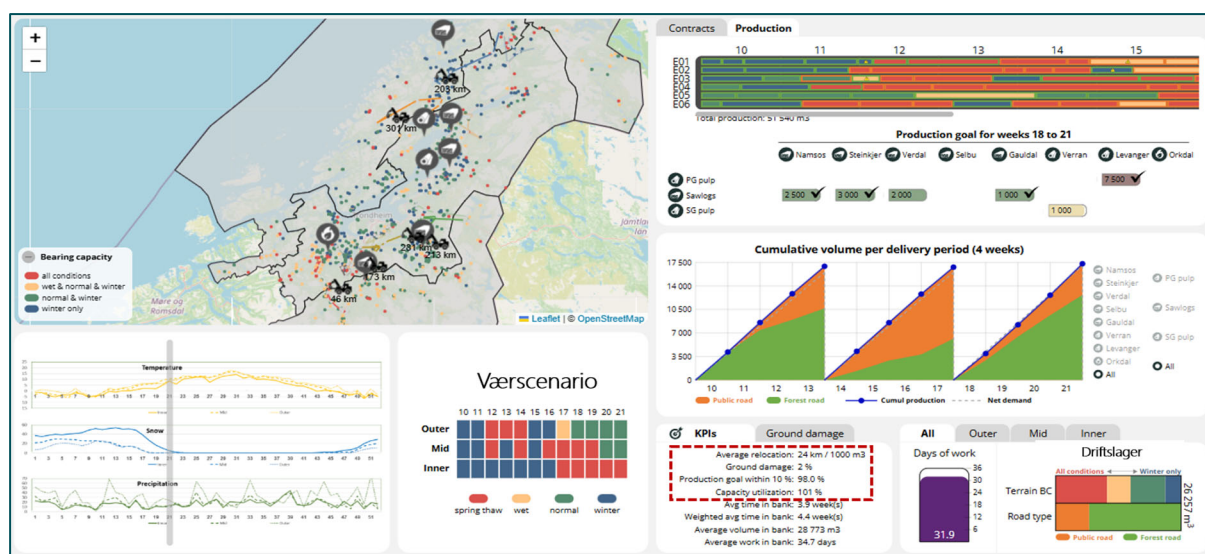
Tabell 1. Ulike testgrupper for Harvest Arena (2025-2026).

Gruppe	Program	Nivå	Øvingsrunder
Fagskole Innlandet	Skogtekniker	Yrkesutdanning (1 år)	2 (25+)
NMBU-Ås	Skogfag	Bachelor (Skogfag)	1 (25+)
NMBU-Ås	Skogfag	Master (Skogfag)	3 (8)
SLU-Umeå	Skogsvetenskap	Master (Industrial Wood Supply Management)	2 (25+)
Université Laval	Engineering	Bachelor (Forest operations)	2 (7)
Glommen Skog	Skogkurs	Tømmerinnkjøpere	3 (10)

Fra høsten 2026 brukes øvingsmiljøet også ved SLU-Skinskatteberg (skogsmästare).

Resultat: Simulatortrening i Harvest Arena

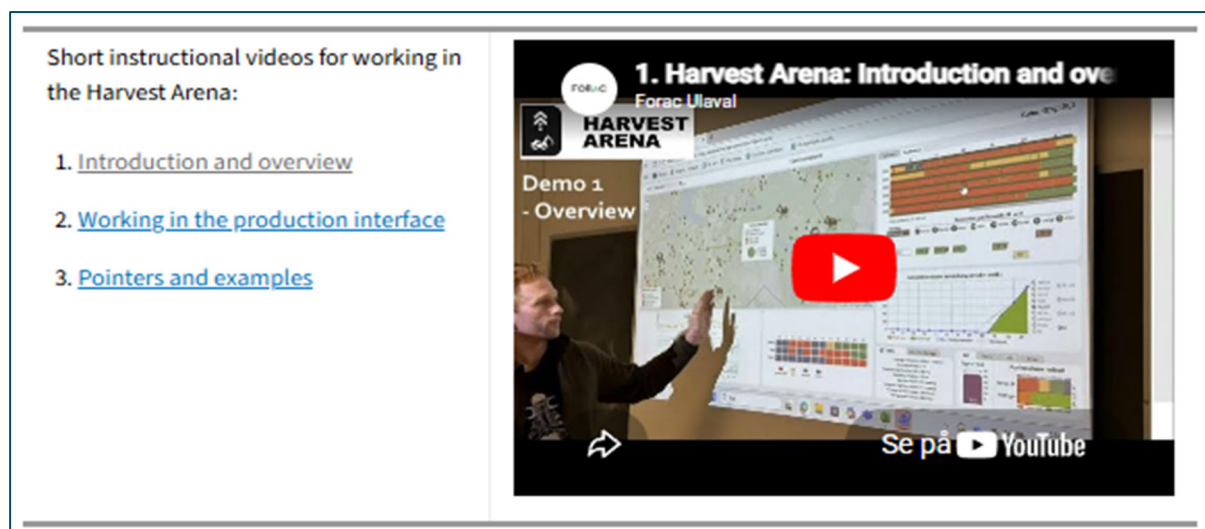
Harvest Arena fokuserer på ukentlig styring av 6 driftslag, med hensyn til industriens produksjonsmål, entreprenørenes kapasitetsutnyttelse, flytting mellom drifter og risiko for sporskader. Produksjonsløypene skapes ved å klikke og dra driftslagene mellom utvalgte drifter på et interaktivt kartgrensesnitt (Fig. 1). Driftene blir da automatisk periodisert med utfall per sortiment og uke. Samtidig velges industrikunder for de respektive sortiment med ønsket aptering.



Figur 1. Nettbasert brukergrensesnittet i Harvest Arena med klikk og dra-produksjonsløyper for 6 driftslag og produksjonsoppfølging (KPIer) for opptil 8 industrikunder. Øvingsområdet er Midt-Norge med 3 klimasoner (ytre-, midtre- og indre strøk).

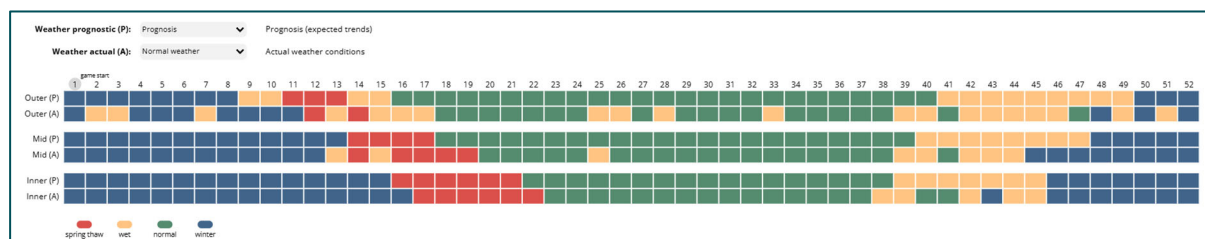
Mye av utfordringene består av å velge de rette driftene til enhver tid, som følge av f.eks. endringer i været, eller omprioritering mellom sortimenter. Derfor finnes en enkel filterfunksjon for å velge hvilke typer drifter som skal vises i kartgrensesnittet.

Opplæringsmiljøet Harvest Arena er nå fritt tilgjengelig for alle via FORACs hjemmeside *Educational Games*, ved Université Laval ([Educational games | FORAC - Forest to customer](#)). Løsningen sikrer stabil drift og vedlikehold for fremtiden. Her finnes også instruksjonsvideoer for nye brukere (Fig. 2; 1.introduksjon, 2. planlegging, 3. gode råd og eksempelplaner).



Figur 2. Instruksjonsvideoer for Harvest Arena.

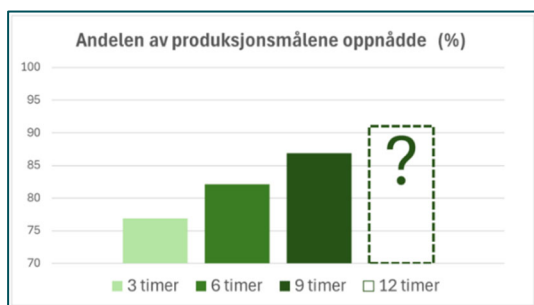
Testene ble gjennomført med 8- og 12-ukers scenarioer. Valg av scenario/væertyper gjøres av instruktøren ut ifra kalenderuke (Fig. 3). I begynnelsen krever gjennomføringen 2,5-3 timer for et 12-ukers scenario. Øvingen kan også avgrenses til 8 uker med 1,5-2 timers øvingstid, som passer bra som en introduksjon (stabile driftsforhold; vinter eller barmark). Øvingsmiljøet bruker 4 væertyper (vinter, barmark, bløt barmark, og teleløsning) med 4 tilsvarende klasser for bæreevne i terrenget.



Figur 3. Utvalg av væertyper tilgjengelige for valg av øvingsscenario (uke 1-52, med valgfritt tidspunkt for start).

Resultater – hvordan gikk det?

Læring via erfaring – Formålet med øvingsmiljøet er å få erfaring i å løse ulike typer utfordringer på kortere tid. For det første testet fikk NMBU studentene kjøre 3 scenarioer av økende vanskelighetsgrad (stabile driftsforhold, våt høst, og teleløsning). For hver øvingsrunde økte treffsikkerheten for produksjonsmålene, til tross for stigende vanskelighetsgrad (Fig. 4). Under forfallsperioder var det en markant økning i flytteavstand mellom drifter og risiko for sporskader. (Fig. 5).



Figur 4. Andelen av produksjonsmålene som ble oppnådd etter 3 øvingsrunder (snitt).



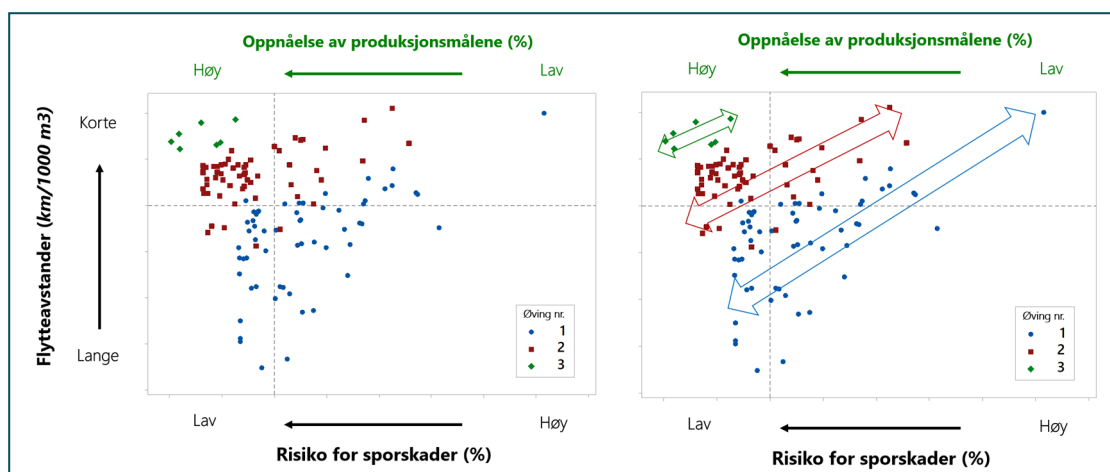
Figur 5. Sammenligning av risiko for sporskader (venstre) og flytteavstand mellom drifter (høyre) mellom høstvær og teleløsning.

For hver øvingsrunde skulle flere mål oppnås. I begynnelsen var mange fokuser primært på korte flytteavstander. Etter hvert økte kontrollen over produksjonstakt, sortimentsfordeling og veiens tilgjengelighet. I praksis tilkommer flere praktiske begrensninger, som f.eks. skogeierens preferanser for driftstidspunkt, og krevende velteplasser.

Figur 6 (venstre) viser en sammenstilling av resultater for alle testgrupper med flere øvingsrunder. Progresjonen gikk gradvis mot høyere oppnåelse av produksjonsmålene og mindre risiko for sporskader. For hver øvingsrunde viser Figur 6 (høyre) sammenhengen mellom:

- **korte flytt** med lav oppnåelse av produksjonsmålene og høy risiko for sporskader
- **lengre flytt** med høy oppnåelse av produksjonsmålene og lav risiko for sporskader

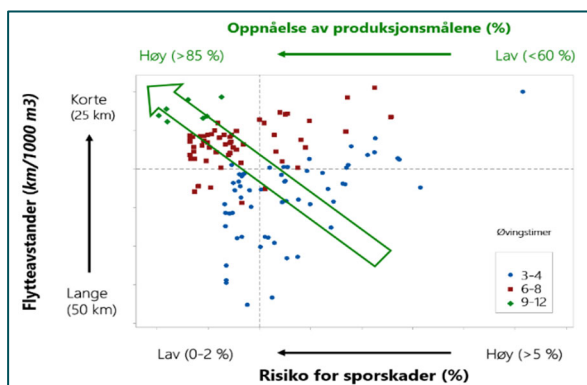
Disse forhold drives av den større valgfrihet i drifter (f.eks. dagsproduksjon, sortimentsfordeling, og bæreevne) ved lengre flytt, der f.eks. tette grupper av drifter (klynger) hjelper med å redusere flytteavstand per 1000 m³.



Figur 6. Sammenstilling av resultater for grupper med flere øvingsrunder (venstre). Til høyre vises samvariasjonen mellom nøkkeltallene per øvingsrunde (multivariat PCA).

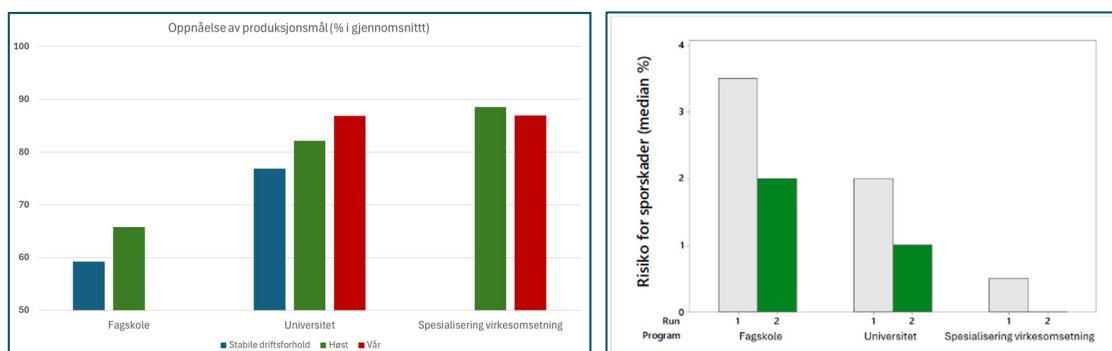
Etter 2 øvingsrunder hadde mange av deltagerne oppnådd et god prestasjonsnivå (øvre venstre kvadrat i Fig. 7). Med utgangspunkt i resultatene foreslåes følgende mål (gruppens gjennomsnitt) for 3 øvingsrunder:

- 85 % treff på produksjonsmålene (+/- 10% per industrikunde)
- 0-2 % risiko for sporskader
- flytteavstander under 30 km per 1000 m³.



Figur 7. Progresjonen mot benchmark prestasjoner i Harvest Arena (2025-2026).

Høy treffprosent for produksjonsmålene er det som har vært mest vanskelig å oppnå. De som hadde minst erfaring/opplæring innen virkesomsetning startet med lavere treffprosent og høyere risiko for sporskader (Fig. 8). Etter siste test ved Université Laval og Glommen Skog skal grafikken for produksjonsoppfølging gjøres mer tydelig.



Figur 8. Utvikling for treffprosent for kundespesifikke produksjonsmål (venstre) og reduksjon av sporskader (høyre), for ulike testgrupper.

Gruppen som gikk spesialiseringsprogrammet for virkesomsetning hadde allerede arbeidet mye med produksjonsstyring, og forskjellen mellom øvingsresultatene speilet forskjellene mellom øvingenes vanskelighetsgrad (f.eks. bløt høst kontra teleløsning). Reduksjon av sporskader mellom øvingene viste en liknende trend; med størst relativ forbedring for de med minst opplæring eller erfaring.

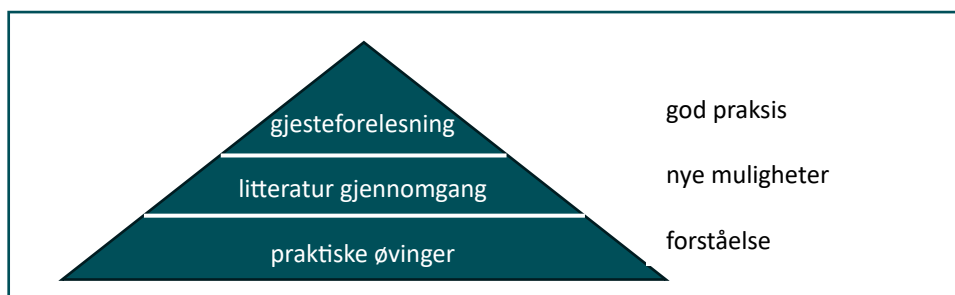
Konklusjoner om øvingens nytte til opplæring er derfor tre-delt:

- På lavere utdanningsnivåer tilbyr øvingsmiljøet en introduksjon til målbildet som må håndteres i praksis. Men det kan kreve flere øvingsrunder for mestring av oppgaven.
- For prosjektets målgruppe (skogfag på universitetsnivå, eller med erfaring fra innkjøp/produksjon) fungerte miljøet som tenkt. Gjennomføringstiden for et 12-ukers scenario er fremdeles lang (2,5-3 timer/øvingsrunde), men er akseptabel for 8-ukers scenarioer (1,5-2 timer/ vingsrunde).
- På spesialistnivå (universitetsnivå; masterstudier i virkesomsetning) tilbyr øvingsmiljøet et stort utvalg av vanskelighetsniv er, slik at ulike typer utfordringer kan mestres på kortere tid.

Øvingens realisme: Jon Harby (Glommen Mjøsen Skog) noterte at mange produksjonsledere har ansvar for 10 driftslag. Øvingene med 6 driftslag per deltager er derfor mindre komplekse enn i virkeligheten. Alle testene viser at det meste krevende mål å oppnå er produksjonsmålene. En margin på +/- 10% per måned og industrikunde anser Harby som rimelig.

Undervisningsopplegg for aktiviserende læring

Øvingen inngår i kurs på 10-15 høyskolepoeng (dvs 250-375 timer), der et tema (modul) gjerne starter med en øving for å gi grunnleggende forståelse. Øvingen følges opp av relevant litteratur, og avsluttes med en gjesteforeleser som presenterer god praksis fra næringen (Fig 9). På NMBU, f.eks., starter logistikk-modulen med overordnet planlegging av årsbudsjetter for innkjøp, produksjon og transport. Dette gir konteksten for de seinere planleggingsoppgaver.



Figur 9. Pedagogisk prinsipp for mestring av komplekse planleggingsoppgaver.

Gjennomføring av øvingen – En slik modul forutsetter minst 2 øvingsrunder for å kunne:

- sette fokus på mål og forbedringsmuligheter (etter øving 1)
- vise forbedringen (etter øving 2).

Etter erfaring med de ulike testgrupper foreslås opplegget som vises i Tabell 2.

Tabell 2. Undervisningsopplegg for Harvest Arena (2-3 øvingsrunder)

Øvingsrunde		Innledningen dekker	Oppfølging i salen dekker	
			måloppnåelse	gruppediskusjon
1	8 uker - stabil driftsforhold	Mål, oversikt, og instruksjoner	3 KPIer	Arbeidssteg
2	12 uker – barmark til vinter	Gode råd, eksempelplaner	4 KPIer	Viktige prinsipper
3	12 uker - vinter til barmark	Instruksjoner for innkjøp	5-6 KPIer (med innkjøp)	Egne presentasjoner

For oppfølging lastes ned hele gruppens resultatene fra FORAC-serveren og nøkkeltallene presenteres grafisk. Eksempel på benchark prestasjoner vises i Tabell 3.

Tabell 3. Forslag til benchmark for de respektive øvingsrunder (studentgrupper).

Øving nr	Benchmark (nøkkeltal)					
	Produksjonsmål (treff %)	Risiko for sporskader (% volum)	Flytteavstand (km/1000 m3)	Kapasitetsutnyttelse (%)	Driftslager (uker)	Andel til helårsveier (% volum)
1	>70	< 5	< 50			
2	>80	< 2	< 40	> 98		
3	>85	< 2	< 30	> 98	> 4 uker	35%

Refleksjoner fra spesialistutdanning – Testgruppen med den mest oppfattende opplæring innenfor virkesomsetning var studentene i masterprogrammet *Industrial wood supply management*. Vi fikk to viktige feedback etter denne testen:

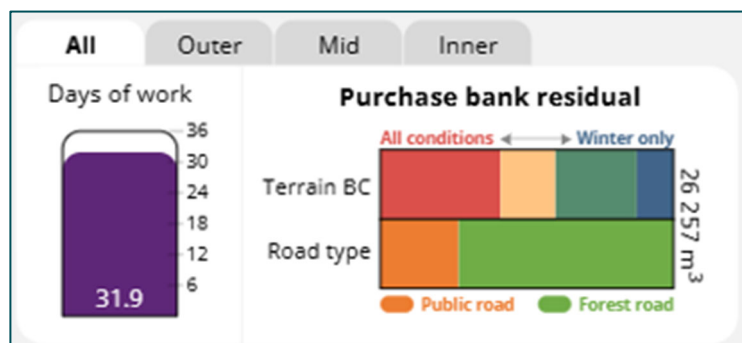
- *Fra studentene*; Kontinuerlig oppfølging av driftslageret er bra. Dette ønskes også i Virtual Wood Supply Arena
- *Fra gjestlærer Johan Samuelsson (Sveaskog)*: «Nå begynner studentene å tenke rett!».

Konklusjonen er at øvingsmiljøet tilbyr en mer virkelighetsnær opplevelse enn studentene har kunne oppleve tidligere. Utvikling av innsikt og ferdigheter står i proporsjon til tiden som investeres. Variasjonen mellom deltagere i en gruppe er ofte stor. Det er her den største utfordringen ligger; å løse alle deltagere opp til det ønskede nivået. Nøkkelen til progresjon er engasjement og støtte underveis.

Motivasjonen er ulikt for ulike deltagere - For visse er konkurransen om høye nøkkeltall det som driver motivasjonen. For andre er det den stegvise mestringen. Undervisningsopplegget per i dag er designet etter prinsippet «learning by doing» der hver øvingsrunde avsluttes med gruppediskusjoner får å klargjøre i) mål å fokusere på, ii) systematiske arbeidssteg iii) gode prinsipper å jobbe etter. Deltagernes deling av refleksjoner med resten av gruppen driver læringsutbyttet, så tilrettelegging for åpne diskusjoner under og etter øvingene er viktig.

Tilleggsfunksjon for tømmerinnkjøp

Etter at deltagerne hadde kommet godt i gang med produksjonsplanleggingen (NMBU, SLU), inkluderte den siste øvingen ansvar for tømmerinnkjøp og valg av aptering. Innkjøp måtte også ta hensyn til veistandard for å sikret leveranser under forfallsperioden. Driftslageret skulle holde minst 4 uker avvirkning, med bæreevne som matcher de driftsforholdene som forventes i de kommende uker (Fig. 10). Den siste øvingsrunden inkluderte også en extra bestilling av ukjent volum på ukjent tidspunkt.



Figur 10. Kontinuerlig oppfølging av driftslageret. Venstre: mengde (days of work; tilsvarende produksjonsdager/driftslag). Høyre: fordeling av bæreevne (terrain; drift, road; vei).

Resultatformidling

Etter testing på NMBU ble det publisert en fagartikkel i *Norsk Skogbruk*, og en *Nyhet fra Skogkurs*. Instruksjonsmateriale finnes på engelsk (video) for bruk i Norge, Sverige og Canada. De norske instruksjonene (PPT) har noe flere eksempelplaner enn de engelske, med større innsikt i geografi og driftsforhold. En engelsk artikkel sendes inn til *International Journal of Forest Engineering* i august. Prosjektet presenteres ved årets europeisk FoU konferanse (FORMEC 2026) i september.

Hittil har formidlingen skjedd primært ved praktisk bruk av Harvest Arena ved NMBU, SLU og Glommen Skog (Tab. 1). Harvest Arena er nå tilgjengelig for alle via FORACs hjemmeside *Educational games*. FORACs servertjenester har vist seg være en driftssikker løsning siden 2005 for våre andre læringsarenaer.

Referanser til formidling

Fjeld, Marier, LeBel (2025). *Skog til industri – Simulatortrening for produksjonsstyring*. Norsk Skogbruk Nr. 11-2025. [Norsk Skogbruk 27. november 2025](#)

Fjeld (2025). *Hvor god produksjonsplanlegger kan du bli?* Skogkurs Nyheter 29.Okt 2029. [Hvor god produksjonsplanlegger kan du bli? • Skogkurs](#)

Fjeld, Marier, LeBel (2026). Simulatortrening for produksjonsstyring Harvest Arena (Introduksjon PPT 33 s).

Fjeld, Marier, LeBel (2026). Instructional videos for working in the Harvest Arena:

1. [Harvest Arena: Introduction and overview](#)

2. [Harvest Arena: Working in the production interface](#)

3. [Harvest Arena: Pointers and examples](#)

Fjeld, Marier, LeBel (akseptert). *FORAC Harvest Arena – new online training for CTL production management*. Foredrag ved FORMEC 2026 (Prague Sept. 14-18). [First announcement Formec 2026 - Formec](#)



SKOGKURS