

Fakultet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi

Lars Risebrobakken

Bacheloroppgave

Utvikling av tinderekke foran eksisterende lamellslodd på Globus GRS 540 CR trommel

The Development of a Row of Tines in Front of the Levelling Board on the Globus
GRS 540 CR Roller

Bachelor i landbruksteknikk

2020

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage JA NEI

Forord

Bacheloroppgaven setter punktum for tre lærerike år på Blæstad. Gjennom utdanningen har vi vært igjennom mange forskjellige fagfelt og fått en bred kunnskap om mange emner i landbruket. Noen av de emnene som interesserte meg mest var verksted og konstruksjon, dataassistert konstruksjon og feltmekaniseringfagene. I tillegg til teknikk-fagene valgte jeg å ta plantekultur, noe som åpnet øyene og interessen min for nettopp planter og jord. Jeg ønsket derfor å skrive en oppgave som kunne kombinere disse emnene på en god måte.

Jordbearbeidingsredskap er noe som fenger mange, inkludert meg. I samarbeid med Globus AS har jeg sett på muligheten ved å videreutvikle deres trommel til et mer kompetent jordbearbeidingsredskap, som på en mer effektiv måte vil lage et godt såbed.

Jeg vil rette en spesiell takk til:

Hans Christian Endrerud for veiledning og ideer underveis

Globus AS for hyggelig samarbeid og vilje til å satse på studenter

Robin Hagen, konstruktør hos Globus AS, for god hjelp til ideer og rettleiding

Elisabeth Røe som alltid vet svaret på alt som har med studiet å gjøre

Dag Jørgensen for tips til hydraulikk

«Rektorgjengen» og andre medstudenter for gode faglige diskusjoner gjennom studietiden

Norsk sammendrag

Antall dekar dyrkbar jord i Norge synker for hvert år som går, samtidig som innbyggertallet stadig øker. For at landbruket skal innfri det politiske målet om økt selvforsyning, betyr dette at avlingene må økes på eksisterende areal. Et punkt i økte avlinger er god og riktig jordbearbeiding.

Tradisjonell jordbearbeiding der jorda vendes ved hjelp av plog er mest gjeldende i dagens norske jordbruk. Som sekundær jordbearbeiding, etter ploget, benyttes mange ulike redskaper. Et av disse redskapene er trommel med lamellslodd. Under gode forhold kan redskapet oppnå ferdig såbed ved én overkjøring. Det viser seg derimot at denne redskapen har ulike utfordringer under mindre gunstige vær- og jordforhold. Oppgavens problemstilling lyder derfor slik:

Vil et ekstra arbeidsorgan på trommel med lamellslodd gjøre en bedre og mer effektiv bearbeidelse av pløgsla for å sikre et bedre såbed?

Oppgaven tar utgangspunkt i Globus AS sin GRS CR 540 trommel med lamellslodd. Innledende tindeteori, konstruksjon av forsøksrigg, gjennomføring av feltforsøk og vurdering av ulike alternativer legger grunnlaget for sluttresultatet som konstrueres ved hjelp av dataassistert konstruksjon.

Det konkluderes med at et ekstra arbeidsorgan i form av tinderekke foran lamellslodden definitivt har en funksjon og at sluttproduktet kan gi et bedre resultat enn dagens trommel med kun lamellslodd.

Engelsk sammendrag (abstract)

The number of acres of arable land in Norway decreases every year, while the population continues to increase. In order to meet the political policy of increased self-sufficiency, this means that crops must be increased on existing areas. One way to obtain increased crops is good and proper tillage.

The conventional tillage system where the soil is turned by plough is most common in today's Norwegian agriculture. In a secondary tillage, after the plough, many different tillage implements may be used. When the conditions are suitable the roller with the levelling board may make a seedbed in just one operation. However, it proves that this equipment may cause problems when the weather- and tillage conditions are not optimal. My thesis is therefore the following:

Will a row of tines added to a roller with levelling board make a better and more efficient tillage of the plough furrow in order to make a better seedbed?

The task is based on the Globus AS's GRS CR 540 roller with levelling board. An introduction of alternative tines, the construction of the experimental rig, the field experiments and finally an evaluation of the results. These results made it possible to construct a functional tillage organ by using computer- aided construction program.

The field experiments show that to add a row of tines in front of the levelling board clearly give a better seedbed than just the roller with the levelling board.

Innholdsfortegnelse

Innhold

NORSK SAMMENDRAG	3
ENGELSK SAMMENDRAG (ABSTRACT)	4
1. INNLEDNING	10
1.1 GÅRDSDAGENS OG FREMTIDENS BEHOV I LANDBRUKET	10
1.2 EGEN BEGRUNNELSE FOR OPPGAVEN	11
1.3 MITT SAMARBEID MED GLOBUS AS	11
2. TROMMELEN	12
2.1 TROMMELENS HENSIKT/OPPGAVE	12
2.2 TROMMELENS HISTORIE	12
2.2.1 Tidlig historie	12
2.2.2 Crosskill og Cambridge	13
2.2.3 Arbeidsbredde	14
2.2.4 Norske trommelprodusenter	15
2.2.5 Slodden og trommelen kombineres	17
2.3 TROMMELENS OPPBYGGING	18
2.3.1 Roterende organ	18
2.3.2 Sammenleggbarhet/transport	19
2.3.3 Lamellslodd/sloddeplanke	19
2.3.4 Annet ekstrautstyr til tromler	22
2.3.5 Hva kreves av en god trommel?	23
3. ALTERNATIVE PRODUKTER TIL SLODDETROMMEL	24
3.1 OPTIMALT SÅBED	24
3.2 SLODDEN	25

3.3	SÅBEDSHARV	26
3.4	SKÅLHARV	27
3.5	JORDPAKKER	29
3.6	SLODDHARV	29
4.	ULIKE TINDETYPER OG DERES FUNKSJON OG VIRKEMÅTE	30
4.1	GENERELL TINDETEORI	30
4.2	ULIKE TINDER	30
4.2.1	<i>Stive tinder</i>	31
4.2.2	<i>Fjærende tinder</i>	31
4.2.3	<i>Fjærende tinder for dyp bearbeiding</i>	32
4.2.4	<i>Fjærende tinder for middels dyp bearbeiding</i>	33
4.2.5	<i>Fjærende tinder for grunn bearbeiding</i>	33
4.3	SPISSER	34
4.3.1	<i>Spisser for primær jordbearbeiding</i>	34
4.3.2	<i>Spisser for sekundær jordbearbeiding</i>	35
4.4	TREKKRAFTBEHOV	36
5.	PROBLEMSTILLING, MÅL OG AVGRENSING	37
5.1.1	<i>Problemstilling</i>	37
5.1.2	<i>Hovedmål</i>	37
5.1.3	<i>Avgrensninger</i>	38
6.	MATERIAL OG METODE	39
6.1	DAGENS TROMMEL.....	39
6.2	KONSTRUKSJON AV FORSØKSRIGG	40
6.3	TESKJØRING AV FORSØKSRIGG	40
6.3.1	<i>Hensikt med forsøk:</i>	40

6.3.2	<i>Forsøksfelt</i>	41
6.4	KONSTRUKSJON AV SLUTTPRODUKT	43
6.4.1	<i>Kravspesifikasjon</i>	43
6.4.2	<i>Concept screening</i>	44
6.4.3	<i>Utregning av trekkraftbehov</i>	44
7.	RESULTATER	45
7.1	KONSTRUKSJON AV FORSØKSRIGG	45
7.1.1	<i>Konstruksjon av testbraketten i praksis</i>	46
7.1.2	<i>Virkemåte forsøksrigg</i>	49
7.2	RESULTATER FRA FORSØK MED FORSØKSRIGG	50
7.2.1	<i>Rute 1 - Kun harvetinder i ubehandlet pløgsle</i>	50
7.2.2	<i>Rute 2 – Kun harvetinder på tromlet pløgsle - spadeprøve</i>	50
7.2.3	<i>Rute 3 – Harvetinder og sloddeplanke i ubehandlet pløgsle</i>	51
7.2.4	<i>Rute 4 – Harvetinder og sloddeplanke til utjevning av tomfår/grøft</i>	53
7.2.5	<i>Oppsummering av forsøkene</i>	53
7.3	PLASSERING AV TINDEREKKE I FORHOLD TIL LAMELLSLODD	54
7.3.1	<i>Alternativ 1 - Innfesting på drag</i>	54
7.3.2	<i>Alternativ 2 - Innfesting foran trommelens lamellslodd, ny arm</i>	54
7.3.3	<i>Alternativ 3 - Innfesting i trepunkt</i>	55
7.3.4	<i>Alternativ 4 - Innfesting foran trommelens sloddeplanke, parallellogram</i>	55
7.3.5	<i>Kriterier for valg av plassering av harvetinderekke</i>	56
7.3.6	<i>Screening av plassering av tinderekke i forhold til lamellslodd</i>	57
7.4	VALG AV INNFESTNING LAMELLSLODD TIL NY ARM.....	58
7.4.1	<i>Alternativ 1 - Firkantør i rundt rør</i>	58

7.4.2	<i>Alternativ 2 - Feste i øye</i>	58
7.4.3	<i>Alternativ 3 - Spesielskive</i>	59
7.4.4	<i>Kriterier for valg av innfesting av lamellslodd</i>	60
7.4.5	<i>Screening av innfestning lamellslodd</i>	61
7.5	VALG AV HARVETINDER.....	61
7.5.1	<i>Ulike tindetyper</i>	61
7.5.2	<i>Screening av ulike tindetyper</i>	62
7.6	FERDIGE KOMPONENTER	63
7.6.1	<i>Ny arm</i>	63
7.6.2	<i>Feste til firkantrør lamellslodd</i>	64
7.6.3	<i>Hele konstruksjon høyre side</i>	65
7.6.4	<i>Hele konstruksjon med tinder</i>	66
7.6.5	<i>Komplett trommel</i>	67
7.6.6	<i>Hydraulikk</i>	68
7.6.7	<i>Utrekning av trekkraftbehov</i>	71
7.6.8	<i>Vekt</i>	72
8.	DISKUSJON	73
8.1	FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	74
9.	KONKLUSJON	75
10.	REFERANSER	76
11.	VEDLEGG	80
11.1	VEDLEGG 1 – FORSØKSRIGG	81
11.2	VEDLEGG 2 – ARM MED DELELISTE.....	82
11.3	VEDLEGG 3 – KONSTRUKSJON MED DELELISTE	83
11.4	VEDLEGG 4 – TOPVIEW	84

11.5	VEDLEGG 5 – LEFT VIEW	85
11.6	VEDLEGG 6 – SAMMENFELT.....	86
11.7	VEDLEGG 7 – HYDRAULIKKSKJEMA.....	87
11.8	VEDLEGG 8 – UTREGNING SKYVEKRAFT 1/2.....	88
11.9	VEDLEGG 8 – UTREGNING SKYVEKRAFT 2/2.....	89

1. Innledning

1.1 Gårdsdagens og fremtidens behov I landbruket

I løpet av 1930-tallet kom den første traktoren til hjemgården min. En stor nyvinning etter datidens standard. Noe av den gamle hesteredskapen ble tilpasset traktoren. Annet utstyr ble satt vekk og erstattet med nytt og moderne utstyr. Etter noen år ble traktoren byttet ut i nyere og større modell. Nok en gang ble utrangert redskap satt vekk, og ny redskap kom til. Slik har det fortsatt fram til i dag, med stadig økende krav til effektivitet og mer areal som skal kjøres over.

Noen år før hjemgården fikk sin første traktor, nærmere bestemt i 1923, ble det startet landbruksutdanning på Blæstad. Blæstad har også fulgt med i utviklingen fra å være jord- og hagebruksskole, til å nå være høgskole for agronomi og landbruksteknikk. På Blæstad har man vært med på utviklingen innen landbruket i snart hundre år, og er vel kjent i landbruksmiljøet.

Da Blæstad ble grunnlagt i 1923 hadde Norge et innbyggertall på 2,7 millioner. I 2019 var tallet steget til over 5,3 millioner (Statistisk Sentralbyrå, 2020). Innenfor samme periode er jordbruksarealet så godt som uendret, om man sammenligner Jordbrukstillingen for 1918 med statistikk for 2019 (Det Statistiske Centralbyrå, 1918). Tallet for dyrkamark har vært høyere i perioden, men har de siste årene blitt redusert (Regjeringen , 2018).

Dette vi si at samtidig som befolkningen i Norge stadig øker, er det ingen økning i jordbruksarealet. Samtidig er det et samlet politisk mål om økt selvforsyning (Pollestad, et al., 2018). Av den grunn innebærer det at avlingene må økes på det arealet som er tilgjengelig-

Det er flere måter å øke avlingene. Ett av de viktigste dyrkingstekniske tiltakene som gjøres er jordbearbeiding. Ved å innarbeide planterester, bekjempe ugras og plantesjukdommer, og å lage et godt såbed, legger man til rette for gode avlinger (Seehusen, 2020).

Med stadig økende areal pr gårdbruker og et mer ekstremt vær, kreves det stor effektivitet i arbeidet. Maskiner som kombinerer flere arbeidsoperasjoner på en gang er derfor ønskelig. Ved å kombinere flere gamle jordbearbeidingsmetoder med ny teknikk, kunnskap og effektivitet, vil oppgaven ta for seg utvikling av et tradisjonelt redskap for framtidens landbruk.

1.2 Egen begrunnelse for oppgaven

Jordbearbeiding er stadig et hett tema, og det har vært mange gode diskusjoner på Blæstad om hva som er den beste løsningen, med alt i fra tradisjonell jordbearbeiding til «conservation agriculture». Mens det har vært stort fokus og utvikling på redskap til redusert jordbearbeiding, har det ikke vært like stor utvikling i redskaper til tradisjonell jordbearbeiding.

Et redskap som ofte går under radaren når det gjelder jordbearbeiding er trommel med lamellslodd. Redskaper kombinerer to maskintyper og -funksjoner. Den ene delen er den tradisjonelle trommelen slik vi kjenner den fra før, mens sloddeplanken foran kan i flere tilfeller erstatte slodden. Undertegnede har over flere år sett flere utfordringer med dagens tromler med lamellslodder. Redskapens evne til å ferdigstille såbed er god under ideelle forhold i enkelte jordtyper, mens de i tyngre jordarter ofte hverken er tunge nok og gjerne skulle hatt et ekstra arbeidsorgan som løser opp jorda mer før lamellslodden slodder overflaten.

1.3 Mitt samarbeid med Globus AS

Sensommeren 2019 tok jeg kontakt med Globus AS i Brumunddal der jeg forhørte meg om de var interessert i et samarbeid om bacheloroppgave. Globus viste interesse, og 21. august var første møte sammen med konstruktør Robin Hagen. Her ble forskjellige forslag til nye eller videreutviklede produkter og ideer vurdert. Et av forslagene fra min side var videreutvikling av GRS trommel med lamellslodd, og dette var mest interessant for begge parter. Deretter gikk arbeidet i gang med vurdering av forskjellige alternativer og løsninger.

Globus AS er lokalisert i Brumunddal og har i over 100 år produsert redskap til jordbruk. Bedriften har hatt flere eiere, blant annet Kverneland. Under eierskapet til Kverneland ble det produsert Kverneland-produkter i form av såmaskiner, skålharver, gjødselspredere, steinplukkere og steinriver. I dag eies bedriften av BR Industrier AS. Fokusområdene til bedriften i dag er primært snø, anlegg og jordbruk.

Av jordbruksprodukter tilbyr bedriften videreføring av steinutstyr fra Kverneland-tiden, i tillegg til nyutviklede steinriver og steinsvanser. Globusslodden som tilbys er en videreføring av Blæstadslodden. Globus AS tilbyr tromler i flere arbeidsbredder sammen med rundballegafler, steinhenger og nytt av året også avlesservogn og dyrehenger.

2. Trommelen

2.1 Trommelens hensikt/oppgave

Trommelen er i hovedsak et redskap som skal pakke jorda etter såing for å sikre jordkontakt for såfrøet. Såfrøet legges på ubehandlet og fuktig harvebunn, mens løs jord da pakkes rundt frøet. Pakkingen fører til at noe av luftinnholdet i det øverste jordlaget minskes. Dermed økes varmeledningsevnen ovenfra (Glemmestad, 1981). Vanntransporten bedres ved at kapillærevnen forsterkes når jorden pakkes. På den måten økes spireevnen og det legges til rette for en god start på vekstsesongen for såfrøene.

Ujevnheter etter såmaskinen kan til en viss grad jevnes ut med trommelen. Klumper og større jordaggregater vil smuldres og knuses ned til mindre aggregater. Overflaten etter tromling etterlates med en ruglete overflate som øker arealet og minsker faren for skorpedannelse og slamming (Gramstad, 2016). Trommelen har også evnen til å klemme ned stein. Dette er fordelaktig for høstmaskiner slik som slåmaskiner og skurtreskere.

Det er mest vanlig å tromle etter såing. Dette gjelder for å klemme jorda rundt korn og oljevekster, men også for å molde ned og sikre jordkontakt for breisprede grasfrø. Ved mye stor jordklump kan tromling før såing bidra til å knuse klumpene. Det kan også være gunstig å tromle før såing på løs jord som for eksempel er vårpløyd. På den måten vil det være enklere for såmaskinen å få en eksakt plassering av såfrø og eventuell mineralgjødsel. I tillegg vil det føre til mindre sluring for såtraktor, noe som er fordelaktig for jordstrukturen i form av mindre jordpakking (A & Lal, 1990). Det er ikke heldig å tromle etter spiring, men i enkelte tilfeller der det er dannet skorpe kan det være fordelaktig.

2.2 Trommelens historie

2.2.1 Tidlig historie

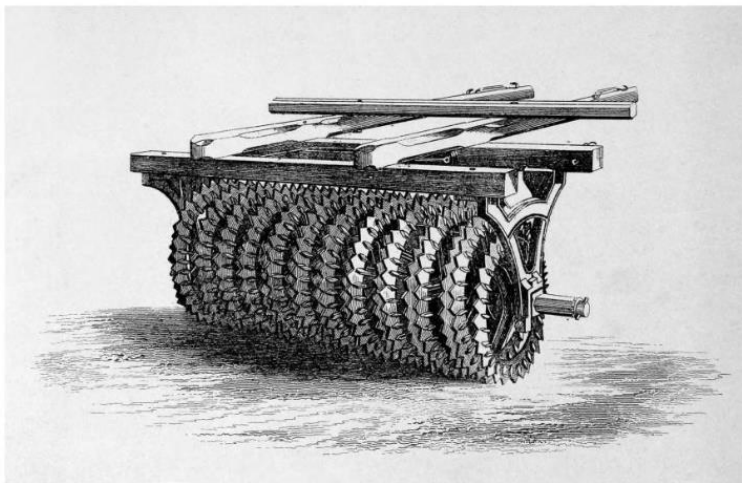
Tilbake på 16- og 1700-tallet var tromlene enkle, med hovedsakelig tre deler; et rullende organ, som oftest en trestokk i passende diameter og bredde, en treramme opplagret i senter av tømmerstokken og en slepeanordning som ble festet i trekkdyret, altså hesten. Som slepeanordning ble det brukt tau (Stratmann & Bodo, 2013). For de enklere tromlene ble det gjerne bare brukt en trestokk som ble slept bak hesten. Her er det relativt lite informasjon fra

Norge, da det gjerne var hjemmelagde redskaper uten standardisering. Siden tromlene var såpass enkle kan det også tenkes at de gjerne ble lagd nye til hver våronn, da det gjerne var lett tilgang på materialer til trommelen, og treverket kunne ha en annen verdi i løpet av året. Innlysende nok varierte diameteren, tyngden og bredden på trommelen ut ifra lokale variasjoner i tilgang til skog, treslag og oppfinnsomhet.

2.2.2 Crosskill og Cambridge

Det var hovedsakelig i Storbritannia at de to store framskrittene for trommelen oppsto. Både Crosskill- og Cambridge-prinsippet ble patentert innenfor et par tiår, og er i dag de to vanligste alternativene man velger mellom på tromler.

Storbritannia var i tiden etter den industrielle revolusjon langt framme teknologisk, og i 1830-årene kom Briten William Crosskill opp med crosskill-systemet. Trommelen ble nå delt i flere smale ringer, opplagret rundt samme aksel, se figur 1. Redskaperen ble senere beskrevet under Verdensutstillingen London 1862 for å knuse klump som ikke hadde blitt brutt ned fra pløying og harving (Preston Shaffner, 2014). Redskaperen ble ikke beskrevet for å tromle etter såing, men hadde som beskrevet hensikt til å knuse klump før såing.



W. CROSSKILL'S SELF CLEANING CLOD CRUSHER & ROLLER.

Fig. 1 Tidlig fremstilling av CrossKill trommel. Hentet fra The International Exhibition of 1862.

Det andre store framskrittet kom i 1857. William Colbourne Cambridge patenterte i dette året Cambridge-ringene til trommelen. Han hadde produsert åkertromler siden 1840-tallet, men det var først i 1857 Cambridge-prinsippet ble patentert. Ringene på trommelen ble utformet på en

ny måte, kontra tidligere tromler med glatte ringer. Patentet ble beskrevet for «press-wheel roller» sammensatt av ringer med tynne skjærekanter, som er opplagret på samme aksel. For hver smale og taggete ring ble det montert bredere koniske skiver med mer buete formede tagger. Figur 2 viser konseptet og patentet. Det ble gjort poeng ut av at Cambridgetrommelen kunne brukes på jord som var sterkt angrepet av snegler og «wire-worm», og pakke gangene i jorda som sneglene og benyttet seg av (Grace's Guide to British Industrial History, 2018). I motsetning til Crosskill ble Cambridge konstruert for å tromle etter såing. Begge disse patentene ble dominerende på markedet fra ca. 1850, og mot slutten av 1800-tallet ble det, ifølge kilden, omtrent bare solgt støpejernstromler i Norge. Hvor stor prosentandel støpejernstromlene hadde kontra de tidligere i tre, vites ikke. Disse patentene la grunnlaget til de fleste åkertromlene vi i dag bruker.

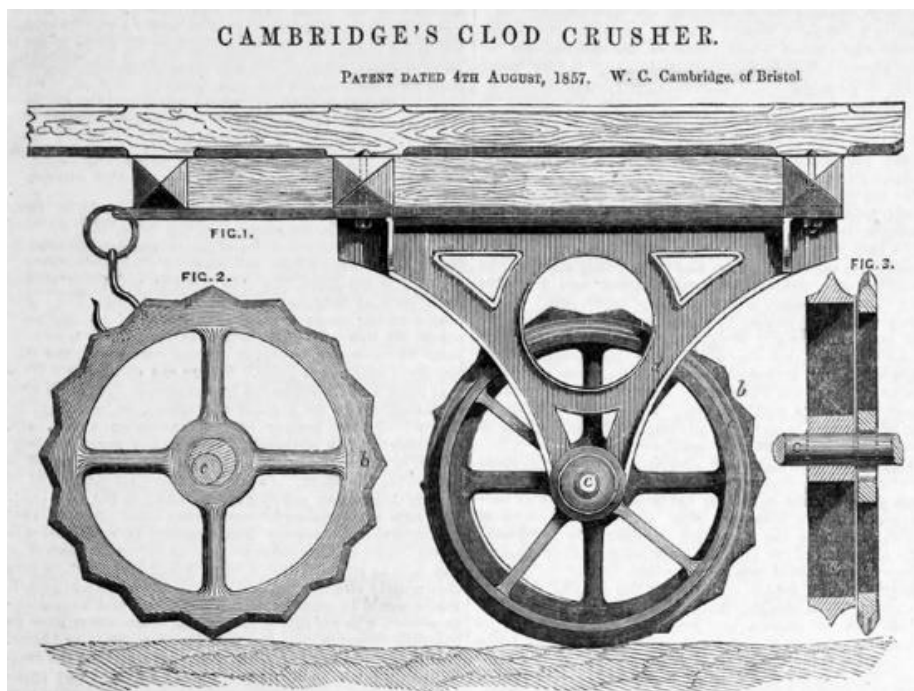


Fig. 2 Patentbevis på Cambridge støpejernstrommel. Hentet fra Grace's Guide to British Industrial History, 2013.

2.2.3 Arbeidsbredde

Fra boken «Jordbrukslære» fra 1943 framkommer det at «Den alminnelige glatte velt i tre har en arbeidsbredde på ca. 2 meter ...» (Boysen, 1943). Dette viser at selv om støpejernstromlene gjorde sitt inntog i Storbritannia drøye 100 år før, var fortsatt tre-trommelen i bruk i Norge. Cambridge-trommelen blir også beskrevet, og det oppgis en arbeidsbredde opp til 1,4 meter for én hest, og opp mot 2,2 meter for to hester (Boysen, 1943).

Glemmestad skriver i 1981 at «... trommel for store traktorer bør være delt i tre seksjoner» og at «til mindre traktorer er det vanlig med bare én seksjon» (Glemmestad, 1981). På tromler med flere seksjoner, ble seksjonene hengt i vinkel etter hverandre. Slik fikk man en breiere arbeidsbredde opp mot seks meter, samtidig som tromlene kunne følge terrenget bedre. Figur 4 viser trommel med tre seksjoner. Ulempen var transport etter vei, der seksjonene gjerne måtte fraktes på tilhenger mellom skiftene. Trepunktstilkoblet trommel hadde den fordelen at den kunne løftes, men arbeidsbredden oversteg sjelden 2,5 meter. Det fantes enkelte sammenleggbare trepunktmonterte tromler, slik som Väderstad TV 400, men dette ble en fordyrende løsning.

Etter hvert som gårdene ble større og antall skifter økte, ble det ønske om større arbeidsbredde og effektiv transport. Svenske Väderstad så behovet, og utviklet i 1976 HV-roller, en sammenleggbare trommel på opptil seks meter. Figur 3 viser HV-roller på Blæstad. Trommelen, bestående av tre seksjoner der de to ytterste felles hydraulisk opp ved transport og lagring, ble fort en suksess, og gjorde Väderstad til Europas største trommelfabrikant. (Väderstad AB, (u.å.)). Andre produsenter tok fort etter.



Fig. 3 Tidlig sammenleggbare trommel fra Väderstad med to seksjoner i aksjon på Blæstad. Av forfatteren.

2.2.4 Norske trommelfabrikanter

Selv om det igjennom historien har vært mange produsenter av norske redskaper, er det vært få produsenter av åkертromler. Det er vært hovedsakelig fem produsenter av tromler i Norge; Moelven Jernstøperi, Laxevaag Verk, Ise Bruk, Serigstad Maskinverksted og TKS. Serigstad

har hatt allsidig produksjon gjennom historien, men sluttet å produsere ringtromler i 1969, da lønnsomheten var for lav. Muligens som et resultat av at Serigstad la ned produksjonen av ringtromler, begynte TKS å produsere nettopp ringtromler mot slutten av 60-tallet. Disse ble produsert gjennom 70-årene. TKS sto kun for rammene til tromlene, mens ringene ble innkjøpt (Heieren, Ikke utgitt).

Det er uklart når Moelven Jernstøperi startet med ringtromler. Det er derimot slått fast at tromler for traktor ble produsert i slutten av 1940-årene. Rundt 1960 leverte bedriften tromler med inntil 45 ringer. Figur 4 viser reklame for Moelven tromler. Moelven Jernstøperi ble i 1978 kjøpt opp av eieren av Hamjern, som etter hvert begynte med produktutvikling under navnet Moelven Tromler. Toppmodellen besto av en trefelts hydraulisk trommel på 6,1 meter. I tillegg ble det produsert ytterligere to støpejernstromler; Smågistro og Spegistro. I dag er det Globus som viderefører arven etter Moelven Jernstøperi i form av støpejernstromler (Heieren, Ikke utgitt). Globus er i dag Norges eneste produsent av åkertromler.



**CAMBRIDGE-
TROMLER**

3-delte tromler leveres i 5 forskjellige bredder:
51—57—63—69 og 75 ringer.

Tromler for hydraulisk løft leveres i 7 forskjellige
bredder: 33—35—37—39—41—43 og 45 ringer.

HESTETROMLER I BREDDER ETTER ØNSKE

**A.s Moelven
Jernstøperi
Moelv**

Telefon 47 342

VÅRE TROMLER FØRES AV DE FLESTE
MASKINFORRETNINGER

Forlang illustrasjoner og priser.

Fig. 4 Reklame for Moelven tromler, ukjent årstall. Bildet viser tredelt Cambridge-trommel. Bildet er publisert i Facebook-grunnen "Norske Redskapsprodusenter". Brukt med tillatelse.

2.2.5 Slodden og trommelen kombineres

Hovedproduktet til Väderstad fra starten av 60-tallet var slodden. Første halvdel av 80-tallet ble såbedsharva NZ introdusert. NZ harva ble etter hvert utstyrt med U-bjelke fra slodden foran tindene, for å øke planeringsevnen til harva. Dette gjorde at NZ tok over mye av markedet til den tradisjonelle slodden, spesielt på lette jordarter. Dermed ble slodden på mange vis overflødig i produktsortimentet, og ble faset ut.

Det var derimot flere som ønsket et redskap med mer planerings- og pakkeeffekt enn NZ-harva. Väderstad begynte dermed å se seg om etter en løsning som kombinerte trommelens evne til å pakke, planere og knuse klump i jorda. Rundt årsskriftet 89/90 introduserte Väderstad sin Rollex trommel med U-bjelke fra slodden, slik som på NZ-harva. På den måten ble trommelens evne til å pakke jorda kombinert med en sloddende jordbearbeidende effekt. Cirka fem år senere ble U-bjelken byttet ut med CrossBoard, en rekke med brede fjærtinder, slik vi kjenner «sloddeplanken» i dag (Andersson, P., Area Manager Väderstad AB, personlig kommunikasjon 6. mars 2020).



Fig. 5 Väderstad trommel med sloddeplanke. Bildet er fra annonse på agritek.fi

2.3 Trommelens oppbygging

2.3.1 Roterende organ

Hovedkomponenten til trommelen er rullene som er i kontakt av jorda. Disse blir drevet av friksjonen mot jorda. Det skilles hovedsakelig mellom tre ulike typer ruller; glatte ruller, Cambridge- og Crosskill-ringer.

Glatte ruller

Glatte ruller benyttes mest til grasproduksjon. Gjerne etter bløte slåtter, der man vil jevne ut kjørespor. Rullene kan ofte fylles med vann, slik at pakkeeffekten økes. De glatte ringene gjør at det enkelt kan feste seg jord om jorda er fuktig.



Fig. 6 Glatt trommel fra He-Va. Foto: produsenten

Cambridge

Cambridgeringer består av støpejernsringer som er vekselvis glatte og taggete (Fig. 7). Ringene kan forflytte seg aksialt. De brede støpejernsringene står for mesteparten av pakkingen, mens de taggete ringene holder trommelen ren for jord. I tillegg har de smale ringene en viss jordbearbeidende effekt. På den måten får man en god knuse- og pakkeeffekt. Ringene etterlater seg en ruglete overflate. Dette gjør at jorda får en større overflate med mindre sjanse for slamming. Disse egenskapene gjør trommelen ideell til tromling etter såing, ved å pakke jorda, trykke ned steiner og knuse klump.



Fig. 7 Cambridge-ringer fra He-Va. Foto: produsenten

Crosskill

Crosskillringene har en aggressiv overflate som behandler overflaten på jorda hardere. På grunn av ulik utforming roterer annenhver ring med ulik hastighet (Fig. 8). På denne måten bearbeider ringene topplaget i jorda hardere, og knuser klump mer effektivt. I tillegg kan trommelen brukes i råere forhold, og samtidig holde seg rein for jord. Crosskillringene brukes ofte før såing i tunge jordtyper for å knuse klump, men kan også brukes etter såing. Den må da kjøres noe saktere enn Cambridge-ringer, for å ikke løfte for mye jord. Crosskillringene etterlater seg en ujevn overflate, noe som er

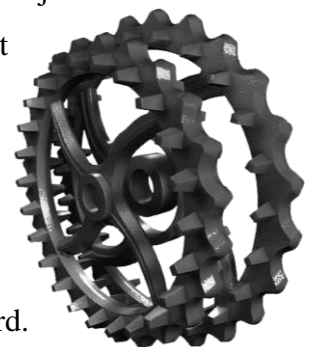


Fig. 8 Crosskillringer fra He-Va. Foto: produsenten

hensiktsmessig med tanke på slamming og danning av skorpe. Crosskillringene er på den måten også hensiktsmessig om det skal brytes skorpe etter såing.

2.3.2 Sammenleggbarhet/transport

Dagens tromler er ofte slepemonterte. Disse har flere seksjoner, slik at de kan felles sammen og lettere transportens mellom skiftene. Seksjoneringen av ringene gjør også at trommelen følger ujevnheter på jordet bedre. Rundt hver seksjon er det en ramme som opplagres i senter av ring-seksjonen. Hvordan disse rammene er festet til resten av trommelkonstruksjonen varierer fra fabrikant til fabrikant. Tidligere ble seksjonene delt opp og transportert på tilhenger, men så vidt meg bekjent tilbys ikke dette på det norske markedet. Det tilbys derimot trepunktsmonterte tromler. For å holde prisen nede, består disse som oftest av én seksjon. Globus AS produserer slike, og fikk i år en større bestilling på slike til forhandlere på Vestlandet.

2.3.3 Lamellslodd/sloddeplanke

Det finnes mye ekstrautstyr til tromler. Det mest utbredte er sloddeplanke eller lamellslodd montert foran på konstruksjonen, foran selve ringtrommelen. På denne måten vil trommelen ha muligheten til å flytte med seg jord, slik som en tradisjonell slodd. I tillegg vil stein klemmes ned mer effektivt. Figur 9 viser en teoretisk fremstilling av den planerende og pakkende effekten til trommel med lamellslodd.

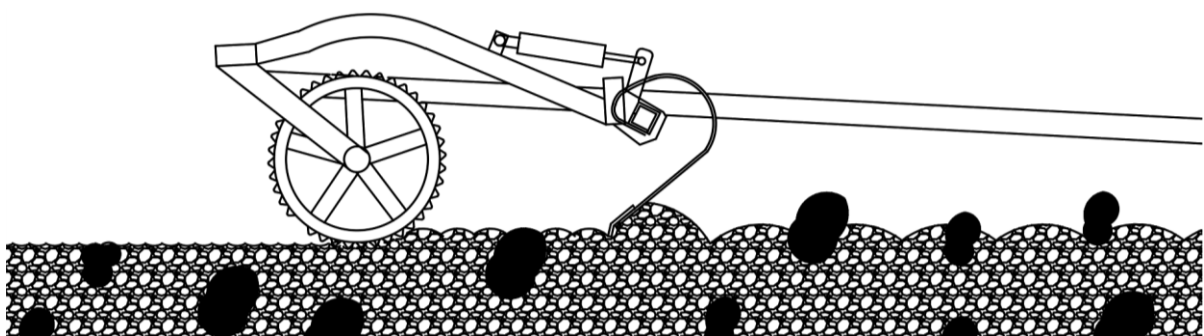


Fig. 9 Prinsippet til sloddeplanke og lamellslodd på trommel. Flytter jord og klemmer ned stein. Av forfatteren.

Tidligere ble det gjerne montert en gjennomgående U-bjelke over hele seksjoner. Ved å regulere U-bjelken opp og ned regulerer også massetransporten. U-bjelken ble gjerne kalt sloddeplanke, et passende begrep. Figur 5 viser sloddeplanke på trommel. Når sloddeplanken treffer ujevnheter fører dette til at hele seksjonen løfter seg, nettopp fordi sloddeplanken er helt stiv. Fordelen er at det er et rimelig og slitesterkt jordgående organ.

På maskiner solgt nye i Norge i dag er lamellslodd enerådende. En lamellslodd består av flere brede tinder som er tett montert på for eksempel et firkantrør. Nederst på tindene monteres brede og flate spisser. Ved å montere tindene nokså tett, vil de få en bulldoserende effekt. På den måten hindres mye av gjennomstrømningen, slik at mesteparten av jorda presses under tindene. Figur 10 viser lamellslodd. Ved å senke lamellslodden vil den flytte med seg mer jord, mens ved å heve den vil trommelen fungere som en normal trommel. Ved stein eller andre ujevnheter kan hver enkelt tinde fjøre, slik at seksjonene ikke løftes. På den måten kan resultatet bli jevnere. Flere produsenter tilbyr også tverrstag som festets bak på tindene, slik at de ikke kan fjøre uavhengig av hverandre. Disse kan monteres etter behov.



Fig. 10 Lamellslodd fra Väderstad. Foto: produsenten

Begrepet sloddeplanke brukes ofte om både U-bjelke og lamellslodd. I denne oppgaven velger jeg å bruke begrepet lamellslodd, som er et mer passende begrep.

Ulike fabrikater har forskjellige innfestinger og utforming av lamellslodd. Som regel er det geometrien til arbeidsorganet som varierer. Virkemåten er lik, og det forklares derfor ikke forskjeller på ulike modeller.

Ved bruk på lette jordtyper vil lamellslodden på mange måter ferdigstille et ferdig såbed med én overkjøring i pløgsle. På tyngre jordtyper og ved mindre ideelle forhold vil det være nødvendig med flere overkjøringer. Lamellslodden har heller ingen sortering av aggregater slik som harvetinder. Figur 11 viser lamellsloddens funksjon i bruk, der pløgsla etterlates flat med en ruglete overflate. Bruk av trommel med lamellslodd kan også kombineres med for eksempel såbedsharv om det ikke er tilstrekkelig med én overkjøring.



Fig. 11 Trommel med lamellslodd i felt, av forfatteren.

2.3.4 Annet ekstrautstyr til tromler

Luftassisterte såfrøaggregat kan monteres, slik at trommelen kan fungere som såmaskin til for eksempel gras. Kombinert med fingerharver vil et såfrøaggregat forvandle trommelen til en fullverdig grasfrøsåmaskin. Figur 12 viser en slik trommel i aksjon, der trommelen sikrer jordkontakt til frøene.



Fig. 12 APV trommel med langfingerharv og såfrøaggregat montert på trommel. Foto: produsenten.

Flere produsenter tilbyr «kniver», flattstål som står med flatsiden med kjøreretningen. Disse monteres på eventuell lamellslodd, og benyttes ofte til skorpebryting etter såing og bidrar til å både rive opp skorpe og knuse klump.

Spesielt i Sverige er det ofte at tromlene utstyres med langt drag, slik at de kan henges etter såbedsharver, slik som på figur 13. På den måten kombinerer man tindeharvas evne til aggregatfordeling og løsning av jorda sammen med trommelens evne til å pakke jorda og knuse klump.



Fig. 13 Originalt ekstrautstyr gjør at såbedsharv og trommel kan kombineres. Foto: Väderstad AB

2.3.5 Hva kreves av en god trommel?

Uavhengig av bredde, sammenfelling, rammekonstruksjon og ekstrautstyr er det noen kriterier som kreves av en god trommel. Glemmestad skriver i 1981 at en god trommel krever rundt 300 kg pr meter arbeidsbredde. Dette er mulig noe lavt i dag, med dagens større ringer og bredere arbeidsbredde. Ved bruk av for lett trommel vil ikke stein og klump bli presset nok ned, og vil ligge på overflata. En lett trommel vil fungere bedre på lette jordarter uten for mye stein. På tyngre jordarter vil det derimot være enda større krav til trommelens vekt. Her kreves mer vekt både for å klemme ned stein, men også for å knuse klump. Det er viktig at klump faktisk knuses, og ikke bare presses ned i jorda (Grains Research and Development Corporation, 2020).

Stor nok diameter på ringene er en forutsetning for en god trommel. Liten diameter på ringene sammen med høy vekt pr meter skaper en bulldosierende effekt i løs jord. I tillegg til å skape en ujevn overflate vil dette øke trekkraftbehovet. Ved å øke diameteren på ringene vil også trekkraftbehovet gå ned, da større ringer ruller lettere over ujevnheter. Dette illustreres i figur 14. Mye av vekten i en trommel ligger i nettopp ringene. Ved å øke diameteren på ringene økes også vekten på trommelen. Dagens Cambridgeringer leveres i diameter fra 45 cm og opp til over 50 cm. Ved den størrelsen på ringene vil man få en god trommel, sammenlignet med eldre tromler med små ringer med diameter ned imot 30 cm.

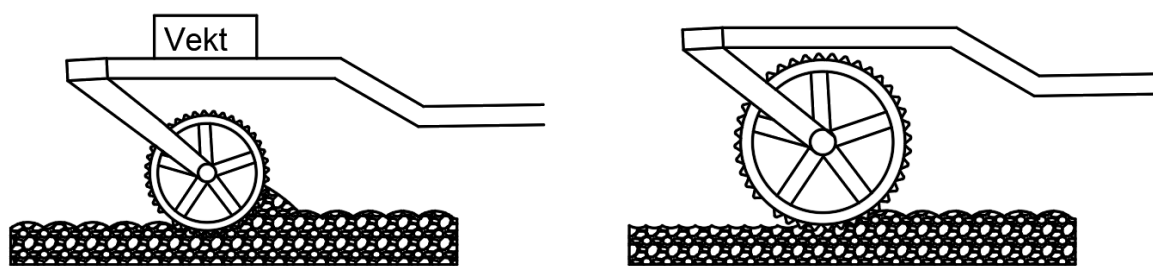


Fig. 14 Teoretisk framstilling av bulldosering ved små ringer, som forverres med ekstra vekt. Av forfatteren.

3. Alternative produkter til sloddetrommel

3.1 Optimalt såbed

For å utnytte avlingspotensialet i jorda er det viktig å legge til rette med et godt såbed. For å oppnå et godt såbed er det flere faktorer som må innfris. I spiringens startsfase må frøet ha god jordkontakt, samtidig som det skal ta opp vann. Frøet plasseres derfor på litt fastere og ubearbeidet jord, under et sjikt med små ageregater. Figur 15 viser en teoretisk framstilling av dette. De små ageregatene begrenser tapet av kapillært vann, samtidig som de gir god lufttilgang. Det øverste sjiktet opp mot overflata bør ha større aggregater og noe ujevn overflate, for å beskytte mot regn, slamming og skorpedannelse (Gramstad, 2016). Selve sorteringen av aggregater vil ikke en trommel med lamellslodd gjøre. I så måte må den kombineres med en eller flere overkjøringer med såbedsharv etterpå.



Fig. 15 Teoretisk optimalt såbed. Figuren er hentet fra NLR Hordaland

Trommel med lamellslodd har ingen direkte alternative produkter som flytter masse og samtidig pakker ved hjelp av ruller. Om man skal ha alternative produkter får man enten færre eller flere finesser. Tradisjonelt har slodd etterfulgt av såbedsharv vært gjeldende, spesielt for å oppnå aggregatfordelingen fra såbedsharva.

3.2 Slodden

Sloddens oppgave er å knuse klumper, jevne pløgsla, bryte eventuell skorpe, og å lage en jevn og fast bunn for såbedet. Sloddinga foregår i pløgsla, og er en sekundær jordbearbeiding.



Fig. 16 Blæstadslodden. Av forfatteren.

Etter den primære jordbearbeidinga, pløying, blir såbedet klargjort. Her står gode vekst- og spirevilkår i fokus, og arbeidet foregår på grunn dybde. Slodden er et enkelt jordbearbeidingsredskap med få vitale deler. Av de jordgående delene er det to eller flere brander som bearbeider jorda på ønsket måte. Brandene kan ha forskjellige funksjoner, de kan være over- eller understrømsbrande. Ved understrømsbrande går massene under slodden og klumper smuldres. Eventuelle steiner klemmes ned. Ved overstrømsbrande presses massene over branden, slik at stein blir liggende over jorda. En kombinasjon av de forskjellige brandtypene er vanlig, og velges ut ifra hvordan jord og mengde stein man har. Figur 16 og 17 viser Blæstadslodden, som består av under-, over- og understrømsbrande, der figur 17 er en teoretisk framstilling av massetransporten. Nyere slodder har ofte lamellslodd som understrømsbrande.

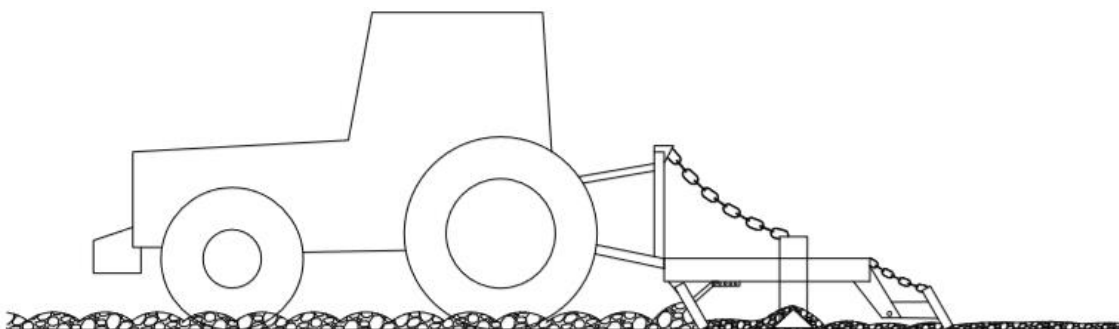


Fig. 17 Massetransport i slodd med under-, over- og understrømsbrande. Tegnet av undertegnede i AutoCad

3.3 Såbedsharv

Såbedsharvene er enten trepunkt- eller slepemontert. Harver fra fire meter og oppover er som oftest slepemontert. Harvene blir brukt for å klargjøre såbedet før såing. Tradisjonelt har gjerne harvinga skjedd etter sloddinga, slik at slodden har stått for planeringsdelen av såbedet. Såbedsharvene består av flere tverrgående brander der tindene er montert. Antallet tinder og brander varierer på størrelsen på harva. Det er vanlig med 4 – 5 brander, men man kan få opptil 8 brander med tinder. Tindene på dagens såbedsharver er som regel S-tinder, mens det tidligere var vanlig med C-tinder. Tindene vibrerer når de går i jorda, slik at de større aggregatene havner i topplaget av jorda, mens de mindre partiklene havner rundt frøet, slik et optimalt såbed er.

Såbedsharvene kjøres på 2-7 cm dybde, alt ettersom hva som skal dyrkes. Arbeidsdybden bestemmes av dybdehjulene på harva, eventuelt kan ribbetromler eller sloddeplanker også styre dybden. Kjørehastigheten ligger på rundt 8 km/h. Figur 18 viser Kverneland såbedsharv under demonstrasjon på Blæstad.



Fig. 18 Kverneland TLA såbedsharv i aksjon på Blæstad. Av forfatteren

Det er hensiktsmessig med minst mulig avstand mellom tindene, og dermed flest mulig tinder. Dette for å få full gjennomskjæring. For eksempel Väderstad NZA har 7,5 cm tindeavstand (Väderstad, 2020). Derimot øker også risikoen for at harva subber i planterester og annet når tindeavstanden reduseres. Løsningen på dette er å øke antallet brander, slik at ønsket antall tinder kan fordeles på de ulike brandene. Slik kan man opprettholde en forsvarlig tindeavstand med tanke på subbing, og fortsatt få full gjennomskjæring i såbedet. Legg også merke til at mange såbedsharver er konstruert slik at det alltid er minst en tinde bak hvert dybdehjul, slik at harva ikke etterlater hjulspor. Flere brander fører også til at harva blir lengre og tyngre, slik at den går mer stabilt og jevnt. Såbedsharva kan sammenlignes litt med trommel med lamellslodd i den grad at såbedsharva også kan ha lamellslodd som flytter med seg jorda. I tillegg har enkelte såbedsharver pakketromler som til en viss grad pakker den bearbejdede jorda.

3.4 Skålharv

Tradisjonelt har skålharvene vært bygd opp med hele aksler tverrstilt på kjøreretningen. Akslene er vinklet skrått på kjøreretningen. På akslene er det montert koniske skåler som sammen med vinkelen på akselen fører til at jorda blir kastet bakover. For at skålharva skal gå rett er det montert to til fire tverrgående aksler som er vinklet hver sin vei. Ved rett innstilling vil disse jobbe like dypt med lik mengde jord, slik at maskinen trekkes rett bak traktoren.

Figur 19 viser ulike prinsipper på harver med gjennomgående aksler. Mange steder i verden er fortsatt disse prinsippene gjeldene for mange skålharver. I Norge er vi best kjent med tandem og right-hand offset gjennom Kverneland sine tidligere skålharver.

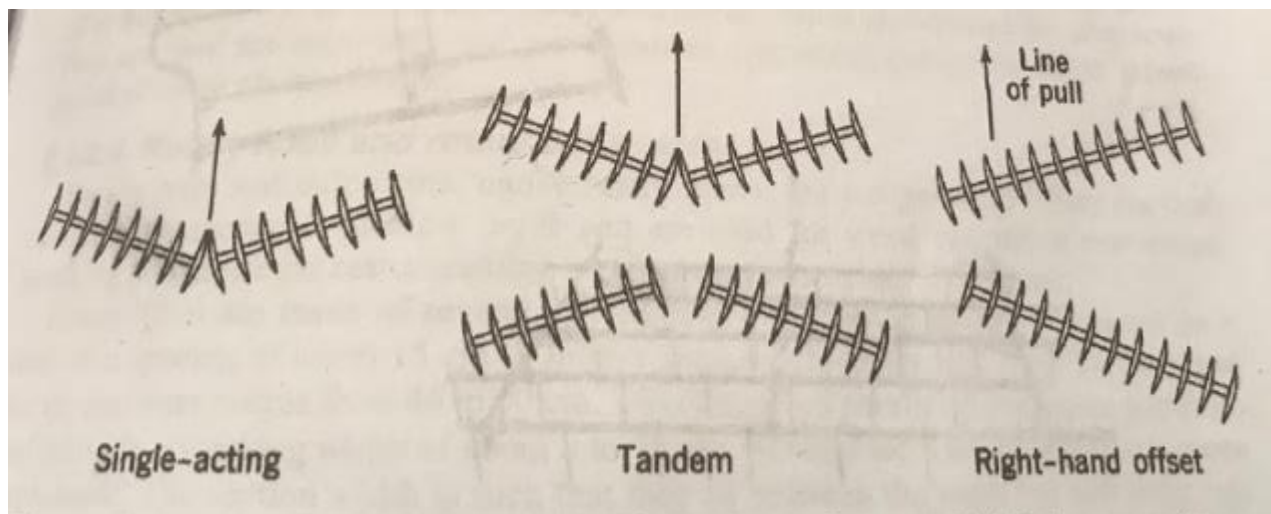


Fig. 19 Hentet fra «Engineering Principles of Agricultural Machines, 2006»

Størrelsen, avstanden og vinkelen på skålene varierer ut ifra hensikten med harvinga. I stubbharving med store plantemasser, hard jord og/eller dyp arbeidsdybde benyttes gjerne store skåler med aggressiv vinkel både mot kjøreretningen og underlaget. Med aggressiv vinkel økes arbeidsdybden, og også effektbehovet. Akslene kan ha opp mot 35 grader mot kjøreretningen, men vil da gi en ujevn overflate. For å lage såbed vil en vinkel på ned mot 18 grader være med hensiktsmessig (Srivastava, Goering, Rohrbach, & Buckmaster, 2006). Anbefalt hastighet ligger gjerne på 10 – 15 km/t for å få nok fart på skålene, og nok dybde til å oppnå full gjennomskjæring.



Fig. 20 Kompaktskålharv brukt til primær jordbearbeiding, av forfatteren.

Dagens marked i Norge for skålharver består stort sett av kompaktskålharver. I motsetning til de tradisjonelle skålharvene er skålene på kompaktskålharvene ikke montert på en gjennomgående aksel. Her benyttes det en arm pr skål, som går ned fra ramma på harva. Armen er enten gummiopphengt eller fjærbelastet i form av fjærtinde eller stiv tinde med utløserfjær. Dermed begrenses ikke materialflyten gjennom redskapen av gjennomgående aksel. I tillegg gjør det at skålrekkene kan monteres nærmere hverandre, slik at redskapen blir mer kompakt og kommer nærmere traktoren. Første skålrekke vil løfte jord og planterester, og flyvende levere massen videre til neste skålrekke. På den måten vil planterester og jord blandes godt, noe som er en fordel om redskapen brukes til primær jordbearbeiding. Etter skålrekkene er det gjerne montert en pakkevals som pakker den bearbeidende jorda. Kompaktskålharvene fås enten som trepunktsmontert eller slep.

Som sekundær jordbearbeidingsredskap er det flere elementer ved skålharvene. Det første er skålenes evne til å flytte jord. Skålene vil kaste en del jord innad i redskapen, men til å fylle for eksempel tomfårer eller store ujevnheter er den ikke effektiv. Flere produsenter tilbyr ulike typer lamellslodder, slik at redskapen evner å flytte mer jord. Sammenlignet med trommel med lamellslodd er det flere likhetstrekk. Eventuell pakketrommel bak på skålharva kan sammenlignes med ringene på trommelen. De skålharvene som kan utstyres med lamellslodd foran skålene vil også flytte jord på samme måte som lamellslodd på trommel.

3.5 Jordpakker

Et lite utbredt redskap i Norge er pakker på plog. Pakkeren består av flere store stålringer som er opplagret på samme aksel. Pakkeren er konstruert slik at den pakker den pløyde jorda, samtidig som ploegen arbeider. På den måten får man gjort to arbeidsoperasjoner på en gang. Pakkeren er like bred som ploegens pløyebredde, slik at hele pløyebredden pakkes. Pakkeren monteres på tre forskjellige måter. Frontmonterte pakkere monteres i fronthydraulikken og vendes uavhengig av ploegen. Plogmonterte pakkere kan enten monteres i en arm fra ramma på ploegen og vendes sammen med ploegen. Et tredje alternativ henger også i arm fra ramma til ploegen, men hektes av før vendeteigen. Figur 21 viser pakker som er montert i arm fra ramma til ploegen.



*Fig. 21 Kverneland Packomat.
Foto: produsenten*

3.6 Sloddharv

Sloddharva et norsk redskap som er en sammenføyning av tradisjonell såbedsharv og slodd. Harva ble produsert av Kverneland fra 70-tallet. Sloddharvas oppbygging består av en tobrandet slodd fremst, etterfulgt av tre tinderekker med S-tinder. Disse arbeidsorganene arbeider på samme måte som på henholdsvis slodd og såbedsharv. Ribbetommel er montert bakerst. Sloddharvas opprinnelige hensikt var å spare kjøring med både slodd og harv, og dermed kombinere to arbeidsoperasjoner. Såbedsharv med sloddeplanke/lamellslodd tok nok over mye av markedet til sloddharva, men i 2017 ble det annonsert at Sloddharva igjen kommer på markedet (Mangerud, 2017). Figur 22 viser dagens sloddharv med 4,5 meters arbeidsbredde.



Fig. 22 Sloddharv, ny type. Foto: produsenten/Hallvard Brevig

4. Ulike tindetyper og deres funksjon og virkemåte

Dagens tromler med lamellslodd mangler som tidligere beskrevet evne til å løse opp hardpakket jord fra både hjulspor og stiv jord. Harvetinder har nettopp denne effekten, og kan gi trommelen større bruksområde.

Oppgaven består i hovedsak å montere en form for tinder på trommelen. Derfor er det på sin plass med tindeteori. Ulike tinder har ulike bruksområder og gir ulikt resultat som sekundær jordbearbeiding. Her presenteres ulike tinder i salg i Norge i dag, også tinder til primær jordbearbeiding.

4.1 Generell tindeteori

Man skiller mellom tinder som brukes til primær eller sekundær jordbearbeiding. Tindene som brukes til primær jordbearbeiding er ofte grovere, og gjerne laget for dyp arbeidsdybde. Disse redskapene kan brukes til å blande inn planterester, løse opp og bryte opp kompakte lag i jorda. Tindene som benyttes til sekundær jordbearbeiding er ofte slankere utformet, for å legge til rette til et godt såbed.

Hovedkomponenten og den aktive delen av tinda er den delen av tinda som berører og bearbeider jorda. For tindenes sin del er dette spissen på selve tinda. De andre faktorene som påvirker virkemåten er forma på tinden, kjørehastighet, hastighet i forhold til jorda, jordtype og arbeidsdybde. Kreftene fra tinda overføres til aggregatene i jorda, som i tørre forhold vil bryte opp jorda. I bløtere forhold vil det skje en plastisk deformasjon av jordstrukturen (Morken, Endrerud, & Bøe, 2003). Deformasjon vil også skje om tindene kjøres dypt, slik at jorda ikke har mulighet til å løfte seg. Dette kalles for under kritisk dybde, og skjer spesielt ved jordløsning eller bruk av andre dyptgående tinder.

4.2 Ulike tinder

Det skiller i utgangspunktet mellom stive og fjærende tinder. Bruksområdene varierer, og ikke alle er like aktuelle for sekundær jordbearbeiding. Det vil bli fokusert mest på de tindetyperne som er aktuelle.

4.2.1 Stive tinder

Stivtindskultivatorer er tradisjonelt brukt til nydyrking, jordløsning og dyp stubbharving. Tindene er stive og montert med fjærende utløsere slik at de løser ut om mottrykket blir for stort, for eksempel ved stein. Opplagringen til tinde og utløser varierer fra produsent til produsent, og varierer dermed hvordan tindens bevegelse blir når den løses ut. Det brukes enten spiralfjærer, bladfjærer eller hydrauliske sylindre som utløsere. Väderstad Cultus (nyere modell) benytter seg av stive tinder med spiralfjør som utløser. Figur 23 viser Kverneland sin Triflex-tinde med den kjente bladføra som utløser. Stive tinder er lite aktuelt for sekundær jordbearbeiding.

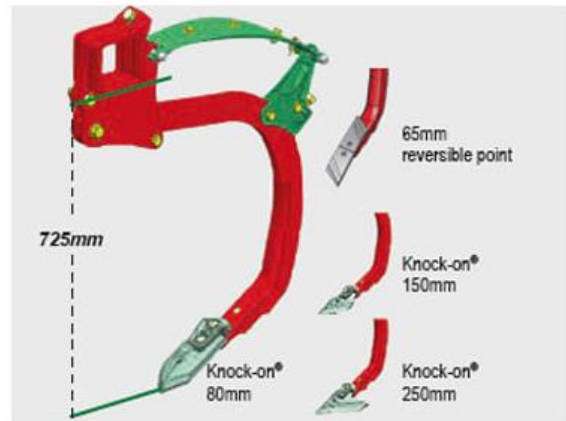


Fig. 23 Stiv tinde fra Kverneland med bladfjør som utløser. Foto: produsenten

4.2.2 Fjærende tinder

Fjærende tinder vibrerer når de trekkes gjennom jorda. Dette gjør blant annet at de holder seg lettere rene for planterester, i tillegg til at de sorterer aggregater. Tindene trekkes gjennom jorda og vil utføre deling og fraksjonering av jordaggregatene gjennom kutting, knusing, maling og til en viss grad ved at aggregatene blir kastet mot hverandre. Tindene vil også separere jordaggregatene ved vibrering. På denne måten legges de største aggregatene øverst, mens de mindre aggregatene sorteres til lavere sjikt av arbeidsdybden. Smale vibrerende tinder har liten evne til å flytte jord (Morken, Endrerud, & Bøe, 2003).

Fjærende tinder er laget av fjærstål, nettopp for å de skal vibrere. Når tinden trekkes gjennom jorda vil jordas motstand gjøre at tinden trekkes bakover. Desto dypere tinden kjøres, desto lenger bak fjærer den. Når spenningen i tinda overgår motstanden i jorda, løser tinden ut og jobber seg tilbake til sin opprinnelige posisjon (Srivastava, Goering, Rohrbach, & Buckmaster, 2006). Tindevinkel, utforming, bredde, spiss, arbeidsdybde, motstand fra jorda og kjørehastighet er noe av det som er med på å påvirke bevegelsen til tinda. Forsøk gjort av Asian Institute of Technology viser blant annet sammenhengen mellom tindenes horisontale og vertikale bevegelse når tindens kraft overstiger jordas motstand. Som vi kan lese av figur 24, ser vi at den testede tinden løser ut for cirka hver 50 kjørte millimeter (Makanga, Salokhe,

& Clough, 1998). Når tinda beveges såpass hyppig, vil vi oppfatte dette som vibrering. Det presiseres at dette gjelder for deres utførte forsøk, og viser gjennomsnittet til bredden av testede tinder og arbeidsdybde i forsøkene, men gir et visst inntrykk i hyppigheten tindene vibrerer.

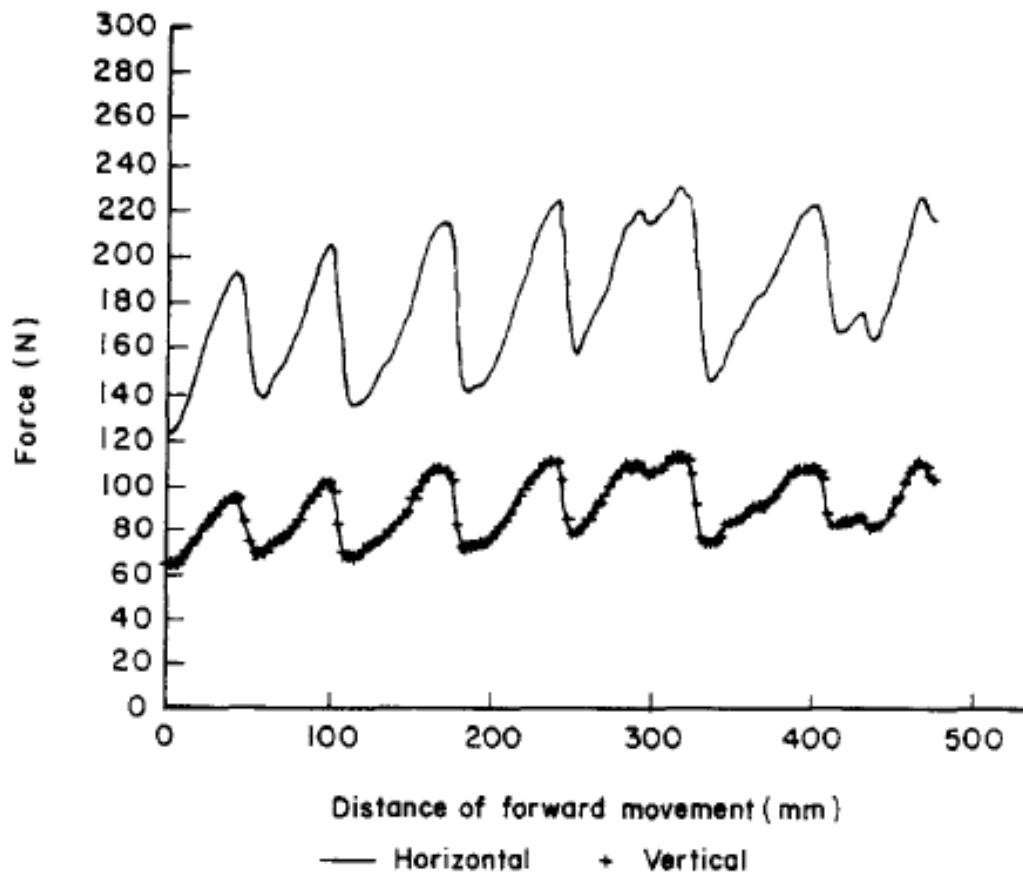


Fig. 24 Hentet fra rapporten «Effects of tine rake angle and aspect ratio» (Makanga, Salokhe, & Clough, 1998).

4.2.3 Fjærende tinder for dyp bearbeiding

Disse tindene har samme bruksområde som stivtinder. Nydyrking og dyp bearbeiding ned mot 25 – 30 cm. De fjærende tindene har noe bedre løsningssevne enn de stive tindene, da tindenes utforming gjør at de vibrerer. Tinder som arbeider på denne dybden er lite egnet til sekundær jordbearbeiding i grunn dybde. Disse kan ofte ha en Q-formet bøy eller bred utforming øverst på tinda. Figur 25 viser sistnevnte. Dette gjør at tinda kan vibrere mye selv i hard jord.



Fig. 25. Foto: Kongskilde

4.2.4 Fjærende tinder for middels dyp bearbeiding

Disse tindene kan arbeide ned mot 15 cm. Disse er dermed mer aktuelle for bruk etter plogen, som sekundær jordbearbeiding. Tindene er grovere enn tradisjonelle tinder til såbedsharver, og med stor nok tindeavstand kan de fungere til stubbharving. På leirrik jord og ved bruk av brede spisser, bør tindene i noen tilfeller vinkles bakover, slik at de ikke river opp fuktige leirklumper (Skøien, 2003). Tindene kan enten være S- eller C-tinder. Et eksempel kan være tindene som er montert på universalharv, slik som Multiva Avaran eller Väderstad Ferox, der figur 26 viser sistnevnte. Spissene har ofte en bredde på 3-4 cm. Da vil de i liten grad transportere opp rå jord som blir liggende på overflaten og tørke til klump (Brandsæter, 2006).

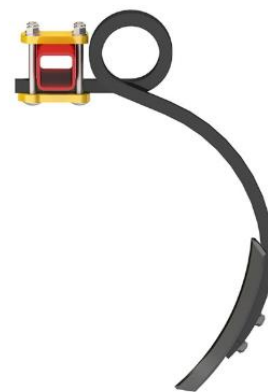


Fig. 26 Q-formet utløser på tinde til Väderstad Ferox. Foto: produsenten

4.2.5 Fjærende tinder for grunn bearbeiding

Disse fjærende tindene er gjerne utformet som S-tinder på moderne såbedsharver og er smalere enn tindene til middels dyp bearbeiding. De smale tindene gjøre at aggregatene i jorda strømmes rundt tinda, uten at jorda løftes nevneverdig. Tindene er utvikla for å lage et godt såbed i bearbeidet jord, og har som oftest en arbeidsdybde på mellom 3 – 6 cm, men ofte kan de arbeide ned mot 10 cm. Siden tindene er såpass smale er det ofte stor vibrasjon og dermed god sortering av aggregater. Figur 27 viser vibreringen som foregår i tinda. S-tidene er utformet slik at de løfter stein. C-tidene løfter ofte en del mer.

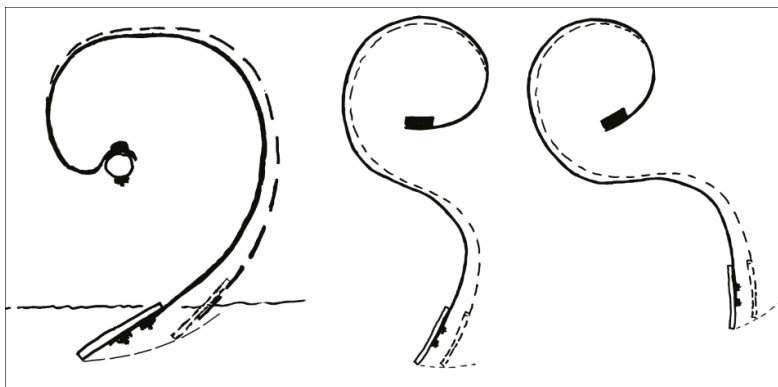


Fig. 27 Smale tinder for grunn bearbeiding. C-tinde, S-tinde og S-tinde med roterbar innfesting. De stiplede linjene viser bevegelsen i tindene. Foto: Nibio/Plantevernleksikonet

4.3 Spisser

Spissen er den jordgående delen av tinda. Denne monteres i bunnen av tinda og sørger for å bearbeide jorda. Ulike spisser velges ut ifra hvilke arbeidsoppgaver som skal utføres.

4.3.1 Spisser for primær jordbearbeiding

Spisser for primær jordbearbeiding har ofte større krav til innblanding av planterester. Spissene er som regel breie for å tåle den dypere arbeidsdybden. Det som karakteriseres som smale spisser har ofte en bredde på 40 – 80 mm. Disse passer best ved dypere bearbeiding, da smale spisser kombinert med rett vinkel får en søkende effekt ned i jorda. Brede spisser fra 100 mm og oppover passer bra med tanke på innblanding av planterester og full gjennomskjæring, men krever mer effekt eller grunnere arbeidsdybde. Enkelte spisser kombinerer egenskaper fra begge typer, slik at den nederste delen av spissen er smalere enn toppen. På den måten kan spissen jobbe dypt, samtidig som den øverste delen av jorda får full gjennomskjæring og god innblanding av planterester. Et eksempel på slik spiss kan være Väderstad sin 50/80 spiss, der den nederste delen er 50 mm, mens øverste delen er 80 mm (Väderstad, 2017). Enkelte tinder kan også utstyres med spesielle skinner på tindene som gjør at jord og planterester kastes i en sirkulær bevegelse, og dermed blandes mer effektivt. God innblanding kreves for god nedbryting av planterestene. Spisser til primær jordbearbeiding er ofte lite egnet til sekundær jordbearbeiding. Figur 28 viser ulike spisser for sekundær jordbearbeiding, også spisser som ikke er omtalt her.

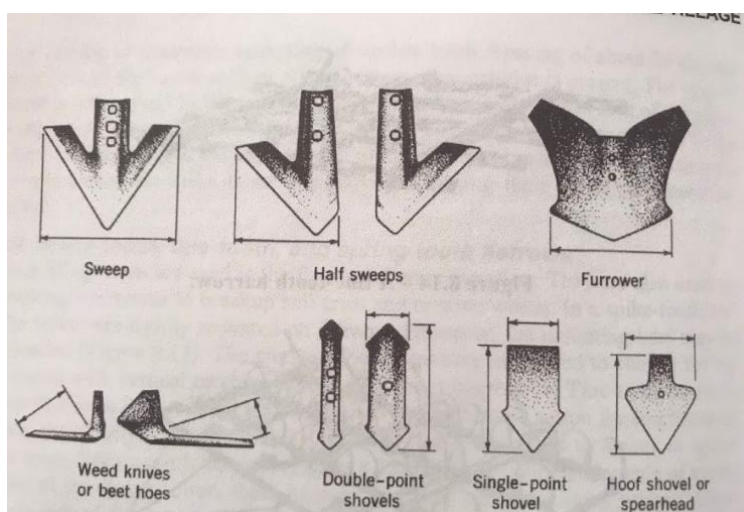


Fig. 28 Ulike spisser for bruk ved primær jordbearbeiding. Bildet er hentet fra fra *Engineering Principles of Agricultural Machines* (2006)

4.3.2 Spisser for sekundær jordbearbeiding

Spisser for sekundær jordbearbeiding har som regel ikke samme behovet for innblanding av planterester, da dette har blitt gjort i den primære jordbearbeidinga. Enkle rette spisser (Fig. 30) bearbeider jorda ved å dras igjennom jorda over kritisk dybde, uten å flytte jorda. Hensikten med spisser til grunn bearbeiding er å sortere aggregater slik som tidligere nevnt. På den måten er ofte spissene helt rette og smale uten andre finesser. Det kan også her monteres spisser med smalere bunn enn topp (Fig. 29), slik at de flytter noe mer jord. Tinder for middels eller grunn bearbeiding har også muligheten for gåsefotskjær (Fig 31). Gåsefotskjær består av to liggende skjær som bearbeider jorda i horisontal retning under jorda. Disse er hensiktsmessige om jorda må løses mer enn normalt og er også ideelle til kutting av ugrasrøtter. De brede skjærene øker dermed gjennomskjæringsevnen til tindene. Gåsefotskjær til grundtarbeidende tinder arbeider sjelden under fem centimeters arbeidsdybde (Väderstad, 2020).



Fig. 29 Väderstad 25/35 spiss, der nedre del er 25 mm mens øvre del er 35 mm. Foto: privat.

Fig. 30 «Standard» Väderstad 35 spiss, 35 mm bred. Er også vendbar. Foto: privat.

Fig. 31 Väderstad 120 mm Gåsfot, der vingene måler 120 mm. Foto: privat.

4.4 Trekkraftbehov

Naturlig nok vil ei tinde med bred spiss ved dyp arbeidsdybde i ubehandlet jord, kreve mer trekkraft enn tinde med smal spiss som arbeider i løs bearbeidet jord. Samtidig vil en dyp harving ofte kreve mindre energi enn én overkjøring med plog, etterfulgt av flere overkjøringer med grunn harving. Det er derfor viktig å legge opp jordbearbeidingsstrategien slik at det benyttes riktig tinde og spiss til jobben. Å benytte stive tinner og brede spisser til sekundær jordbearbeiding vil både bruke unødvendig energi og gi et dårlig resultat.

I tillegg bestemmes trekkraftbehovet ut ifra en del andre parametere. Ulike jordtyper gir ulik motstand og dermed trekkraftbehov. Fuktighetsinnhold, jordpakking (pakket jord) og helling er andre lokale parametere som utgjør ulikt trekkraftbehov på like tinner/spisser. Dypere arbeidsdybde vil skape mer motstand fra jorda. Antall tinner med tilhørende spisser vil sammen med overnevnte bestemme samlet trekkraftbehov (Harrigan & Rotz, 1995).

5. Problemstilling, mål og avgrensing

5.1.1 Problemstilling

Tung og høstpløyd jord er ofte for hard til at trommel med lamellslodd vil gjøre en tilfredsstillende jobb. I slike tilfeller er alternativene enten å benytte seg av et annet redskap som løser opp jorda mer, eventuell en tung slodd eller flere overkjøringer med trommel med lamellslodd. Ingen av disse alternativene er spesielt hensiktsmessige med tanke på antall overkjøringer og tilhørende jordpakking. Ved løs jord og harde hjulspor fra traktor er det også en teori at lamellslodden kun legger et «pent» lag med løs jord over de harde hjulsporene. Denne løsjorda tørker så fortere ut. Et ekstra arbeidsorgan som løser opp jorda og/eller pakkede hjulspor før den planeres av lamellslodden, vil da være hensiktsmessig i begge tilfeller. Problemstillingen blir som følger:

Vil et ekstra arbeidsorgan på trommel med lamellslodd gjøre en bedre og mer effektiv bearbeidelse av pløgsla for å sikre et bedre såbed?

Ved hjelp av allerede presentert teori, og hoved- og delmål i vil oppgaven svare på denne problemstillingen.

5.1.2 Hovedmål

Hovedmålet er å konstruere et ekstra arbeidsorgan på Globus GRS 540 CR trommel. Konstruksjonen vil foregå ved hjelp av dataassistert konstruksjon (DAK) og ta utgangspunkt i trommelen som Globus i dag produserer. Løsningen skal være basert på kunnskap fra teoridel og faktiske forsøk gjort av undertegnede.

Det blir lagt opp til følgende delmål for prosessen:

1. Tegne (DAK), konstruere og lage en fysisk forsøksrigg
2. Sette opp et enkelt forsøksfelt
3. Gjennomføre enkle forsøk for å sjekke nytten av arbeidsorganet
4. Gjennom utvelging velge det beste alternativet av forskjellige løsninger
5. Regne ut trekkraftbehovet for sluttproduktet

5.1.3 Avgrensninger

Resultatet av konstruksjonsoppgaven vil kun bestå av datategninger. Det er kun forsøksriggen som blir konstruert i praksis. Forsøkene vil basere seg på feltforsøk der kunnskap opparbeidet om jord og såbed på Blæstad benyttes. Det vil ikke bli gjennomført forsøk store eller mange nok til å ha datagrunnlag til å gjennomføre analyser.

Oppgaven vil ikke innebefatte alle områder som kreves ved utvikling av ny redskap. Temaer som ikke er en del av pensum på Blæstad vil ikke bli besvart, selv om det kreves om Globus AS vil begynne produksjon av sluttproduktet. Dette gjelder forskjellige lover, forskrifter og typegodkjenning. I tillegg vil det ikke bli tegnet inn hydraulikkslanger, dekaleringer, og andre nødvendigheter til ferdig produkt.

De enkle forsøkene gjennomføres kun på én jordtype. Derfor er forsøksresultatene begrenset til sandjord. Forsøksfeltene er heller ikke oppdelt etter en tradisjonell strategi, men er kun med for å gi en pekepinn om nytten til produktet. Det vil også kun bli testet én type tinde med tilhørende spiss. Vurderingene fra forsøkene baserer seg på egen kunnskap, og det vil ikke bli benyttet måleinstrumenter til for eksempel motstand i jorda.

Konstruksjonen vil ikke bli styrkeberegnet eller styrketestet i DAK, da dette ikke er en del av pensum på Blæstad. Det er også komplisert å simulere kreftene som påvirker konstruksjonen i felt.

6. Material og metode

I dette kapitlet vil det bli forklart utgangspunktet for oppgaven, i form av dagens trommel. Det vil videre bli beskrevet hvordan forsøkene ble planlagt og gjennomført, før metodene som ble brukt for konstruksjonen av sluttproduktet blir beskrevet.

6.1 Dagens trommel

Utgangspunktet for oppgaven er Globus GRS 540 CR. Dette er en trefelts trommel på 5,4 meter. Den kan utstyres med enten Cambridge- eller Crosskill-ringer og flere bredde, men modellen som brukes som utgangspunkt har Crosskill-ringer med en ringdiameter på 45/50 cm og en bredde på 5,4 meter. Modellen har en egenvekt på 2360 kg uten ekstraustyr. Trommelen kan utstyres med lamellslodd, slik at den får en større jordbearbeidende effekt. Lamellslodden er montert foran ringene på sidefeltetene og betjenes hydraulisk ved hjelp av et parallellogram, slik som på figur 32. Ved hjelp av parallellogrammet holdes lamellsloddens vinkel mot bakken lik uansett hvilken stilling den er i.

Trommelen legges sammen ved å vinkle transporthjulene ned, og deretter folde sidefeltene framover. Under transport ligger sidefeltenes ringer i vogger, noe som sikrer god vektfordeling, stabilitet og trygghet under transport. DAK-modellen til trommelen er utlånt fra Globus AS. Disse er utgangspunktet for konstruksjonen til sluttproduktet.



Fig. 32 Globus GRS 540 CR i aksjon. Foto: Globus AS

6.2 Konstruksjon av forsøksrigg

Forsøksriggen ble konstruert i Autodesk Inventor. Inventor er et 3D-konstruksjonsprogram med muligheter for blant annet visuell framstilling av produktet.

Eget verksted var basis for konstruksjon av den virkelige forsøksriggen. Her ble det hovedsakelig benyttet sveiseapparat av typen Esab C340 Pro med Ø 0,8mm tråd, vinkelsliper og søylebormaskin. I tillegg ble Blæstads koldsag og søylebormaskin benyttet.

For å teste hypotesene og problemstillingen ble det gjennomført et forsøk i felt med forsøksriggen. Konstruksjon av forsøksriggen ligger under resultater.

6.3 Teskjøring av forsøksrigg

Sted: Risebrobakken Gård, Eidsvoll

Testobjekt: Forsøksrigg med Väderstad NZF-tinder i forbindelse med Väderstad Rollex 620 med Cambridgeringer og CrossBoard

Traktor: New Holland TL100 med frontlaster

Forsøkstraktoren har en aktuell vekt på 5400 kg og dekkdimensjonen 480/70 R34 og 380/70 R 24, av merket Pirelli TM700. For å simulere Globus GRS ble det brukt Väderstad Rollex 620 med lamellslodd. Denne har samme virkemåte som Globus GRS med lamellslodd. Testet trommel har dog ikke Crosskill-ringer.

6.3.1 Hensikt med forsøk:

Problemstillingen går ut på å undersøke om en rekke med harvetinder vil gjøre trommelen mer effektiv til å ferdigstille et godt såbed. For å finne svar på dette, og samtidig få testet forsøksriggen ble det utarbeidet tre mål, der det første målet vil bidra til å svare på de to hypotesene for forsøkene:

1. Teste forsøksriggen, og å se om den fungerte som tiltenkt. Det vil si at den skal kunne kjøres med forskjellig dybde ved å vinkle innfestningsbjelken til tindene, samtidig som den ikke skulle komme i konflikt med draget. Ved hjelp av dette skal den gi svar eller indisier på de to andre teoriene:

2. Harvetidene vil løse opp den kompakte jorda i hjulsporene, slik at lamellslodden får en mer homogen masse å jobbe med, og dermed lager et jevnere såbed. Dette innefatter også teorien om at den originale redskapen kun legger et «pent» lag med løsjord over hjulsporene, som tørker raskere ut.
3. Harvetindene vil bidra til å bearbeide jorda mer, og dermed mer effektivt få et akseptabelt såbed.

6.3.2 Forsøksfelt

23. oktober 2019 ble forsøkene gjennomført. Disse ble kjørt på egen jord i Eidsvoll. NIBIO sine kart har definert jordkvaliteten med kode 2, som tilsier god jordkvalitet, men med egenskaper som kan begrense vekstvalg for enkelte kulturvekster (Stokke, 2017). Norges Geologiske Undersøkelse kategoriserer løsmassen som type 20, breelvavsetning. I dette tilfellet er det sandjord med lavt humusinnhold (Norges Geologiske Undersøkelse, 1991). De foregående dagene hadde det kommet en del nedbør, så sandjorda var relativt fuktig. Arealet ble pløyd med 20 cm arbeidsdybde dagen før testen. Jordtemperatur og -fuktighet ble ikke målt, men jorda ble oppfattet som relativt fuktig til sandjord å være – på grensen til ikke lagelig. Lufttemperaturen var 10 grader.

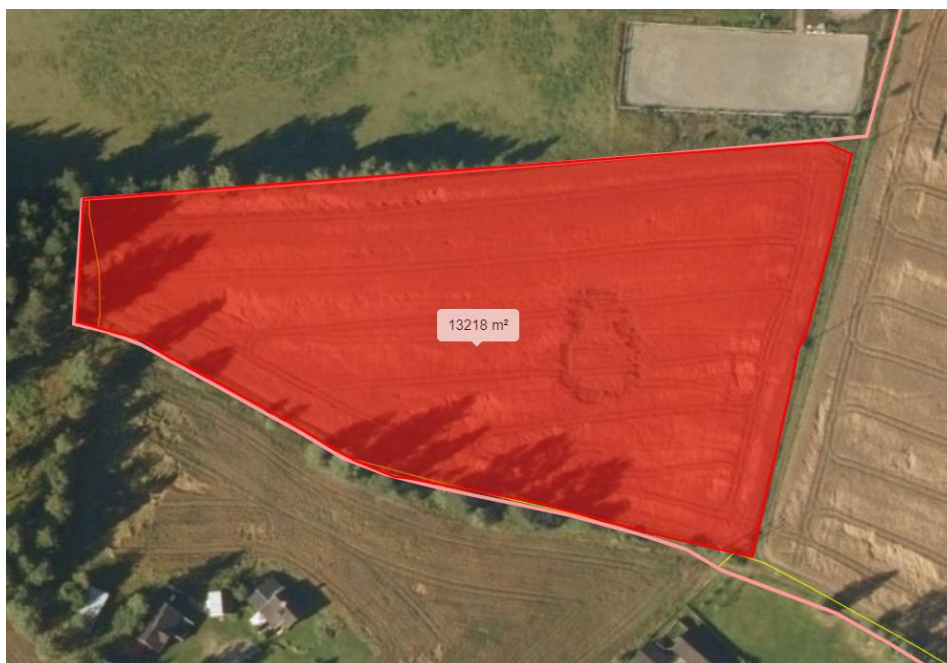


Fig. 33 Arealet der forsøkene ble gjennomført. Skjermdump fra <https://gardskart.nibio.no/>

Det ble kjørt fem forskjellige forsøk. Se nærmere beskrivelse under hvert punkt. For å utnytte seg av arealet på jordet ble det delt opp i ruter. Det ble lagt opp et kjøremønster slik at arealene til forsøkene ble uberørt før testen. Disse ble lagt til midt på jordet, da det var der jorda var mest lagelig. Se figur 34 for kjøremønster.

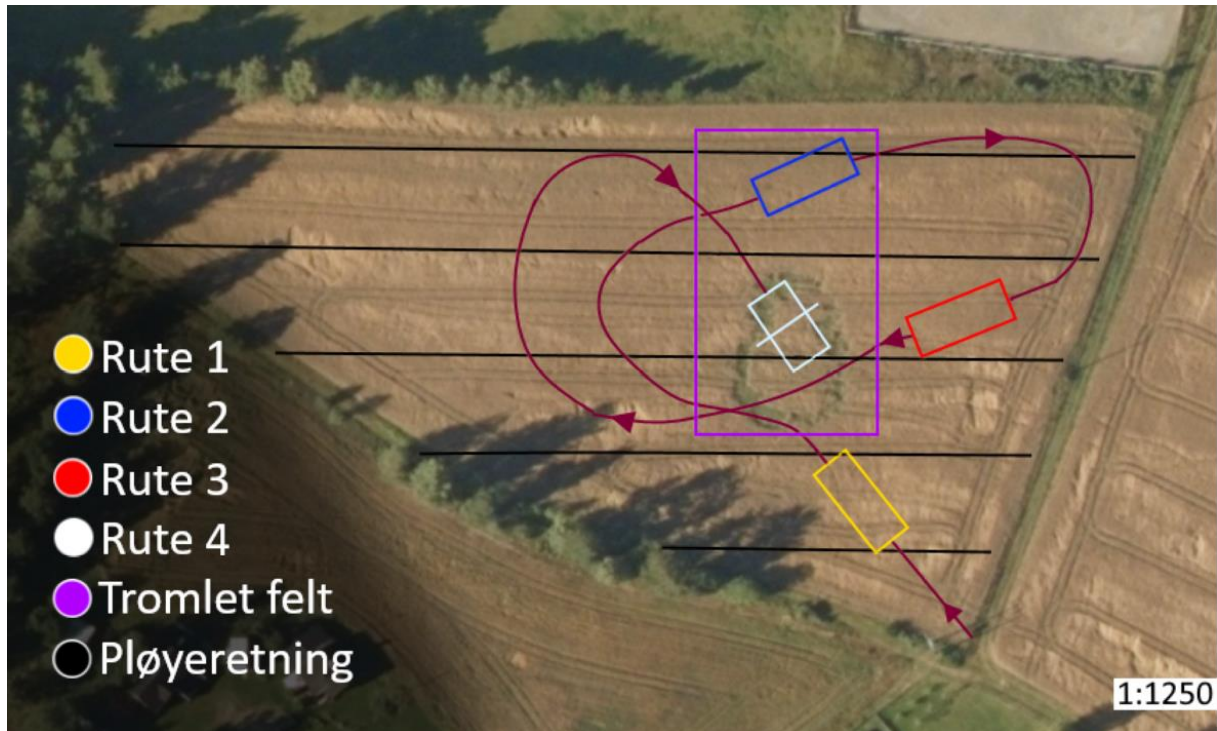


Fig. 34 Oversikt over forsøksfeltet. Bakgrunnskartet er skjermdump fra <https://gardskart.nibio.no/>, mens det er redigert av undertegnede i bilderedigeringsprogrammet Paintnet.

Rute 1 - Kun harvetinder i ubehandlet pløgsle

Ved bruk av kun harvetinder og ikke lamellslodd er hensikten å undersøke hva kun harvetindene gjør med resultatet bak trommelen, uten at lamellslodden påvirker resultatet.

Rute 2 – Kun harvetinder på tromlet pløgsle - spadeprøve

Samme hensikt som rute 1, men her tromles pløgsla først. Dette gjøres for å simulere hardere pløgsle, da jordtypen er lett og dermed lett å bearbeide. Ved å tromle pløgsla mer kompakt vil det også simulere høstpløgsle som har ligget over vinteren og som bearbeides om våren.

Rute 3 – Harvetinder og sloddeplanke i ubehandlet pløgsle

Hensikten her er å best mulig se hvilken jobb harvetindene gjør sammen med lamellslodden. Spesielt hvordan massen som lamellslodden må jobbe med fordeles over hele arbeidsbredden.

Rute 4 – Harvetinder og sloddeplanke til utjevning av tomfår/grøft

Her er planen å undersøke jordbearbeidingsfunksjonen som harvetindene utgjør på sluttresultatet. Gjennomføres på tromlet pløgsle.

6.4 Konstruksjon av sluttprodukt

Til konstruksjon av sluttprodukt ble det også benyttet Autodesk Inventor 2018. Tegningene som er utlånt av Globus AS blir levert i dette programmet og benyttes som utgangspunkt.

6.4.1 Kravspesifikasjon

- Kan trekkes av en normal traktor (130 hk +) i 5,4 meters versjon
- Kunne brukes på traktor med tvillinghjul
- Skal kunne masseproduseres
- Sluttproduktet skal kunne implementeres på Globus GRS tromler i flere arbeidsbredder
- Dagens trommel skal endres i minst mulig grad
- Mulighet for ettermontering på eksisterende Globus tromler
- Solid produkt med lang levetid
- Mest mulig bruk av standard dimensjoner på stål og andre komponenter
- Kreve maks fire dobbeltvirkende hydraulikkuttak
- Ha mulighet til å gjøre en bedre jordbearbeiding enn dagens trommel
- Ha et tiltalende design
- Ikke overstige dagens bredde under transport
- Fungere som vanlig trommel

6.4.2 Concept screening

Gjennom concept screening vurderes forskjellige alternativer opp mot hverandre etter forskjellige kriterier. De løsningene som står seg best og får høyest samlet score, er de som satses videre på (Ipsos, 2016).

I oppgaven gjennomføres concept screening på tre forskjellige alternativer; valg av plassering av ny tinderekke opp mot plassering av eksisterende lamellslodd, innfestning av firkantrør til lamellslodd og firkantrør til harvetinderekke og valg av tindetyper. Figurene som benyttes til å illustrere de forskjellige alternativene er tegnet av undertegnede i Autodesk AutoCad, et 2D tegneprogram.

6.4.3 Utregning av trekraftbehov

For å estimere et trekraftbehov for ferdig produkt vil kreftene fra det ekstra arbeidsorganet blir regnet ut ved hjelp av tabellverdier. Formlen og verdiene er hentet fra Engineering Principles of Agricultural Machines (S. 530, 2006). Verdiene kan velges etter ønskede forhold. For denne oppgaven velges en mellomtung jord, og en «major tillage»-tinde som benyttes til «secondary use». Formelen for trekraft i newton er som følger:

$$D_I = F_i (A + B v + C v^2) w d$$

Der D_I er trekraften til redskapen i newton, F_i er jordtype, A, B og C er redskapsavhengige tabellverdier, v er fart, w er antall jordgående arbeidsorganer og d er arbeidsdybde.

For å regne om trekraften fra newton til kilowatt brukes følgende formel:

$$P_{db} = \frac{D_I v}{3,6}$$

Der P_{db} er trekraft i kW, D_I er trekraft i newton, 3,6 omregningsfaktor til kilowatt.

Trekraftbehov til landbruksmaskiner oppgis ofte i hestekrefter, selv om kilowatt er den riktige enheten å benytte seg av i henhold til SI-systemet. For å finne antall hestekrefter multipliseres antall kilowatt med en omregningsfaktor på 1,36 (Holtebekk & Hofstad, 2017).

7. Resultater

7.1 Konstruksjon av forsøksrigg

For å simulere harvetinder foran trommelen ble det vurdert å montere forsøksriggen på selve trommelen. Her var alternativene å feste riggen i forbindelse med lamellslodden eller ut ifra draget. Disse alternativene ble derimot fort forkastet, da det ikke var ønskelig å bore og sveise i trommelen. Det tredje alternativet var å lage trepunktsfester på testriggen, da trommelen er festet i trekkroken. Det siste alternativet ble valgt. Det ble ikke gjennomført concept screening på disse valgene, da det ikke er utslagsgivende for selve sluttproduktet i oppgaven.

Som neste ledd ble egnede materialer funnet. Firkantrør med dimensjonen 50x50 i kvaliteten S235 (konstruksjonsstål) ble hovedelementet. Som trepunktstilkobling ble det brukt en brukt A-ramme redskapsdel sveisedel. Diverse annet stål ble også benyttet, for eksempel vinkelstål og flattstål, med kvalitet konstruksjonsstål. For å simulere harvetinder ble det benyttet fem harvetinder fra Väderstad NZF såbedsharv.

Før forsøksriggen ble sveiset sammen ble den konstruert i Inventor (Fig.35). Hensikten med dette var å undersøke lengder og mengder av de forskjellige materialene og om hvordan detaljene skulle konstrueres, slik at faren for feil i verkstedet skulle minimeres.

Det valgte alternativet var avhengig av å fungere uavhengig av draget på trommelen. Dette gjaldt da med tanke på vending på vendeteigen og hev/senk av tindene. Siden trepunktten er avhengig av å nettopp tre tilkoblingspunkter ble det besluttet å bygge forsøksriggen «rundt» draget.

Siden firkantrøret ville kommet i konflikt med draget på trommelen i forbindelse med løft av tindene, ble det besluttet å vinkle firkantrøret for derved å heve/senke harvetindene. Dermed ble toppstagfestet plassert et stykke bak festene for trekkarmene. Ved hjelp av hydraulisk toppstag kan man da trekke dette inn for å vinkle tindene opp av jorda, og skyve det ut for å senke tindene ned i jorda. Ved fullt utskyt på toppstaget er toppflata av firkantrøret i vater, slik at tindene arbeider i den vinkelen de er tiltenkt. På grunn av dette må toppen av triangelkoblingen fjernes, slik at den ikke kommer i konflikt med toppstaget.

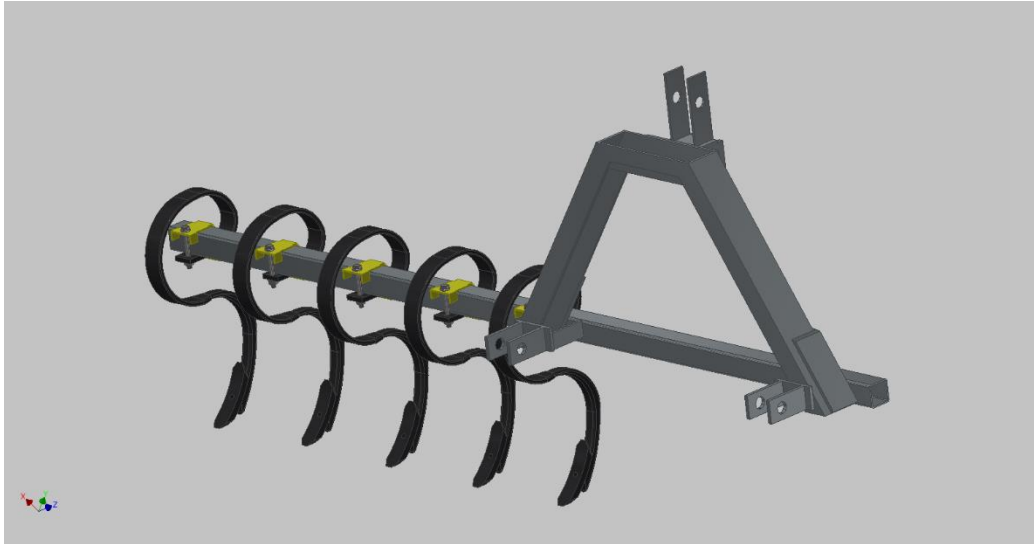


Fig. 35 Testrigg konstruert i Inventor, av forfatteren.

7.1.1 Konstruksjon av testbraketten i praksis

Alle foto fra konstruksjonen er tatt av forfatteren.

Første del av konstruksjonen ble å skjære av gamle redskapsfester på A-rammen. Alle fester, med unntak av det øverste festet ble skåret bort. Figur 36 og 37 viser A-rammen før og etter dette.

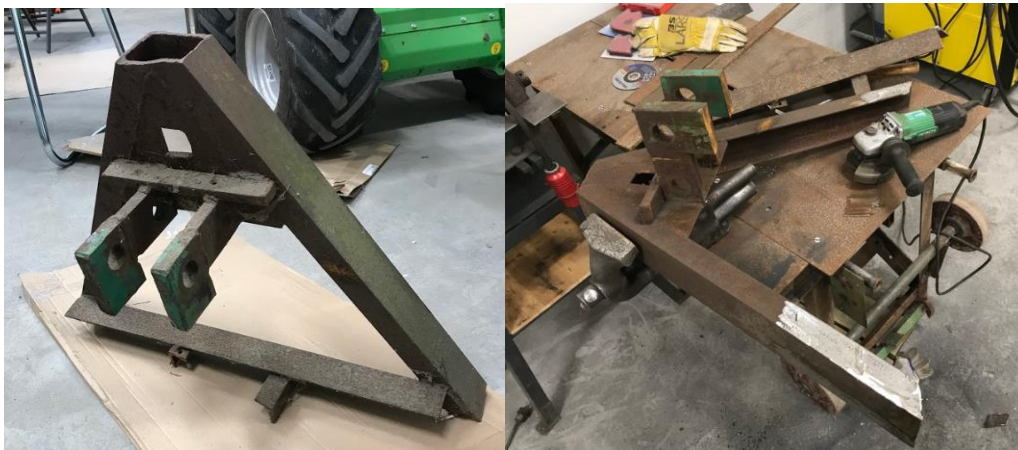


Fig. 36 og Fig. 37

Bunnen av A-rammen ble deretter forsterket med vinkelstål. Disse ble kappet til og sveiset fast, slik som på figur 38 og 39. Apparatet ble innstilt fra tabellverdier for tykkelsen på godset, noe som tilsvarte 26 volt og 214 ampere.



Fig. 38 og Fig. 39

I forsterkningen av A-ramma ble firkantstålet sveiset fast slik som figur 40 og 41 viser.



Fig. 40 og Fig. 41

Som forsterkning ble det sveiset på et ekstra feste på firkanttrøret, figur 42. Slik vil kreftene mellom trekkarmene og forsøksriggen også fordeles til firkanttrøret, og ikke bare direkte i A-rammen. I tillegg minsker det muligheten for at A-rammen ville «revne».



Fig. 42

Som feste til trekkarmene ble det brukt konstruksjonsstål med dimensjonen 50x8 mm. Disse ble kappet på Blæstad til seks emner à 100 millimeters lengde (Fig. 43). 30 mm inn fra ytterkant ble det boret 30 mm hull i fire av emnene. Dette passer med kat 2 trekkarmbolt som er 28 mm. Deretter ble de sveiset sammen til to trekkarmfester (Fig. 44).



Fig. 43 og Fig. 44

Toppen av A-rammen ble kappet av (Fig 45), forsterket, og deretter ble det sveiset på toppstagfester (Fig. 46). Toppstagfestene ble boret med 26 mm hull, for å passe med kat 2 toppstagbolt.



Fig. 45 og Fig. 46

Deretter ble tindene montert med en avstand på CC 20 cm. Deretter ble forsøksriggen prøvemontert med trommel. Figur 47 viser hvordan riggen er montert rundt draget på trommelen.



Fig. 47

7.1.2 Virkemåte forsøksrigg

Som figur 48 og 49 viser så endres høyden på tindene ved hjelp av det hydrauliske toppstaget.

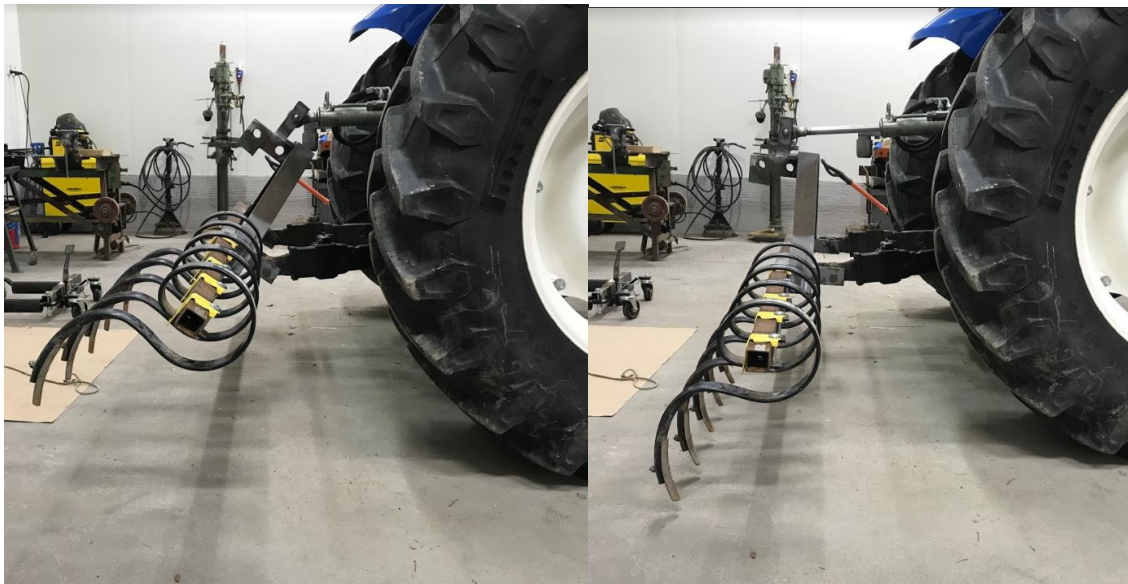


Fig. 48 og Fig. 49

7.2 Resultater fra forsøk med forsøksrigg

Hensikten med forsøkene var å få svar på de tre nevnte målene; teste forsøksriggens virkemåte, se på harvetindenes evne til å løse opp hjulspor og hvordan harvetindene planerer ujevnheter.

Før forsøkene startet ble testbraketten prøvekjørt på de delene av jorden som ikke var avsatt til forsøk. Her ble dybden testet ved fullt utskutt toppstag. I denne posisjonen jobbet tindene ned mot 11-12 cm i hjulsporene, og 13-14 i ubehandlet pløgsle. Forsøksriggen tok ikke borti draget, hverken med tindene i bakken, oppheiste tinder eller i moderate svinger. Det var heller ingen tegn til at braketten var for spinkelt konstruert.

Dybden på tindene var 10 cm i hjulsporene og 11-12 cm i ubehandlet pløgsle på alle forsøkene. Alle foto fra forsøkene er tatt av undertegnede.

7.2.1 Rute 1 - Kun harvetinder i ubehandlet pløgsle

Hjulsporene blir løsnet godt i hele arbeidsdybden til tindene. Dette gjør at høyden på hjulsporet kommer opp på samme høyde som pløgsla. Trommelen pakker da hele bredden jevnt, kontra venstre side som kjøres uten tinder. Figur 50 viser hvordan tindene arbeider, mens figur 51 viser hvor stor forskjell det er i resultatet.



Fig. 50 og Fig. 51

7.2.2 Rute 2 – Kun harvetinder på tromlet pløgsle - spadeprøve

Tindene løsnet opp den tromlete pløgsla bra. Slik som i rute 1 ble det også her en jevn høyde i hjulspora der tindene hadde arbeidet, og dermed ikke synlige hjulspor bak trommelen.

Motstandsprøvene med spaden ble tatt mellom hjulsporene og deretter sammenlignet med motstanden i hjulsporene (Fig. 53). Hjulsporet til venstre hadde større motstand enn imellom hjulene. I høyre hjulspor er de øverste ti centimeterne løsere, faktisk på nivå med spadetakene mellom hjulsporene, mens under de øverste 10 centimeterne er det like hardt som venstre hjulspor.



Fig. 52 og Fig. 53

7.2.3 Rute 3 – Harvetinder og sloddeplanke i ubehandlet pløgsle

Merkbart løsere mellom hjulene, og i høyre hjulspor. Når løsjorda graves vekk vises pakkinga fra hjulsporene godt. Tindene løste opp høyre hjulspor, og ga dermed lamellslodden muligheten til å dra med seg mer jord fordelt bedre ut over arbeidsbredden. Dette vises godt på figur 54 og ved nærbilder på figur 55 og 56.



Fig. 54



Fig. 55 og Fig. 56

Deretter ble det fjernet løsjord bak trommelen på tvers av kjøreretningen for å se dybden på løsjord og hjulspor, slik som vises på figur 57. Mellom hjulsporene er jorda omtrent like løs i hele pløyesjiktet, altså ned i ca. 20 centimeter (Fig. 58). I venstre hjulspor (ingen tinder) er det cirka tre centimeter løsjord (Fig. 59). Under dette er jorda hardpakket av hjulsporet. Dette understreker teorien om at lamellslodden kun legger et tynt lag løsjord overhjulsporene. I høyre hjulspor (tinder) er det løsjord i de ti øverste centimeterne (Fig. 60). Under dette er derimot jorda like hard som venstre hjulspor.



Fig. 57



Fig. 58

Fig. 59

Fig. 60

7.2.4 Rute 4 – Harvetinder og sloddeplanke til utjevning av tomfår/grøft

Figur 61, 62 og 63 viser grøfta som skal planeres. Harvetindene viste sin evne til å løse opp den relativt hardpakka jorda på det tromla feltet. Dermed har lamellslodden en noe løsere masse å planere. Harvetindene drar ikke med seg spesielt mye jord. Dette samsvarer med innledende teori om smale tinders begrensede evne til å forflytte jord (Morken, Endrerud, & Bøe, 2003).



Fig. 61

Fig. 62

Fig. 63

7.2.5 Oppsummering av forsøkene

Resultatene viser at et ekstra arbeidsorgan foran lamellslodden på trommelen har en funksjon. Ved å løse opp hjulsporene blir massefordelinga jevnere foran lamellslodden, slik at man kan dra med seg mindre jord, og samtidig dekke hjulsporene. På den måten kan spares både diesel og miljø. Tindene løser også opp kompakt jord, og man kan kanskje spare seg for en overkjøring. Tindene løser opp jorda i hjulsporene, men under tindenes arbeidsdybde er jorda like hardpakket som der det ikke er løst opp ved hjelp av tinder. Teorien med at lamellslodden i utgangspunktet kun legger et tynt lag med løsjord over hjulsporene ble bekreftet i ved hjelp av målinger i rute 3. På den måten svarer testen på problemstillinga, og de ekstra tidene gjør at trommelen får en mer effektiv bearbeidelse av pløgsla, og dermed sikrer et bedre såbed. Testbraketten fungerte også slik den var tiltenkt.

7.3 Plassering av tinderekke i forhold til lamellslodd

Det er hovedsakelig fire alternativer for innfestingen av harvetindene. Alle disse alternativene vil på sin måte føre til et tilnærmet likt sluttresultat på såbedet. Felles er at det skal være en tinderekke over hele arbeidsområdet og at de skal plasseres foran lamellslodden. På den måten vil sluttproduktet fungere på samme måte som i forsøkene. Alternativene velges ved hjelp av concept screening.

7.3.1 Alternativ 1 - Innfesting på drag

Ved denne løsningen vil man få en enkel konstruksjon av innfestningen. Eksisterende innfesting av lamellslodd benyttes. Draget må forlenges og forsterkes for å tåle de ekstra kreftene. Her kan man velge en todelt versjon som vinkles rett opp, med en vertikal transportstilling. Fordelen er at det er få bevegelige ledd. Ulempen er høyden ved lagring og transport. Eventuelt kan en tredelt versjon være aktuelt, der de ytterste leddene vinkles opp.

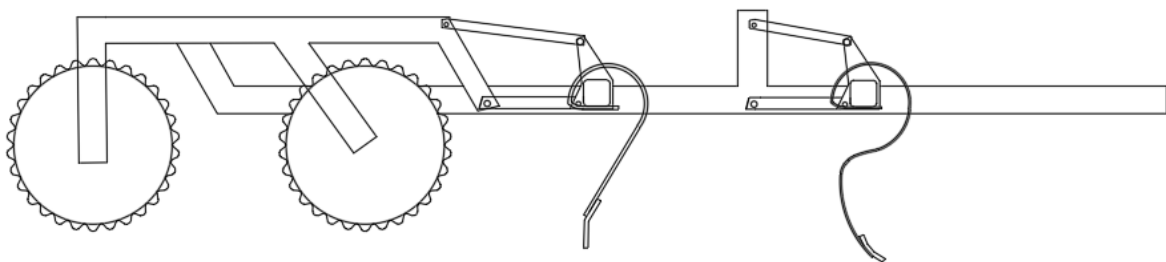


Fig. 64 Alternativ 1. Av forfatteren.

7.3.2 Alternativ 2 - Innfesting foran trommelens lamellslodd, ny arm

Tinderekka vil her festes i forbindelse med lamellslodden, slik at de felles opp sammen. For å få en lett og kompakt løsning som mulig vil det utformes en helt ny konstruksjon som holder både firkantrøret til lamellslodden og firkantrøret til harvetindene. For å få en kompakt konstruksjon vil det benyttes en løsning der tindene til lamellslodden vinkles for å regulere aggressivitet. Til tindene vil det fortsatt benyttes parallelogram, slik at de alltid får riktig arbeidsvinkel mot jorda. Fordelen med denne løsningen er at det er en kompakt og lett løsning. Ulempen er at det må konstrueres en ny holder til lamellslodden, som også må lagerføres.

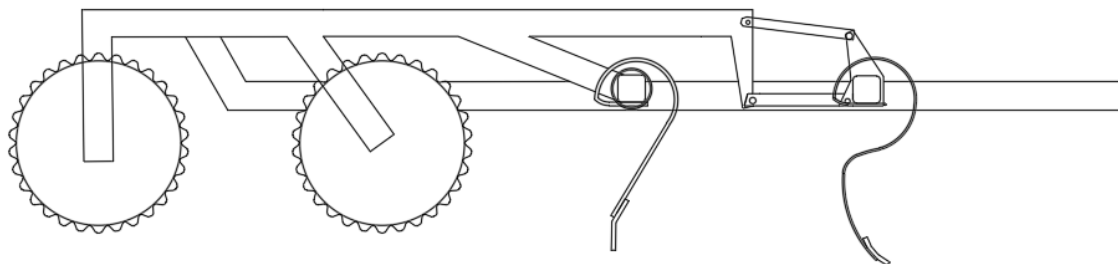


Fig. 65 Alternativ 2. Av forfatteren.

7.3.3 Alternativ 3 - Innfesting i trepunkt

Denne løsningen er prinsipielt lik forsøksriggen. En forsterket versjon av denne vil man ha muligheten til å koble til traktoren før tilkobling av selve trommelen. Ulempen er å få nok styrke i konstruksjonen til å håndtere arbeidsbredden til trommelen. Ved 5,4 meters arbeidsbredde vil det bli store påkjenninger på festene i trepunktet. Fordelen er en enkel løsning som også kan brukes foran andre redskaper. I tillegg vil det bli utfordring ved sving. En enkel sporløsner ville vært mulig i denne utformingen, men dette er ikke i samsvar med oppgavens krav.

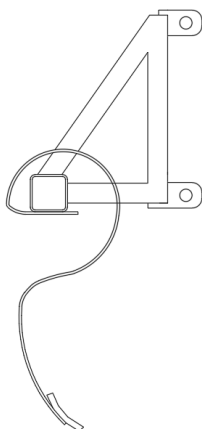


Fig. 66 Alternativ 3. Av forfatteren.

7.3.4 Alternativ 4 - Innfesting foran trommelens sloddeplanke, parallellogram

Tinderekka vil her festes i forbindelse med lamellslodden, slik at de felles opp sammen. Trommelen vil bli utstyrt med enda et parallellogram foran det eksisterende parallellogrammet til lamellslodden. Det vil også her utformes en ny konstruksjon. Fordelen med dette systemet

er at parallelogram fører til at S-tindene alltid vil få riktig vinkel mot jorda. Da dette allerede benyttes på lamellslodden i dag, vil det være færre deler å forholde seg til. Ulempen er at det kan bli en relativt tung og plasskrevende løsning.

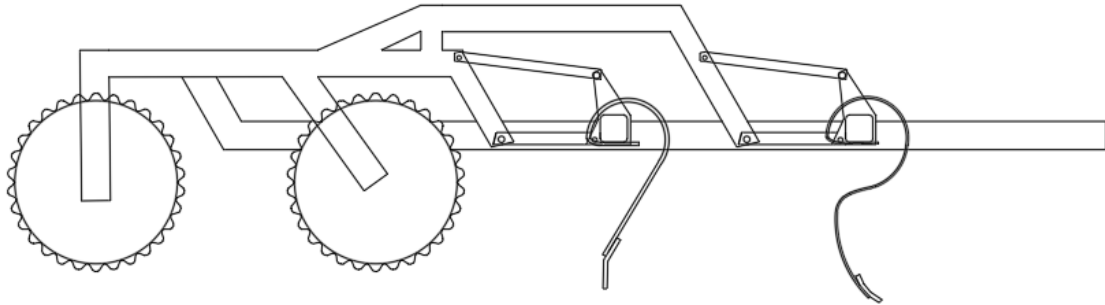


Fig. 67 Alternativ 4. Av forfatteren.

7.3.5 Kriterier for valg av plassering av harvetinderekke

Vekt

Vekt er viktig for en god trommel. Her blir det derimot gitt poeng for en lett konstruksjon, da trommelen blir tung nok. En komplisert konstruksjon vil i mange tilfeller resultere i høy vekt.

Funksjonalitet i bruk

Enkel bruk ved inn- og utfelling gir god brukervennlighet. Sikkerhet ved til- og frakopling er også et krav.

Antall sårbare punkter

Mange punkter som skal beveges ved inn- og utfoldelse gir flere punkter som belastes, og flere operasjoner for operatøren i form av vedlikehold

Vektfordeling

Hele vekta til konstruksjonen vil hvile foran ringene til trommelen. Dette er uheldig for vektfordelinga. Ved å benytte seg av en kompakt konstruksjon vil størstedelen av vekten til konstruksjonen hvile på ringene til trommelen, og ikke på traktorens bakhjul.

Produksjon

Mange punkter som skal kappes, sveises og fabrikeres på andre måter øker produksjonstiden til Globus AS. Dette betyr høyere produksjonskostnader og mindre konkurransedyktig utsalgspris.

Tenkt styrke

Her vektlegges solide løsninger uten at dette går for mye ut over vekt. Alternativer som krever at konstruksjonen må forsterkes mye vil igjen øke vekten.

Bruk av dagens komponenter

Dagens komponenter som for eksempel parallellogram er fordelaktig å bruke, da dette allerede er i produksjon og lagerføres. Nye deler krever utvikling og testing. I tillegg vil nye deler medføre dyrere lagerhold.

Design

Sluttproduktet skal selges og krever et godt design. Et godt design i denne sammenheng er gjennomtenkte løsninger og et solid ytre som virker tiltalende på kunden.

7.3.6 Screening av plassering av tinderekke i forhold til lamellslodd

Tabell 1 viser fordelingen av poeng mellom de ulike alternativene. Alternativ 2 får flest poeng, og velges.

Tabell 1

Kriterier	Alternativ 1: Innfesting på drag	Alternativ 2: Ny arm til lamell- og tinderør	Alternativ 3: Innfesting i trepunkt	Alternativ 4: Innfesting foran eksisterende lamellslodd
Vekt	7	7	10	3
Funksjonalitet i bruk	6	8	3	5
Antall sårbare punkter	5	8	7	4
Vektfordeling	5	7	9	3
Produksjon	6	8	8	4
Tenkt styrke	5	9	5	5
Bruk av dagens komponenter	7	5	1	8
Design	4	9	-	3
Sum	45	61	43	35

7.4 Valg av innfestning lamellslodd til ny arm

For å få justert aggressiviteten på firkantrøret til lamellslodden, kreves det en bevegelig sammenføring mellom braketten og firkantrøret. Her er det tatt utgangspunkt i løsninger som finnes på markedet. Eksempel på produsenter som benytter de ulike løsningene er nevnt i teksten. Alternativene vurderes ved hjelp av concept screening.

7.4.1 Alternativ 1 - Firkantrør i rundt rør

Første og enkleste alternativ er kjent løsning fra flere produsenter, blant annet Väderstad og Multiva. Her sveises et tverrstilt rør på cirka 10 cm lengde i hver innfestningsbrakett. Dette røret har en innvendig diameter som passer akkurat rundt firkantrøret. På den måten kan firkantrøret beveges fritt rundt samtidig som det runde røret holder det på plass. På firkantrøret festets et eller flere øyer, slik at det ved hjelp av en eller flere hydraulikksylindere kan vinkle røret. Dette vises med piler på figur 68. Dette er en enkel og rimelig løsning.

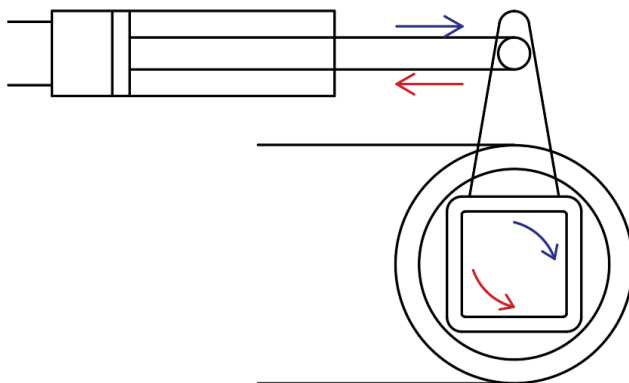


Fig. 68. Alternativ 1. Av forfatteren.

7.4.2 Alternativ 2 - Feste i øye

Denne løsningen er mer komplisert og benyttes av blant annet He-Va. Her er det sveiset på ører på firkantrøret, som festes i braketten/holderen. Det monteres også øyer på firkantrøret som festes i hydraulikksylinderen. Når hydraulikksylinderen trekkes inn, vil firkantrøret roteres rundt innfestinga til ørene som er festet i braketten. På den måten vinkles lamellslodden ned ved at firkantrøret roterer, samtidig som det også flytter sin plassering nærmere underlaget. Fordelen er at lamellslodden kan heises høyere når den ikke er i bruk, samtidig som den kan

jobbe dypere uten å vinkles like mye. Ulempen er flere sveiser, og en noe mer plasskrevende løsning.

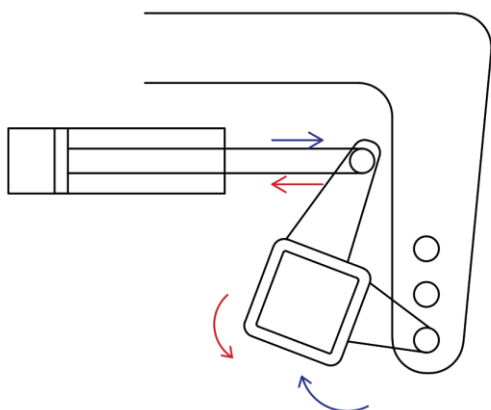


Fig. 69 Alternativ 2. Av forfatteren.

7.4.3 Alternativ 3 - Spesialskive

Den tidligere redskapsprodusenten Vogel & Noot hadde en løsning som ligner på det første alternativet. Braketten her består av to stålplater/flattstål som fabrikkeres sammen side om side, slik som en gaffel. Det stanses ut hull i store hull i brakettene. Rundt firkantstålet festes to store spesialskiver. Skivenes ytre diameter passer i hullene til innfestningsbraketten. Skivene har firkantet hull i midten, som passer med ytterkanten på firkantstålet. Mellom disse, inne i gaffelen/braketten, festes en større skive. Alle skivene har frest ut et spor i bunnen, og ved hjelp av en festebrakett holdes det hele på plass. For regulering kan det enten brukes et festeøyne ønsket sted på firkanttrøret, eventuelt kan den store skiva i H-braketten byttes med ei tilsvarende skive med innfestingsøyne, slik som vist med stiptet linje på figur 70.

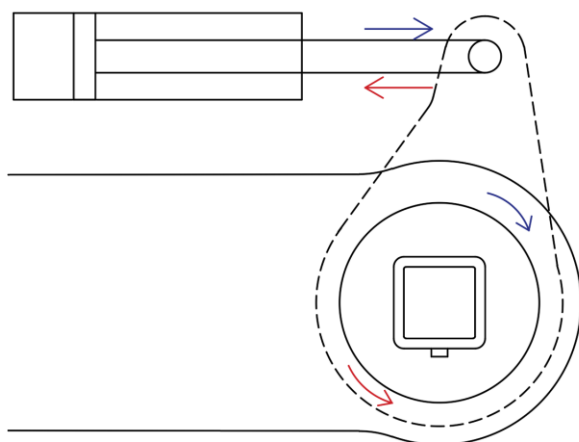


Fig. 70 Alternativ 3, «spesialskive». Av forfatteren.

7.4.4 Kriterier for valg av innfesting av lamellslodd

Vedlikehold

Flere ledd fører med seg flere potensielle vedlikeholdspunkter i form av smørenipler og flere flater som slites.

Soliditet/holdbarhet

Tenkt holdbarhet. En enkel og solid konstruksjon vil tåle langvarig belastning bedre. Flere bevegelige deler øker sjansen for havari. Mulighet for løsninger som skåner vitale deler av produktet teller positivt.

Produksjon

Her vektlegges en konstruksjon som krever lite tid ved produksjon. Antall spesialproduserte deler for sammenføyingen teller negativt.

Montering/demontering

Ved uhell i bruk kreves det en løsning som gjør demontering av lamellslodden enkel. Å kunne demontere lamellslodden komplett, og også skifte enkeltkomponenter som for eksempel ei tinde på enklest mulig vis, vektlegges.

Krav til plass

Det er ønskelig med en lite plasskrevende løsning, slik at den ferdige redskapen blir så kompakt som mulig. En kompakt løsning kan flytte ekstrautstyret nærmere ringtromlene, slik at vektfordelingen blir bedre.

Design

Produktet skal selges, og må på den måten framstå som innbydende og solid ovenfor kunden.

7.4.5 Screening av innfestning lamellslodd

Tabell 2 viser fordelingen av poeng mellom de ulike alternativene. Spesielskive får samlet flest poeng, og benyttes i konstruksjonen.

Tabell 2

Kriterier	Alternativ 1: Firkantrør i rundt rør	Alternativ 2: Feste i øye	Alternativ 3: Spesielskive
Vedlikehold	8	5	7
Holdbarhet	7	5	9
Produksjon	9	5	8
Montering/demontering	7	9	7
Krav til plass	8	6	8
Design	7	6	8
Sum	46	36	47

7.5 Valg av harvetinder

For at harvetindene skal gjøre et tilfredsstillende arbeid er det viktig at det velges riktig type tinder. I denne utvelgelsen velges de tindene som passer best i teorien. Det presiseres at tindene kan byttes ut senere, men her velges det som kan være mest hensiktsmessig med tanke på å svare best mulig på problemstillinga, som er å lage et godt såbed i bearbeidet jord.

7.5.1 Ulike tindetyper

De ulike tindene er tidligere presentert kapittel 4. Det velges mellom stive dyptgående tinder, fjærende dyptgående tinder, fjærende tinder for middels arbeidsdybde og fjærende tinder for grunn arbeidsdybde. De ulike tindene vurderer opp mot hverandre etter flere kriterier ved hjelp av concept screening.

Resultat i grunn arbeidsdybde

Det ferdige produktet skal benyttes hovedsakelig til sekundær bearbeiding. Dermed vil harvetidene arbeide i grunn dybde, ned mot maks 10 cm. Dermed er det fordelaktig med tinder som gjør et godt arbeid i denne arbeidsdybden.

Stein

Harvetinder som løfter lite stein er fordelaktig.

Sortering av aggregater

Tinder som sortere aggregater bidrar til å gi et bedre såbed, selv med kun én tinderekke.

Tilgang

Globus AS må kjøpe inn tindene fra sine underleverandører. Standard tinder er lette å få tak i både ved produksjon og ved utskiftning ved havari i felt.

Pris

Standard tinder har ofte en lavere pris. Mye brukte tinder er enkle å få tak i, noe som resulterer i lavere materialkostnader og lavere pris ut til kunden. Blir også rimeligere å vedlikeholde på sikt.

Alternative spisser

Å bytte spisser vil gjøre at tindene kan gi andre resultater. Väderstad sin «Spets konfigurator» er brukt som utgangspunkt for å enkelt se hvilke spisser en enkelt produsent tilbyr til de ulike tindene sine (Väderstad, 2020). For stive tinder er det tatt utgangspunkt i kultivatoren Cultus med C-tinder, for dyptgående fjærende er det brukt kultivatoren/hybridharva Swift, middels dyptgående er hentet fra kulturharva Ferox og grunt arbeidende tinder fra NZA såbedsharv.

7.5.2 Screening av ulike tindetyper

Tabell 3 viser resultatene for screeningen. Fjærende tinder for grunn bearbeiding får flest poeng. Dermed brukes disse tindene i videre utvikling. Disse kan utstyres med vanlig smal såbeds-spiss eller med gåsefot. Siden forsøkene er gjennomført med smale spisser, benyttes dette i konstruksjonen.

Tabell 3

Kriterier	Stive tinder (C)	Fjærende tinder, dyptgående (S)	Fjærende tinder, middels dyptgående (S)	Fjærende tinder, grunn bearbeiding (S)
Sortering av aggregater	1	3	7	10
Resultat i grunn arbeidsdybde	2	3	7	8
Stein	2	4	6	7
Tilgang	5	6	7	10
Pris	5	5	7	9
Alternative spisser	9	7	5	5
Sum	24	28	39	49

7.6 Ferdige komponenter

Det ferdige produktet skal bære preg av gjennomtenkte løsninger, som henter de beste funksjonene fra de gjennomførte screeningene. De ferdige komponentene skal sammen danne et sluttprodukt som har evnen til å svare på problemstillingen.

7.6.1 Ny arm

Den nye armen har som hensikt å holde innfestningen til lamellslodden og parallelogrammet til harvetindene. Armen består av to firkantrør i dimensjonen 100x60x8 mm, som kappes til og sveises sammen. For å sikre lave innkjøpskostnader, er det benyttet standarddimensjon på firkantrøret. Det benyttes vanlig konstruksjonsstål på alle dimensjoner, av kvaliteten S235.

For innfesting av braketten til innfesting av lamellslodden benyttes det et flattstål 70x10 mm som sveises fast midt i det vinklede firkantrøret. For innfesting av parallelogrammet i framkant av armen, benyttes 10 mm tykt flattstål, slik som på figur 71. For å kunne benytte det originale parallelogrammet bores to hull med en diameter på 30,5 mm i hver holder. I ytterkant av disse hullene sveises det på 5 mm tykke forsterkinger, som avlaster platene fra kreftene som påvirker hullet, og dermed bedres holdbarheten. Se figur 71.

I bakkant av armen sveises det fast ei stålplate med dimensjonen 180x140x10 mm som det bores fire hull i, ett i hvert hjørne. Sammen med en tilsvarende løs plate på andre siden av trommelen står denne plata for innfestingen til eksisterende ramme på trommelen.

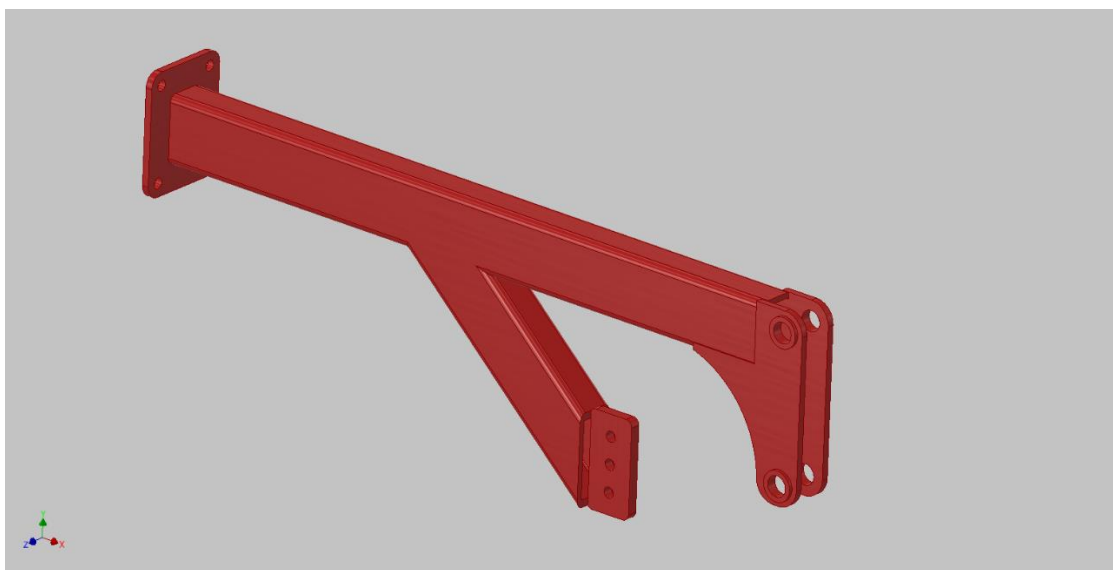


Fig. 71 Ny arm danner utgangspunktet. Av forfatteren.

7.6.2 Feste til firkantrør lamellslodd

Braketten som danner festet til lamellslodden består av to stålplater. I stålplatene til braketten er det et hull på 115 mm, som passer til de ytre skivene som festets rundt firkantrøret. Brakettene festes til flattstålet på armen ved hjelp av M16 bolter. De kan justeres opp og ned etter behov, i tre hull.

De ytre skivene har en tykkelse på 15 mm. De har en ytre diameter på 110 mm og med et indre firkantet hull på 70x70 mm. Skivene er gullfarget på figur 72. Det indre hullet passer med lamellsloddens firkantrør. I tillegg skjæres det ut en slisse i det indre hullet til skiva. Denne slissa er tilpasset braketten som er blå og kan ses på figur 72. Braketten holder skivene på plass.

Sammen med den blå braketten har den midtre skiva som hensikt å holde skivene på plass. Ved hjelp av sin store diameter på 140 mm og plassering imellom de to festebrakettene, vil den sørge for at skivene holder sin posisjon. Den midtre skiva har også et innvendig hull på 70x70 mm med sliss. Siden den blå braketten holdes fast i firkantrøret vil hverken skivene eller firkantrøret ha mulighet til å forflytte seg sidelengs.

Der det er hydraulikksylinder har skiva i tillegg et øre som hydraulikksylinderne festes i. På figur 72 vises den store skiva i gull, med øre for tilkoblinga av hydraulikksylinder.

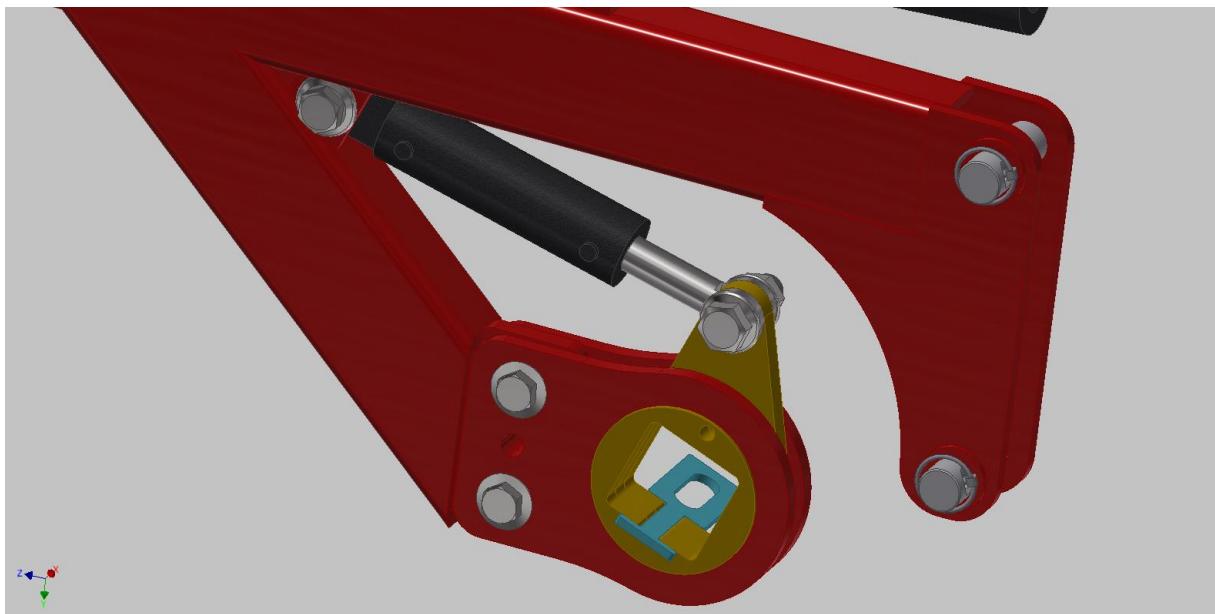


Fig. 72 Brakett til feste av skiver som holder firkantrøret. Av forfatteren.

7.6.3 Hele konstruksjon høyre side

Hele konstruksjonen er lik på begge sideseksjoner. Som vist på figur 73 har konstruksjonen tre armer pr seksjon. Disse festes i ramma til trommelen ved hjelp av de nevnte stålplatene og lange bolter. Imellom hver arm benyttes firkanttrør 100x60x8 mm. Flere deler fra det originale parallellogrammet til Globus benyttes, slik som festet til firkanttrøret og stagene mellom den nye armen og festet til firkanttrøret. Stagene kortes inn 10 cm. På den måten blir konstruksjonen mer kompakt.



Fig. 73 Feste for begge firkanttrør med spesialskiver og parallellogram. Av forfatteren.

Parallellogrammet betjenes av én hydraulikksylinder pr seksjon. Hydraulikksylinderen festes på toppen av den midterste armen og i det midterste av de øvre stagene til parallellogrammet. Mellom de tre øverste stagene til parallellogrammet sveises det fast et firkanttrør. Dette gjør at de tre parallellogrammene beveges synkront.

Det monteres hydraulikksylindere for å regulere lamellslodden på de to innerste armene, slik at det blir to sylindre pr seksjon som regulerer lamellslodden. Slik fordeles kreftene over flere punkt, og ved å montere de inne i ramma er de også beskyttet mot stein og jord fra Crosskill-ringene. Hydraulikksylindrene monteres i et øye i vinkelen mellom de to firkanttrørene.

7.6.4 Hele konstruksjon med tinder

Det er i konstruksjonen montert 12 tinder pr seksjon, i alt 24 tinder. Disse er montert med en avstand på CC 20 cm. Lamellsloden består av 12 brede tinder pr seksjon. Figur 74 viser dette. Begge arbeidsorganene er montert slik at de ikke arbeider utenfor trommelens arbeidsbredde.

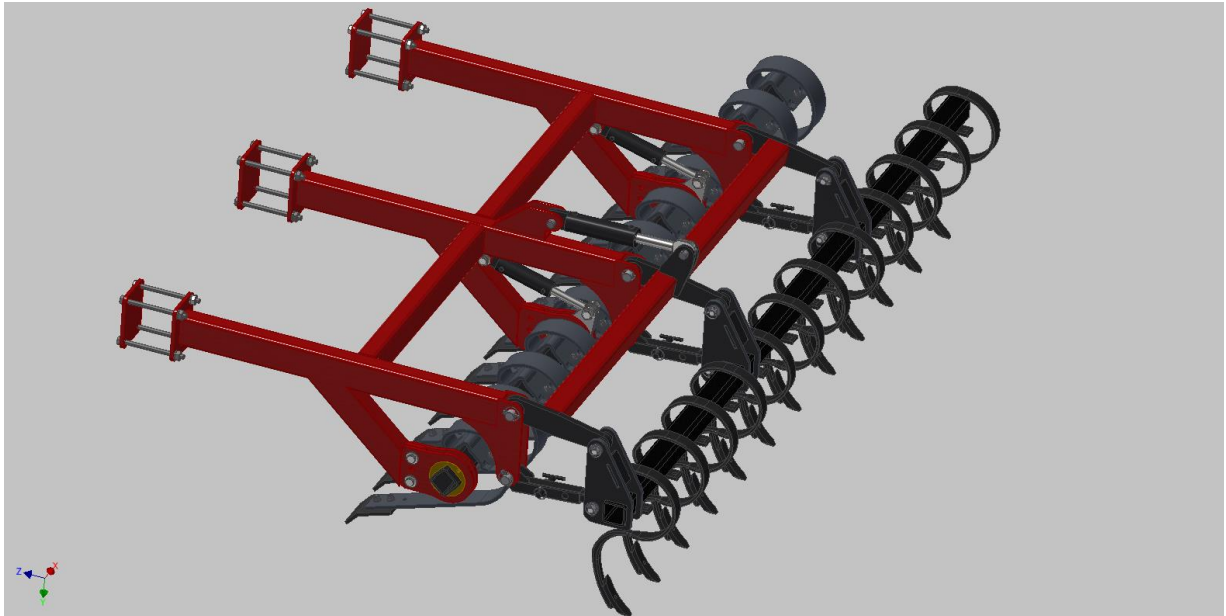


Fig. 74 Hele konstruksjon med tinder. Av forfatteren.

7.6.5 Komplette trommel

Draget på trommelen forlenges med 500 mm for å kompensere for økt lengde på konstruksjonen til jordgående redskap. Avstanden fra senter trekkrok til harvetinder blir da 2050 mm, noe som muliggjør bruk av tvillingmontasje på traktor. Bredden på trommelen i sammenfelt stilling (Fig. 75) overstiger ikke dagens bredde under transport, som er 2,45 meter.

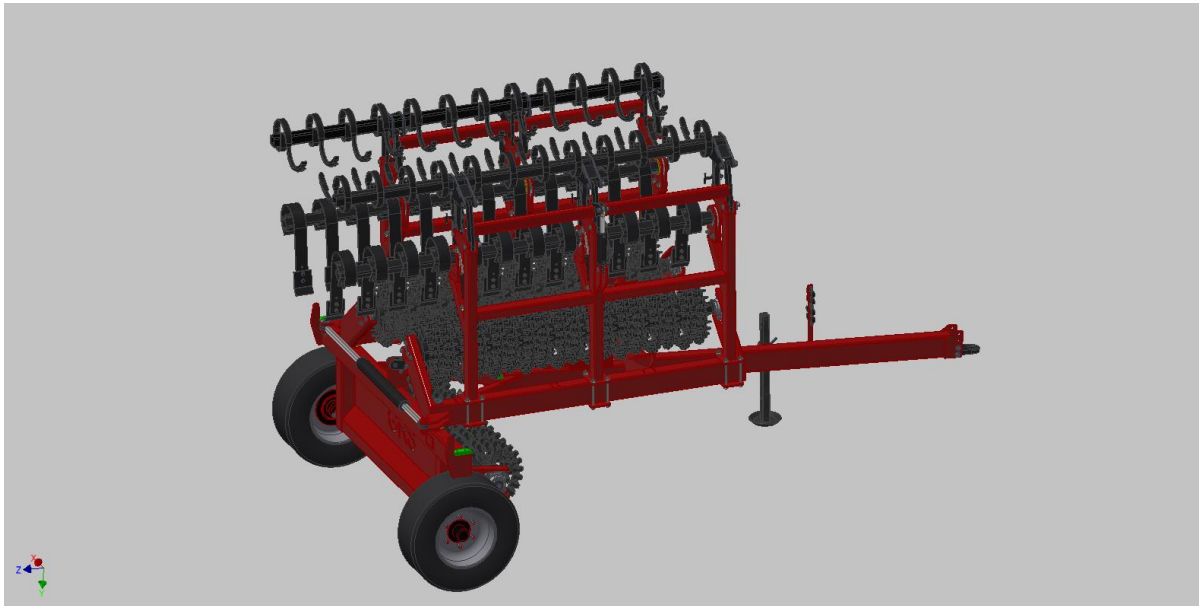


Fig. 75 Konstruksjon montert på trommel. Sammenfelt

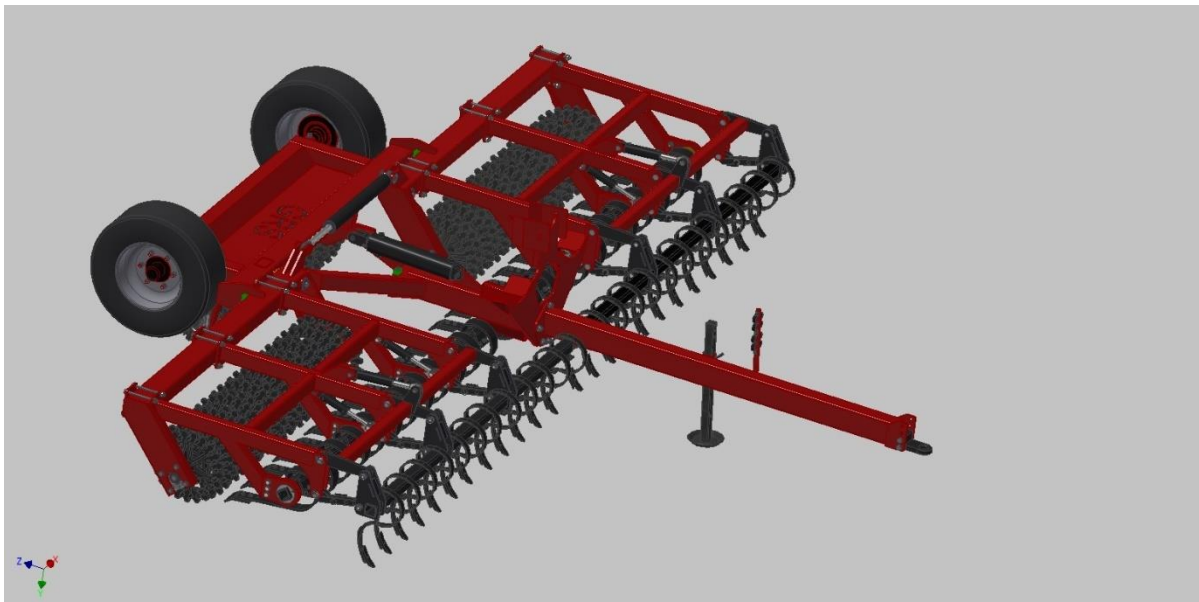


Fig. 76 Trommel i arbeidsstilling

7.6.6 Hydraulikk

Det hydrauliske anlegget på det ferdige produktet består av i alt åtte hydrauliske sylindere. Fire dobbeltvirkende sylindere benyttes til justering av lamellslodd, to dobbeltvirkende til justering av parallelogram til harvetinder, én enkeltvirkende til løftesynder hjulgang og én dobbeltvirkende til sammenfelling.

Dermed krever trommelen tre dobbeltvirkende og ett enkeltvirkende uttak på traktoren. En eventuell velgeventil kan monteres mellom løftesynder og sylindere til sammenfelling, om kunden kun har tre DV-uttak.

Løftesynder

Enkeltvirkende sylindere med dimensjonen 100/40-420. Lmin er 670mm. Betegnelsene står for stampelets diameter (100mm), stempelstangas diameter (40mm), slaglengde (420mm) og senteravstand i innfestingsørene ved innkjørt/minste posisjon (670mm). Løftesynderen som benyttes lages på mål til Globus AS. Dette gir sylindere en skyvekraft på 157 000 N i plusslaget. Omregnet i kilogram tilsvarer dette 16 009 kg.

Løftesynderens hensikt er å presse hjulgangen ned, samtidig som trommelseksjonene med tilhørende lamellslodd og harvetinder vinkes opp fra bakken. Trommelens drag har en vekt på cirka 190 kg, som vil si at seksjonen som skal løftes opp veier omtrent 3000 kg. Det er vanskelig å regne ut eksakt hvor stor påkjenning dette er for sylindere, da det er en bevegelse med flere faktorer. Med en skyvekraft på over fem ganger vekta til seksjonene som skal vinkles opp, er dagens sylindere sterke nok.

Sylindere sammenfelling

Til sammenfelling av trommelen benyttes originalt en dobbeltvirkende 70/40-1154 med spesielt lang innfesting. På det ferdige produktet benyttes derimot sylindere fra Globus sin 7 meter brede trommel, med dimensjonen 80/40-1154. Trommelen slås sammen i plusslaget til sylindere, og felles ut igjen i minusslaget. Sylindere gir 100kN i plusslaget og 75kN i minusslaget.

Seksjonene som skal felles sammen, ligger så godt som i vater, litt etter høyden på trekkroken til traktoren. På grunn av dette er det ikke store krefter som kreves for å felle sammen de to seksjonene. Etter samtaler med Globus AS er den valgte sylindere sterke nok.

Sylinder for betjening av lamellslodd

For rotasjon av firkantrøret til lamellslodden benyttes to hydraulikksylindere pr seksjon, i alt fire sylindere. Slik fordeles kreftene fra lamellslodden på to punkter pr seksjon. Sylindere som benyttes er av dimensjonen 40/25-100, med Lmin på 270mm (TAON Hydraulik Komponenter, 2020). Sylinderen som benyttes er en standardsylinder.

Sylindere er montert slik at de i minusslaget presser lamellslodden ned. I minusslaget gir hver sylinder en skyvekraft på 15kN. Hver seksjon med lamellslodd vil da få en skyvekraft på 30kN. Dette tilsvarer 3059 kg. Lmin på 270mm kombinert med en slaglengde på 100mm sørger for at tindene til lamellslodden har en avstand på 13,5 cm til underlaget i oppheist posisjon. Ved maks aggressivitet vil tindene vinkles nok til å arbeide med en teoretisk arbeidsdybde på 14 cm.

Sylinder for betjening av parallellogram

Parallellogrammet som betjener firkantrøret betjenes av én sylinder pr seksjon. Her brukes også en standardsylinder, her med dimensjonen 50/30-150. (TAON Hydraulik Komponenter, 2020).

I minusslaget presses harvetindene ned, og det er da de utsettes for mest krefter. I Minusslaget leverer sylinderen en skyvekraft på 25kN. Dette tilsvarer 2550 kg. Med Lmin på 350 og en slaglengde på 150 mm, sørger hydraulikksylinderen sammen med geometrien i festene til å regulere arbeidsdybden mellom en arbeidsdybde på 15 cm til 18 cm over underlaget i oppløftet posisjon.

Andre hydraulikkomponenter

Både begge sylindere til parallellogrammet og de fire sylindere som betjener lamellslodden må fungere synkront, uavhengig av motstand fra underlaget. I hydrauliske kretser der volumstrømmen splittes til flere hydrauliske komponenter, vil olja velge minste motstands vei og strømme til komponenten med minst motstand. For både lamellslodden og parallellogrammet til tindene vil dette føre til at de ulike seksjonene vil gå ulikt avhengig av motstand fra jorda.

For å unngå dette må det monteres spesielle hydraulikkblokker for å dele volumstrømmen likt uavhengig av motstand. Hydraulikkblokkene består av to selvregulerende volumstrømventiler. Disse kalles TQ-ventiler (HAWE Hydraulik SE, 2020). Disse vil gi en tilnærmet lik splitting av volumstrømmen, men kan ha et avvik på noen få prosent (Bosch Automasjon, 1999). Det

finnes mer eksakte løsninger, men disse krever tilførsel av strøm. Dette er ikke hensiktsmessig på et jordbearbeidingsredskap.

Det monteres tre slike hydraulikkblokker til lamellslodden. Dette fordi volumstrømmen må splittes tre ganger for å betjene de fire sylindrene synkront. Blokkene monteres inn til minusslaget i sylindrene, da det er dette slaget som møter ulik motstand fra underlaget. Til betjening av parallellogrammets to sylindre benyttes kun én blokk. Denne monteres før plusslaget, da det er denne som møter motstand fra underlaget.

Sylindrene til sammenfelling og løft krever ikke splitting av volumstrømmen og kobles derfor direkte i traktorens uttak. Andre hydrauliske komponenter som slanger, koblinger og bend er ikke listet opp.

Hydraulikkskjema

Hydraulikkskjemaet er vist ved bruk av fire uttak. Ved tre uttak vil A-porten som går til sammenfelling splittes, slik at den også kan betjene plusslaget til løftesynderen.

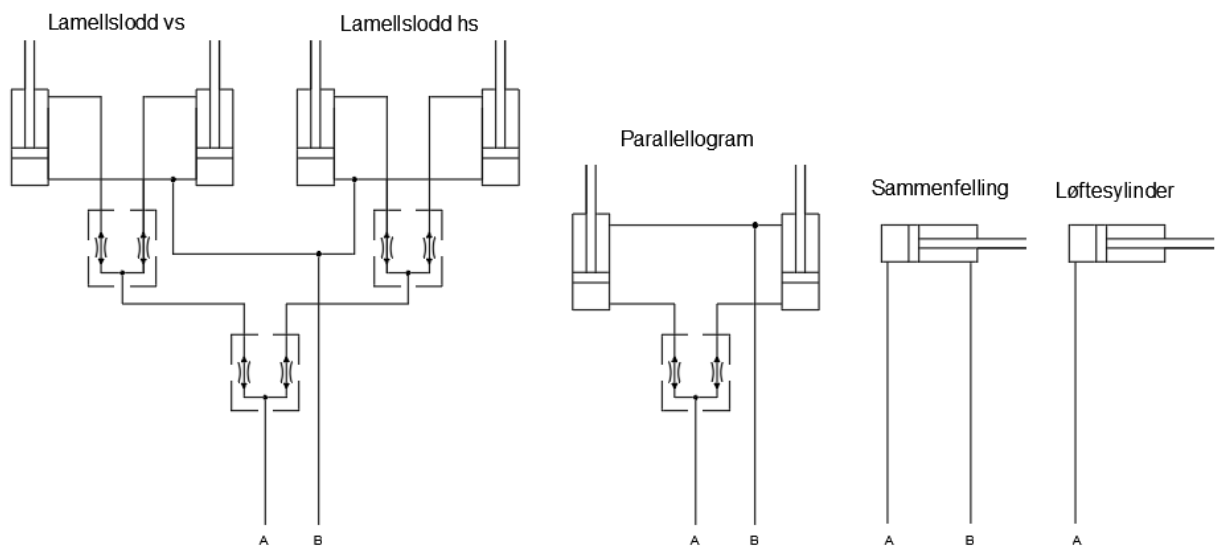


Fig. 77 Hydraulikkskjema, av forfatteren.

7.6.7 Utregning av trekkraftbehov

Dagens Globus GRS 540 CR med lamellslodd oppgis med et trekkraftbehov på minimum 100 hk. Ved et tillegg på 24 S-tinder er det behov for større trekkraft. I dette eksemplet brukes en mellomtung jordtype, silt. Det velges tinder for primær bearbeiding, men som andre overkjøring. Det oppgis 8 km/t i hastighet og 7 cm arbeidsdybde.

Det regnes ut behovet for trekkraft for de 24 tindene, før dette legges sammen med dagens krav til trekkraft. På den måten framkommer samlet trekkraftbehov til sluttproduktet.

Trekkraftbehov i newton:

$$D_I = F_i (A + B v + C v^2) w d$$

$$D_I = 0,85 (32 + (1,9 * 10) + (0 * 8)^2) * 24 * 7$$

$$\underline{D_I = 9628,80N \rightarrow 963 \text{ kN}}$$

Trekkraftbehov til kilowatt:

$$P_{db} = \frac{D_I v}{3,6}$$

$$P_{db} = \frac{963 * 8}{3,6}$$

$$\underline{P_{db} = 21,40 \text{ kW}}$$

Trekkraftbehov i hestekrefter:

$$21,40 \text{ kW} * 1,36$$

$$\underline{29,1 \text{ hk}}$$

Samlet trekkraftbehov på sluttprodukt:

$$100 \text{ hk} + 29,10 \text{ hk} = 129,10 \approx \underline{\underline{130 \text{ hk}}}$$

Det samlede teoretiske trekkraftbehovet er innenfor kravspesifikasjonen til sluttproduktet.

7.6.8 Vekt

Uten ekstraintstyr veier GRS trommel 2340 kg. Som det framkommer av tabell 4 er den samlede vekten til oppgavens konstruksjon 868 kg, noe som gir en samlet vekt på 3208 kg. Dette gir en vekt på ca. 594 kg pr meter arbeidsbredde.

Tabell 4

Del	Vekt pr stk (kg)	Antall	Sum grupper (kg)
Brakett/holder	33	6	198,0
Firkantør mellom braketter	7,4	4	29,6
Firkantrør lamellslodd	26	2	52,0
Firkantrør harvetinder	26	2	52,0
Harvetinde m/ spiss	3,9	24	93,6
Lamellslodd tinde m/ spiss	9	24	216,0
Øvre holder parallelogram	30	2	60,0
Feste for parallellføring	5,4	6	32,4
Justeringsstag parallelogram	3,4	6	20,4
Feste for brakett til trommel	1,8	6	10,8
Sylinder til harvetinder	4,3	2	8,6
Sylinder til lamellslodd	2,5	4	10,0
Fester til sylindre	3	2	6,0
Sum			789,4
+10%			78,9
Sum med sveiser, bolter mm			868,3
Dagens trommel			2340,0
Sum sluttprodukt			3208

8. Diskusjon

Oppgavens hovedmål var å se på effekten av et ekstra arbeidsorgan i form av tinderekke foran lamellslodden til trommelen.

Utviklingsarbeidet med forsøksriggen ga både erfaring til utviklingen av sluttproduktet og gjorde det mulig å teste problemstillingen i felt. I ettertid skulle gjerne forsøksriggen vært bredere, slik at flere tinder kunne blitt montert. På den måten kunne man lettere sett resultater i ubehandlet pløgsle.

De ulike testene ga samlet et klart resultat; en harvetinderekke foran lamellslodden gjør at lamellslodden får en jevnere og løsere masse å arbeide med. Dermed kan lamellslodden kjøres mindre aggressivt og fortsatt etterlate seg et bedre resultat enn tidligere.

Informasjon fra redskapsprodusenter sammen med egne erfaringer fra Blæstad er brukt flere steder i oppgavens teoridel. I en akademisk oppgave som dette er det mer hensiktsmessig å benytte seg av forsøksresultater fra uavhengige instanser. Dette har vist seg å være vanskelig, da det er utført særdeles lite forsøk med trommel. De forsøkene som er, er som regel fra helt andre verdensdeler. I disse forsøkene benyttes andre pakkeredskaper enn de vi er kjent med her i Norden.

Vekt pr meter arbeidsbredde er oppgitt til minst 300 kg (Glemmestad, 1981). Den observante leser merker seg at dette er nesten 40 år gammel informasjon, og dermed gjelder informasjonen helt andre tromler enn det som benyttes i dag. Nyere informasjon om dette temaet er ikke tilgjengelig, og det kan virke som tromling er noe som gjennomføres «på gammel vane», selv om bransjen er klar over at store ringer og høy vekt er hensiktsmessig. Her etterlyser jeg norske forsøk med ulike ringstørrelser og forskjellig vekt, for å belyse hva som er store nok ringer og gunstig vekt pr meter arbeidsbredde. Sluttresultatet er konstruert solid, og ville nok blitt noe lettere i produksjon, men selv original trommel uten ekstrautstyr veier over 400 kg pr meter arbeidsbredde.

Gjennom hele prosessen med konstruksjon av sluttproduktet ble det lagt vekt på å konstruere en solid konstruksjon. Eventuelle styrkeberegninger er utenfor pensum til en bachelor i landbruksteknikk og ble ikke gjennomført. Det ble derfor brukt grove dimensjoner og mange komponenter. På grunn av dette ble muligens den endelige løsningen unødvendig tung.

Armløsningen som ble valgt til sluttproduktet viste seg å bli både kompakt og, isolert sett, lett. Med en lengde like over 1100 mm for selve armkonstruksjonen og 1570 mm inkludert parallellogram og tinder, vil jeg si at det ble en løsning som utnytter plassen godt. Å endre justeringen av lamellslodden ved å rotere firkantrøret istedenfor å bruke eksisterende parallellogram har nok mye å si for dette. Jeg er også fornøyd med at parallellogrammet ble benyttet til justering av harvetindene. På den måten kan harvetindene arbeide i den vinkelen de er tiltenkt.

Lamellslodden er opplagret i tre punkter pr seksjon. Disse er ikke jevnt fordelt ut over bredden til lamellslodden på grunn av trommelens utforming. Ved å montere to hydraulikksylindere pr seksjon vil kreftene fordeles bedre ut over seksjonen. For å oppnå samme skyvekraft som de to små sylindrene pr seksjon ville det krevd en større sylindere som ikke hadde passet inn i armens utforming.

Fire hydraulikksylindere som betjener lamellslodden er et fordyrende ledd i produksjonen. I tillegg til selve sylindrene kreves også flere slanger, koblinger og mer tid under produksjonen. Forklaringen på valget av denne løsningen er å skjerme hydraulikksylindrene mest mulig for sprut fra Crosskill-rullene ved å montere de inne i armene.

8.1 Forslag til videre arbeid

Det er ikke gjennomført styrkeberegninger av den ferdige konstruksjonen. Det hadde vært spennende å se hvilke ledd som er mest utsatt og hvor dimensjonene kan snevres inn. En styrkeberegning i AutoDesk Inventor ville gitt et teoretisk svar på dette. Det ville også vært interessant å gjennomføre flere forsøk på ulike jordtyper og for eksempel ulike tinders egenskaper i tillegg til de testede S-tindene.

Oppgaven har heller ikke omhandlet det økonomiske perspektivet ved sluttproduktet. En kalkyle eller et overslag til materialkostnader, slik som stål, hydraulikkkomponenter og innkjøpte tinder ville vært interessant. Her kunne man sammenligne ulike dimensjoner opp mot hverandre og vurdert hva som ville vært mest lønnsomt sett opp mot styrke i konstruksjonen. Ved å estimere tilvirkingskostnader ville man i tillegg kunne fått en viss formening om eventuell utsalgspris på det endelige produktet.

9. Konklusjon

Oppgaven har undersøkt effekten av en ekstra tinderekke foran eksisterende lamellslodd på trommel, og hvordan dette påvirker trommelens evne til å lage et godt såbed. Innledende teori kombinert med praktiske forsøk dannet grunnlaget for utvikling av sluttproduktet. Følgende konklusjoner kan trekkes for det ferdige arbeidet:

- Tindene løser opp jorda i hjulsporene, men under tindenes arbeidsdybde er jorda like hardpakket som der det ikke er løst opp ved hjelp av tinder. Ved et ideelt såbed, der såfrøet legges på en hard og uberørt såle, vil riktig arbeidsdybde på tindene bidra til å sikre et godt såbed.
- Tindenes evne til å løse opp hjulsporene påvirker også eksisterende lamellslodd. Lamellslodden får en mer homogen masse jord å arbeide med, og trenger derfor ikke å arbeide like aggressivt for å jevne såbedet tilstrekkelig.
- De testede tindene jevner tomfårer til en viss grad, men ikke like mye som ønsket. Flere overkjøringer ved tomfårer er fortsatt påkrevd for å få jevnet skikkelig. Dette samsvarer med teoridelen, der det framkommer at smale tinder har liten evne til å flytte jord.
- Sluttproduktet består av en kompakt konstruksjon som svarer på problemstillingen. Samtidig innfrir den kravene til kravspesifikasjonen.

10. Referanser

- A, S. B., & Lal, R. (1990). *Advances in Soil Science: Soil Degradation Volume 11*. New York: Springer Science & Business Media.
- Ag Innovators. (2015). *Estimating tractor power needs*. Hentet fra Ag Innovators : <https://www.aginnovators.org.au/initiatives/energy/information-papers/estimating-tractor-power-needs>
- Bosch Automasjon. (1999). *Hydraulikk i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Boysen, H. (1943). *Jordbrukslære, tredje utgave*. Oslo: Olaf Norlis Forlag.
- Brandsæter, L. O. (2006). *Plantevern i økologisk landbruk - harving*. Hentet fra NIBIO - Plantevernleksikonet : <https://www.plantevernleksikonet.no/l/boeker/30/>
- Det Statistiske Centralbyrå. (1918). *JORDBRUKSTELLINGEN I NORGE, "Arealet og dets anvendelse M. V. - Annet hefte"*. Kristiania : H. Aschehoug & Co.
- Glemmestad, E. (1981). *Maskiner i landbruket*. Oslo: Landbruksforlaget.
- Grace's Guide to British Industrial History. (2018, Oktober 16). *William Colbourne Cambridge*. Hentet fra Grace's Guide to British Industrial History: https://www.gracesguide.co.uk/William_Colbourne_Cambridge
- Grains Research and Development Corporation. (2020, Mars 26). *How do you roll after soil amelioration?* Hentet fra webområde for Grains Research and Development Corporation: <https://grdc.com.au/news-and-media/news-and-media-releases/west/2020/march/how-do-you-roll-after-soil-amelioration>
- Gramstad, R. V. (2016, Mars 11). Det optimale såbed. *Bondevennen*, s. 18.
- Harrigan, T., & Rotz, C. A. (1995). *Draft Relationships for Tillage and Seeding Equipment*. November.
- HAWE Hydraulik SE. (2020). *Flow divider, type TQ*. Hentet fra hawe.com: <https://www.hawe.com/products/product-search-by-category/hydraulic-valves/flow-valves/flow-dividers/tq/>

-
- Heieren, R. (Ikke utgitt). Norske ringtromler. I R. Heieren., *Norsk redskapsleksikon* .
- Holtebekk, T., & Hofstad, K. (2017, November 1). *Hestekraft*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/hestekraft>
- Ipsos. (2016, Juni 15). *Ipsos Encyclopedia - Concept Screening*. Hentet fra Webområde for Ipsos.com: <https://www.ipsos.com/en/ipsos-encyclopedia-concept-screening>
- Makanga, J. T., Salokhe, V. M., & Clough, D. G. (1998). *Effects of tine rake angle and aspect ratio*. Klong Luang (Thailand): Asian Institute of Technology, Agricultural and Food Engineering Program.
- Mangerud, E. K. (2017, April 7). *Relansering av sloddharva*. Hentet fra Webområde for Norsk Landbruk: <https://www.norsklandbruk.no/teknikk/relansering-av-sloddharva/>
- Morken, J., Endrerud, H. C., & Bøe, J. K. (2003). *Landbruksmaskinar*. Oslo: GAN Forlag AS.
- Norges Bondelag. (2020, Mars 14). *Sjølforsyning*. Oslo, Oslo, Norge.
- Norges Geologiske Undersøkelse. (1991). *Bunnsedimenter - dannelsesmåte*. Hentet fra <https://ngu.no/Mareano/Jordart.html>
- Pollestad, G., Iversen, G. A., Lundteigen, P. O., Bjørke, N. T., Navarsete, L. S., Knutsdatter Strand, M., & Mossleth, S. (2018). *Representantforslag 137 S*. Oslo: Regjerinegn .
- Preston Shaffner, T. (2014). *The Illustrated Record of the International Exhibition of All Nations, in 1862*. Cambridge University Press.
- Regjeringen . (2018, Desember 12). *Jordvern*. Hentet fra [regjeringen.no: https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/landbrukseiendommer/innsikt/jordvern/jordvern/id2009556/](https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/landbrukseiendommer/innsikt/jordvern/jordvern/id2009556/)
- Seehusen, T. (2020). *Jordarbeiding*. Hentet fra Nettside for NIBIO: <https://nibio.no/tema/mat/korn-og-frovekster/korn/jordarbeiding>
- Skøien, S. (2003). *Jordlære*. Oslo: GAN Forlag.

Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P., & Buckmaster, D. R. (2006). *Engineering Principles of Agricultural Machines, 2nd Edition*. St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Statistisk Sentralbyrå. (2020, Mars 14). *ssb.no*. Hentet fra Nettside for Statistisk Sentralbyrå:
<https://www.ssb.no/befolkning/faktaside/befolkningen>

Statistisk Sentralbyrå. (2020, Mars 14). *ssb.no*. Hentet fra <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/stjord>

Stokke, S. (2017, Juli 11). *Jordkvalitet*. Hentet fra Webområde for NIBIO:
<https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart/jordkvalitet>

Stratmann, & Bodo. (2013, Februar 6). *Verein für Computergenealogie eV*. Hentet fra GenWiki: [http://genwiki.genealogy.net/Walze_\(Landwirtschaft\)](http://genwiki.genealogy.net/Walze_(Landwirtschaft))

TAON Hydraulik Komponenter. (2020). *Sylinder ø40 - Fastøye - Slaglengde 100 mm*. Hentet fra taon.no: <https://taon-hydraulikk.com/nettbutikk/1456-dobbeltvirkende-fastoeye/40-sylinder-oe40---fastoeye---slaglengde-100-mm/>

TAON Hydraulik Komponenter. (2020). *Sylinder ø50 - Fastøye - Slaglengde 150 mm*. Hentet fra taon.no: <https://taon-hydraulikk.com/nettbutikk/1456-dobbeltvirkende-fastoeye/47-sylinder-oe50---fastoeye---slaglengde-150-mm/>

Väderstad. (2017). *50/80 Marathon handles tough conditions*. Hentet fra Väderstad.com/en:
<https://www.vaderstad.com/en/about-us/news/news-archive/2017/international/5080-marathon-handles-tough-conditions/>

Väderstad. (2020). *NZ Aggressive 500-1000*. Hentet fra Väderstad.com:
<https://www.vaderstad.com/en/tillage/tine-harrows/nz-aggressive/>

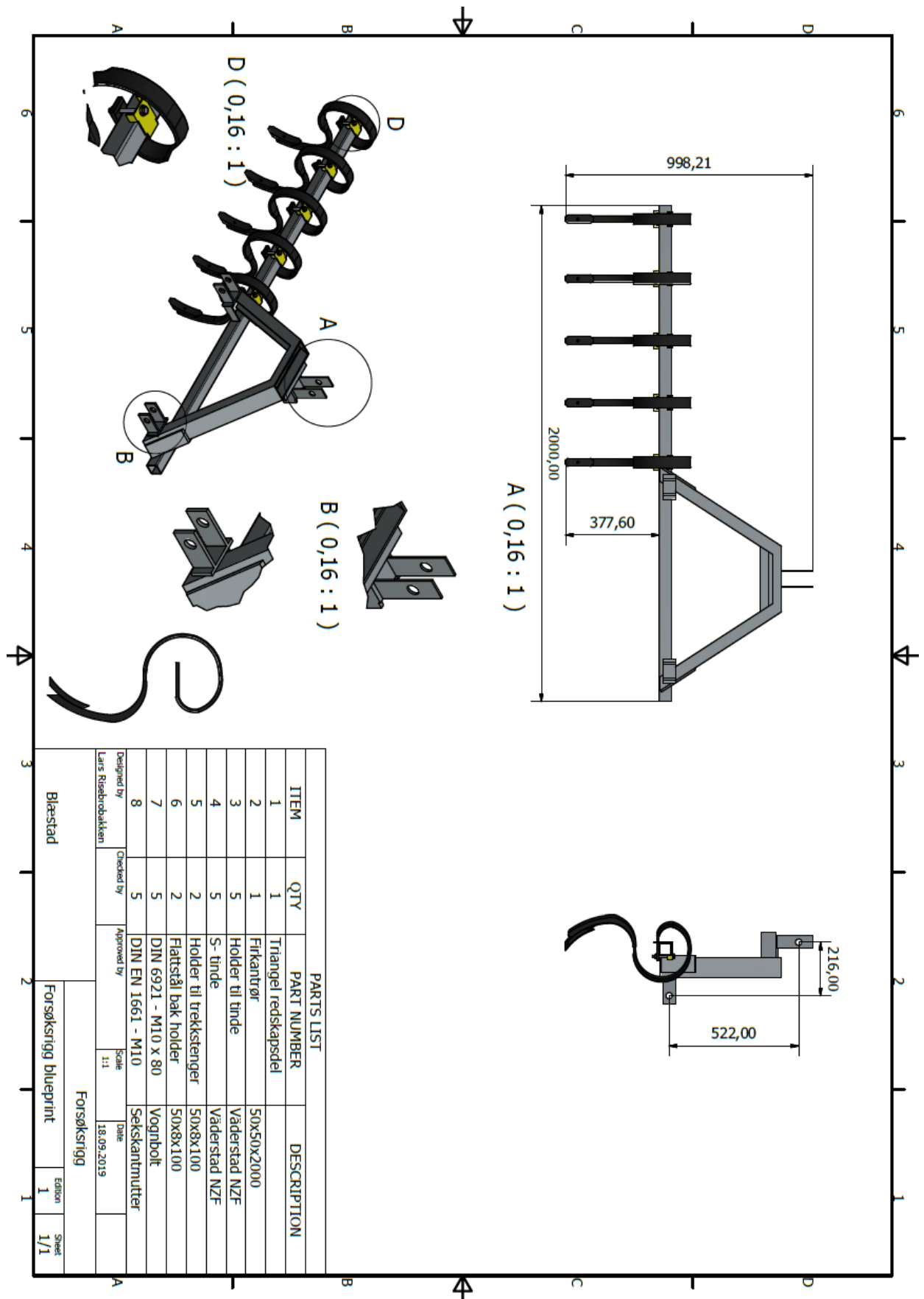
Väderstad. (2020). *Spets konfigurator*. Hentet fra Väderstad.com/se:
<https://www.vaderstad.com/se/service-reservdelar/originaldelar/point-configurator/#/>

Väderstad AB. ((u.å.)). *Vår historia - 70-talet - Verksamheten tar fart*. Hentet fra Väderstad.com: <https://www.vaderstad.com/se/om-oss/var-historia/70-talet---verksamheten-tar-fart/>

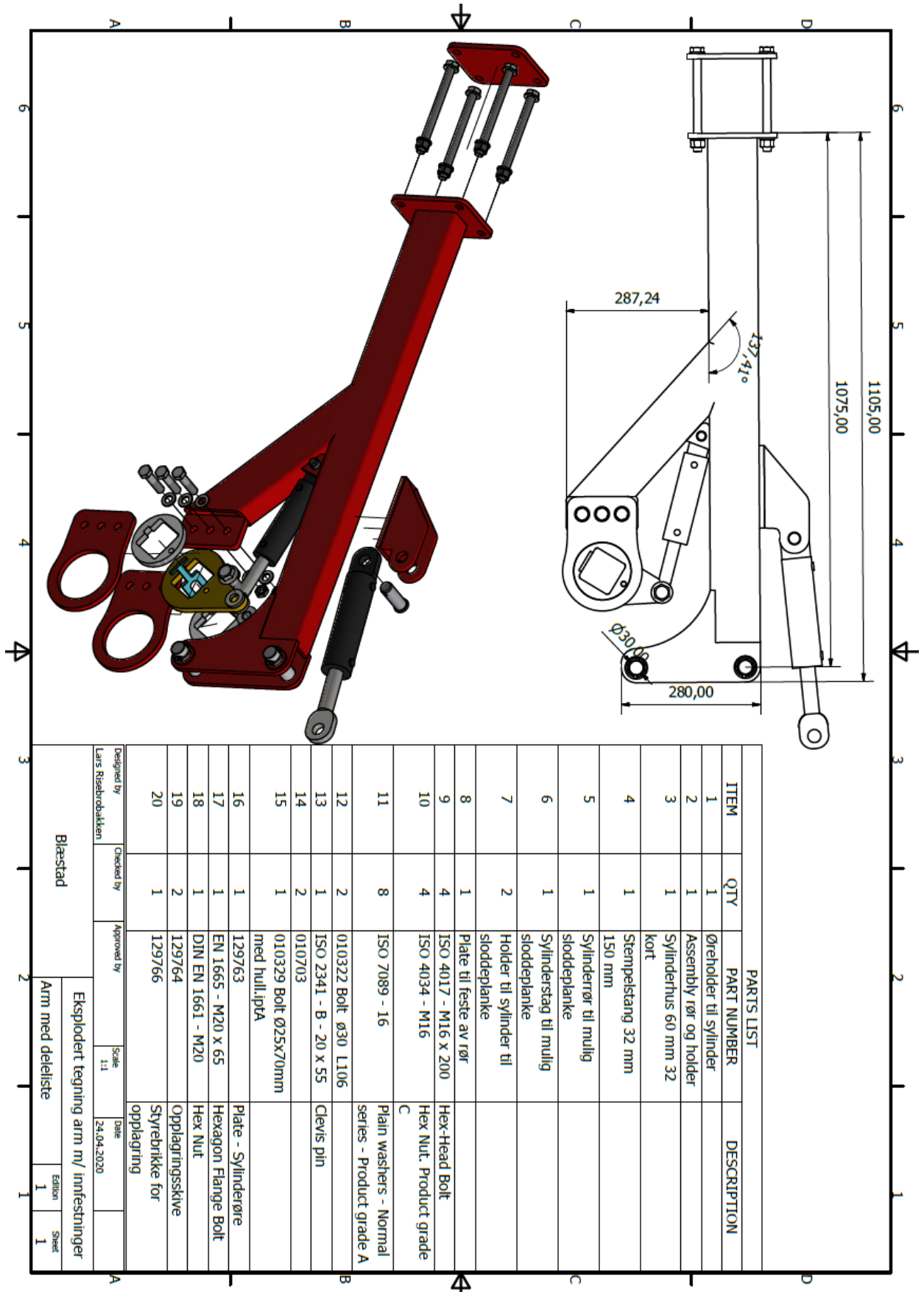
11. Vedlegg

- Vedlegg 1 - Forsøksrigg
- Vedlegg 2 - Arm med deleliste
- Vedlegg 3 - Konstruksjon med deleliste
- Vedlegg 4 - Topview
- Vedlegg 5 - Left view
- Vedlegg 6 - Sammenfelt
- Vedlegg 7 - Hydraulikkskjema
- Vedlegg 8 - Utregning av skyvekraft 1/2
- Vedlegg 8 – Utregning av skyvekraft 2/2

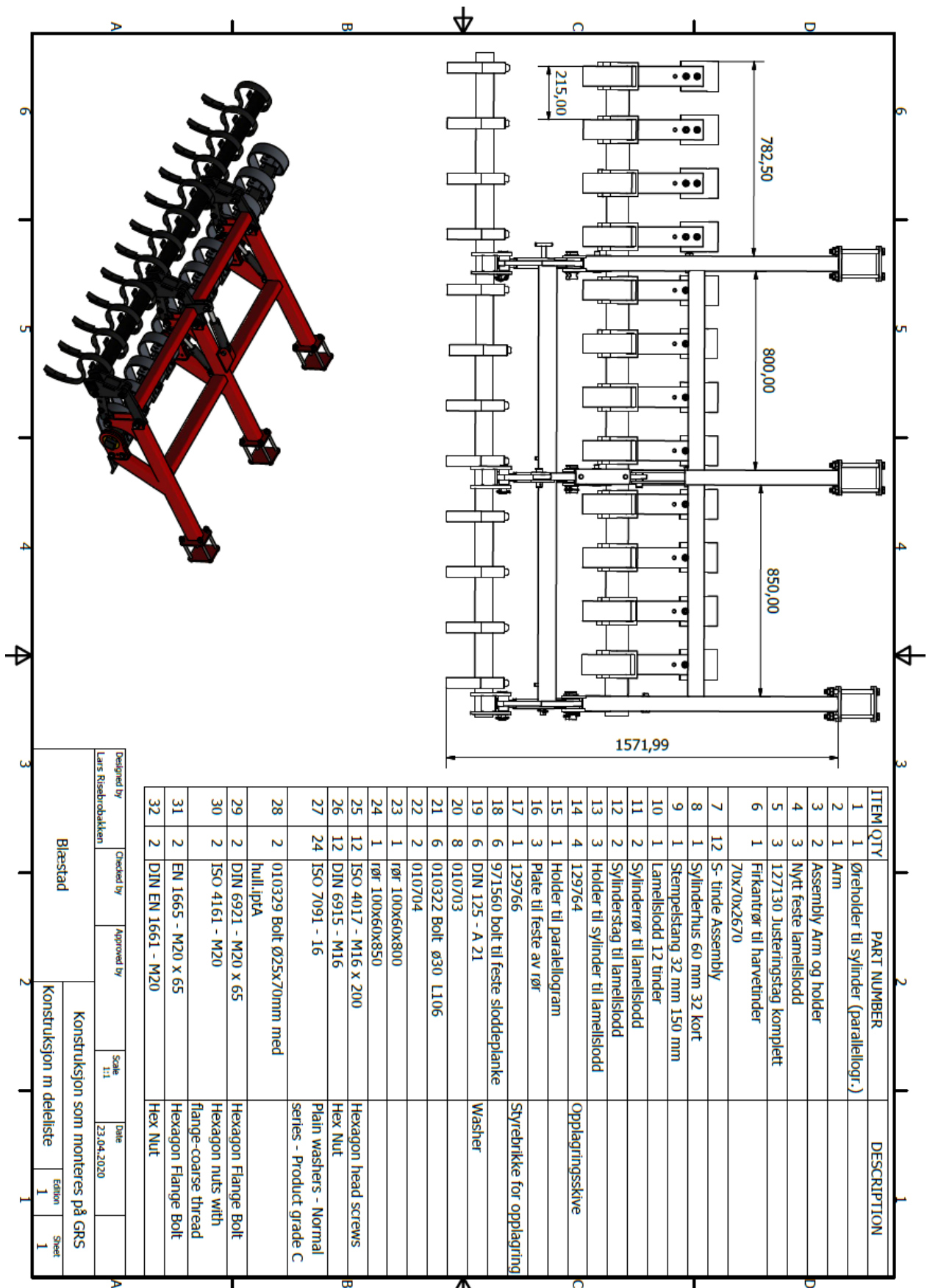
11.1 Vedlegg 1 – Forsøksrigg



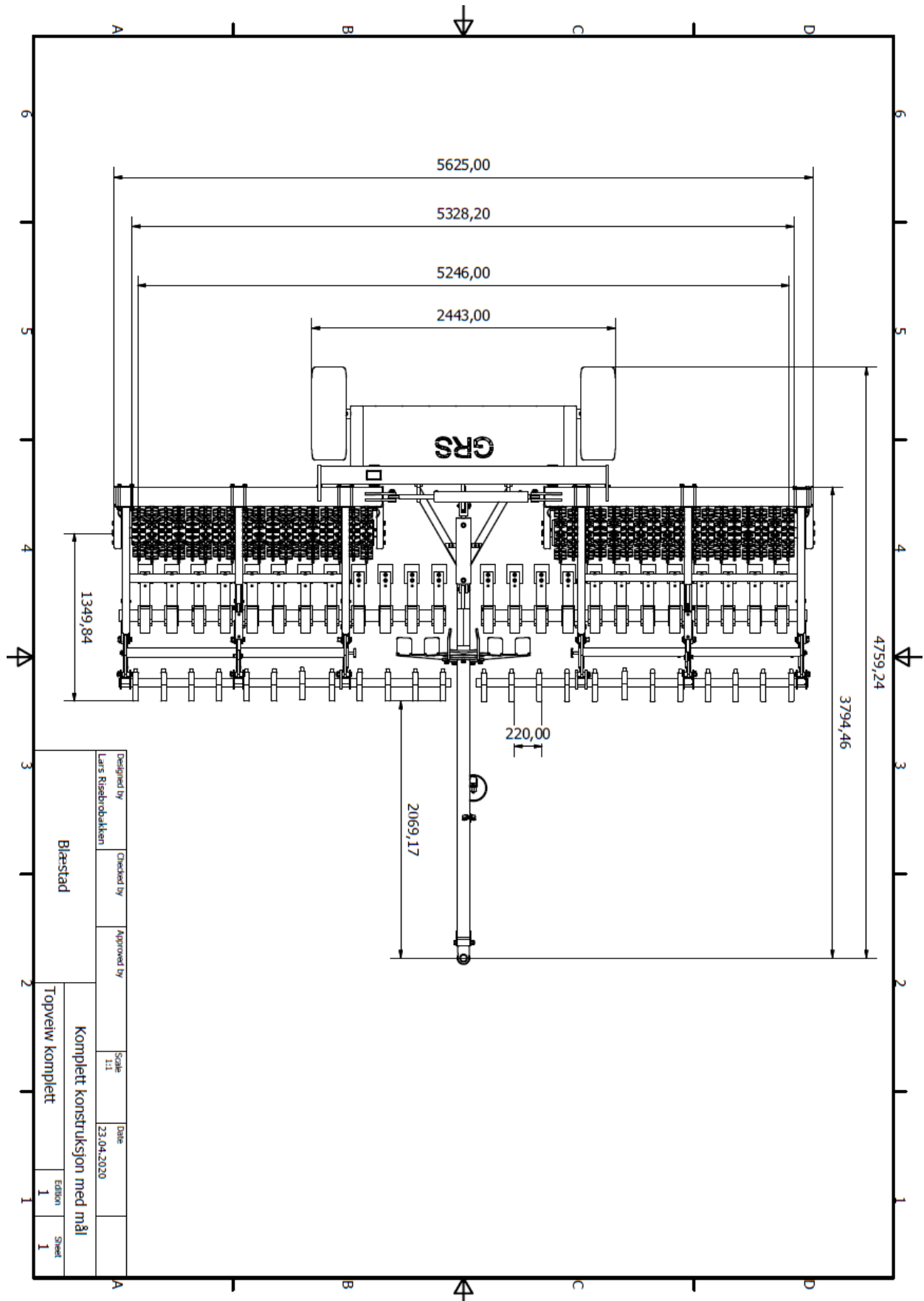
11.2 Vedlegg 2 – Arm med deleliste



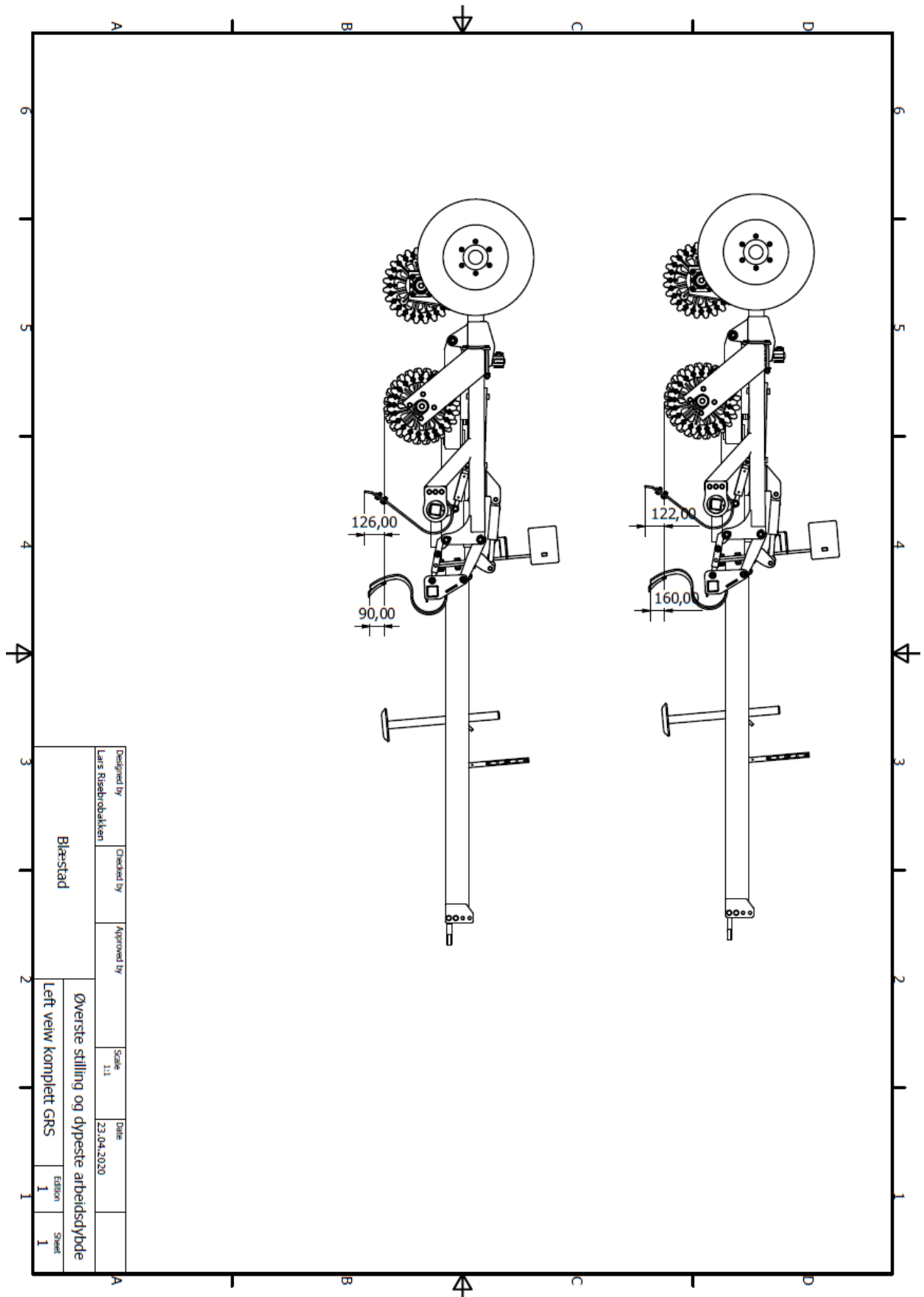
11.3 Vedlegg 3 – Konstruksjon med deleliste



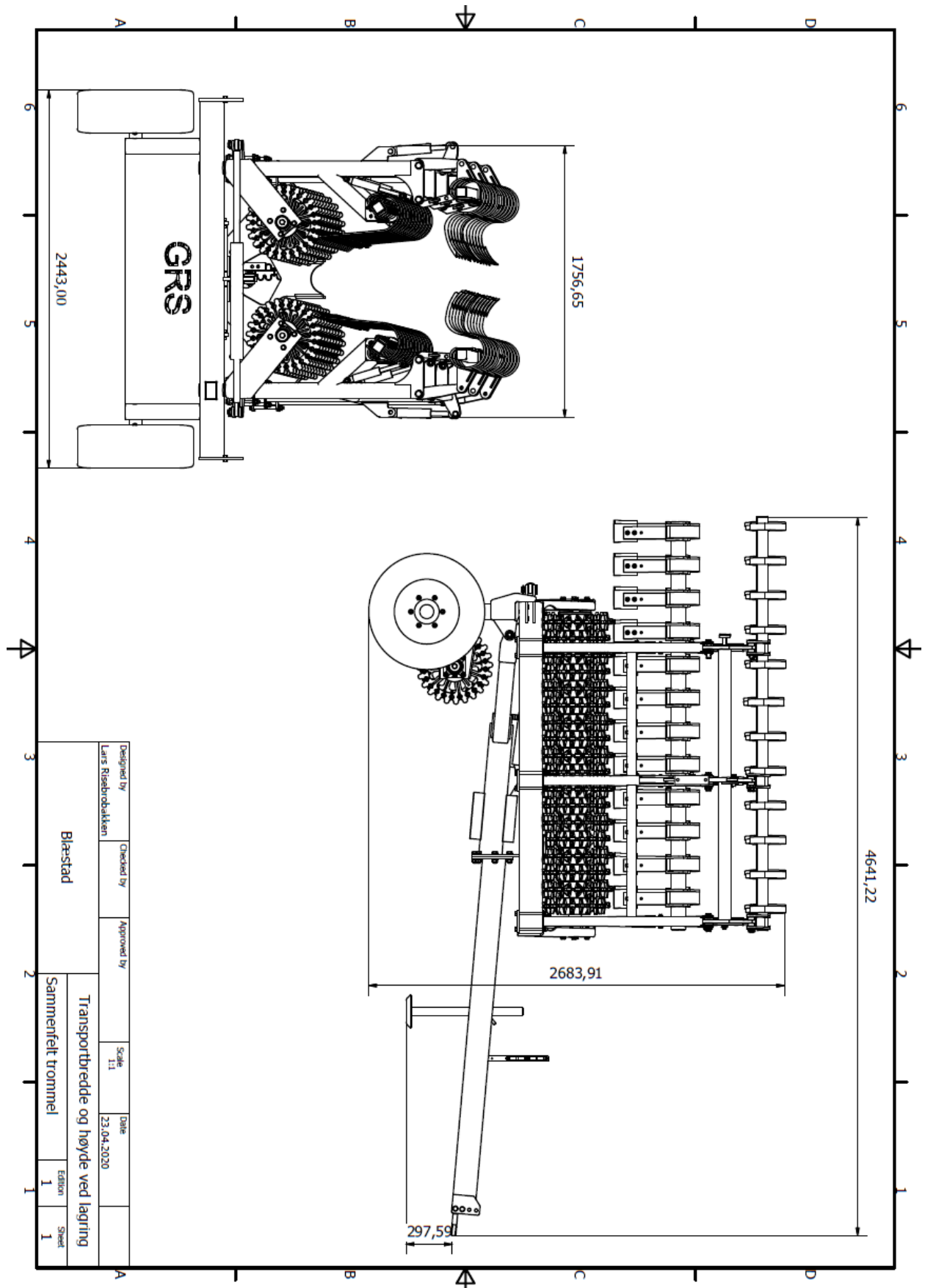
11.4 Vedlegg 4 – Topview



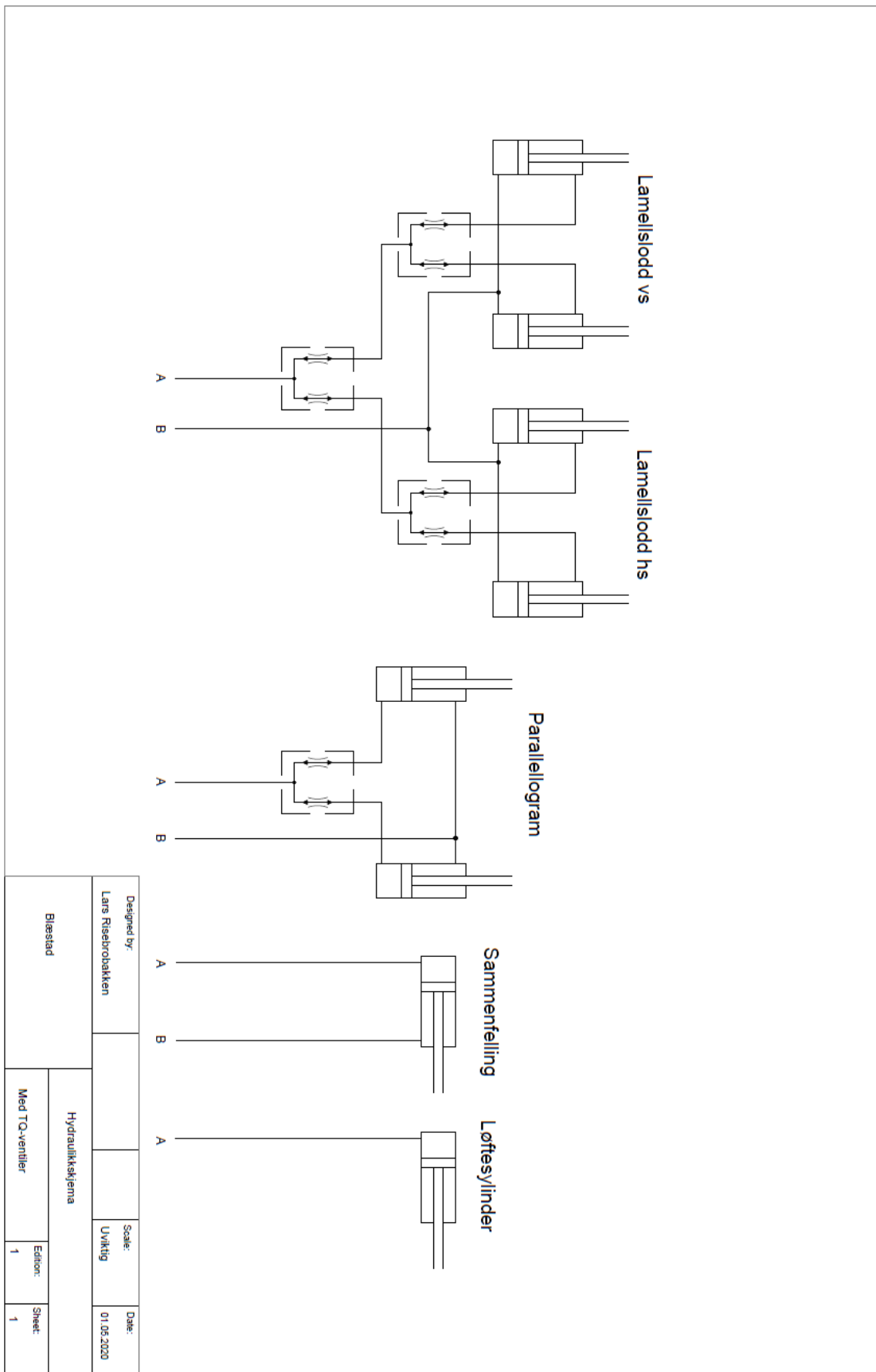
11.5 Vedlegg 5 – Left view



11.6 Vedlegg 6 – Sammenfelt



11.7 Vedlegg 7 – Hydraulikkskjema



11.8 Vedlegg 8 – Utregning skyvekraft 1/2

Løftesyliner: dimensjonen 100/40-420 Lmin 670mm

Stempelflate			Stempelstang			
Diameter	Radius	Areal	Diameter stemp	Radius2	Areal2	AR = AK - AS
100	0,05	0,0079	40,0000	0,0200	0,0013	0,007
Millimeter	Meter	Meter	Millimeter	Meter	Meter	Meter

Skyvekraft Plusslag

Størrelse	Symbol	Verdi	Enhet	SI - verdi	SI - enhet
trykk	p	200 Bar		20 000 000	Pa
areal	A	Tab. over	m ²	0,0079	m ²
kraft	F	Beregnes		<u>157 080</u>	<u>N</u>

Lamellslodd 40/25-100 Lmin 270

Stempelflate			Stempelstang			
Diameter	Radius	Areal	Diameter stemp	Radius2	Areal2	AR = AK - AS
40	0,02	0,0013	25,0000	0,0125	0,0005	0,001
Millimeter	Meter	Meter	Millimeter	Meter	Meter	Meter

Skyvekraft Plusslag

Størrelse	Symbol	Verdi	Enhet	SI - verdi	SI - enhet
trykk	p	200 Bar		20 000 000	Pa
areal	A	Tab. over	m ²	0,0013	m ²
kraft	F	Beregnes		<u>25 133</u>	<u>N</u>

Skyvekraft Minusslag

Størrelse	Symbol	Verdi	Enhet	SI - verdi	SI - enhet
trykk	p	200 Bar		20 000 000	Pa
areal	A	Tab. over	m ²	0,0008	m ²
kraft	F	Beregnes		<u>15 315</u>	<u>N</u>

11.9 Vedlegg 8 – Utregning skyvekraft 2/2

Parallelogram 50/30-150 Lmin 350

Stempelflate			Stempelstang			
Diameter	Radius	Areal	Diameter stempe	Radius2	Areal2	AR = AK - AS
50	0,03	0,0020	30,0000	0,0150	0,0007	0,001
Millimeter	Meter	Meter	Millimeter	Meter	Meter	Meter

Skyvekraft Plusslag

Størrelse	Symbol	Verdi	Enhet	SI - verdi	SI - enhet
trykk	p	200	Bar	20 000 000	Pa
areal	A	Tab. over	m ²	0,0020	m ²
kraft	F	Beregnes		<u>39 270</u>	<u>N</u>

Skyvekraft Minusslag

Størrelse	Symbol	Verdi	Enhet	SI - verdi	SI - enhet
trykk	p	200	Bar	20 000 000	Pa
areal	A	Tab. over	m ²	0,0013	m ²
kraft	F	Beregnes		<u>25 133</u>	<u>N</u>

Sammenfelling 80/40-1154

Stempelflate			Stempelstang			
Diameter	Radius	Areal	Diameter stempe	Radius2	Areal2	AR = AK - AS
80	0,04	0,0050	40,0000	0,0200	0,0013	0,004
Millimeter	Meter	Meter	Millimeter	Meter	Meter	Meter

Skyvekraft Plusslag

Størrelse	Symbol	Verdi	Enhet	SI - verdi	SI - enhet
trykk	p	200	Bar	20 000 000	Pa
areal	A	Tab. over	m ²	0,0050	m ²
kraft	F	Beregnes		<u>100 531</u>	<u>N</u>

Skyvekraft Minusslag

Størrelse	Symbol	Verdi	Enhet	SI - verdi	SI - enhet
trykk	p	200	Bar	20 000 000	Pa
areal	A	Tab. over	m ²	0,0038	m ²
kraft	F	Beregnes		<u>75 398</u>	<u>N</u>