

Verifiering av högeffektiv komprimator för framtidens fossilfria arbetsmaskiner 2022-02636 (fortsättningsprojekt på 2021-01801)

Publik rapport



Författare: Magnus Landberg
Datum: 2023-09-30
Projekt inom fossilfria arbetsmaskiner

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	4
4 Syfte, forskningsfrågor och metod.....	7
5 Mål	7
6 Resultat och måluppfyllelse	7
7 Spridning och publicering	9
7.1 Kunskaps- och resultatspridning.....	9
8 Slutsatser och fortsatt forskning	9
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	9

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Syftet med demonstratorprojektet har varit att utveckla, tillverka och prova en lång, högeffektiv komprimatorvagn för i första hand jordbruksändamål, baserat på en ny långslagig, kompakt och oljesnål ställdonsteknik (se www.flexrow.com).

Projektmålet har varit en komprimator som ger avsevärda systemeffektiviseringar i form av färre och säkrare körningar och lossningar (utan tipprörelse), en ökad klimatnytta och ett mer transporteffektivt jordbruk. Vidare att komma till serieproduktion inom ett par år.

Det initiala målet har nåtts att ta fram en lång komprimatorvagn (13,5 m) för i första hand ensilagetransport, som klarar en volym på ca 70 kbm den svenska marknaden. Avskjutning (ca 12 m) i komprimatorn i kombination med en rörlig matta i botten har demonstreras framgångsrikt med stora masslaster, i form av ensilage, i fältförsök under skördetid hos en lokal aktör. I jämförelse med en normalstor tippvagn kan antalet körningar halveras i kombination med viss komprimering. Kommersialisering och serieproduktion förväntas ske inom något år. De mål som sattes upp för projektet har till stor del uppnåtts.

Med den innovativa och långslagiga Flexrow-tekniken implementerad i komprimatorn kan större volymer och massor lastas, komprimeras och skjutas av i lastutrymmen än med dagens teknik. Detta i en rad tillämpningar i flera transportsegment, från ensilage inom jordbruket till mer abrasiva och nötande material, t ex rivningsmassor för lastbilstransport. Komprimatortekniken är även intressant för breda tillämpningar för lastbilslogistik som använder Walking Floor-lösningar idag, där stora problem finns idag med abrasiva material.

Tekniken möjliggör upp till 50% mer nyttolast per körning i jämförelse med en komprimatorvagn som har konventionell hydraulcylinderteknik i jordbruket. Detta innebär lägre bränsleförbrukning, ökad klimatnytta, produktivitet och lönsamhet för jordbruksnäringen. Flexrow-tekniken möjliggör en låg vikt och ett lågt materialutnyttjande i jämförelse med en konventionell långslagig hydraulcylinder. Grundtekniken i Flexrow-ställdonet är skyddad med flera patent och patentansökningar.

Ett team med bred kompetens, rutin och stort engagemang har genomfört projektet. Ivarssons i Metsjö tillverkar komprimatorer för jordbruket idag (www.metsjo.se) och har stor förståelse för marknadens behov, efter mer än 60 år i branschen.

I det ursprungliga projektet 2021-01801 med mycket begränsad budget ingick att prova bara en del av komprimatorn i rigg. I detta fortsättningsprojekt har en hel komprimatorvagn byggts.

Huvudsökande för projektet har varit Ivarssons i Metsjö AB. Övriga parter har varit Landberg Solutions, Teknik bruket och GN Tech. Projektet har pågått under perioden 22-11-01 – 23-09-29. Projektbudgeten på cirka 2 MSEK har nästan hållits.

2 Executive summary in English

The aim of the demonstrator project has been to develop, manufacture and test a long, highly efficient compactor trailer for primarily agricultural purposes, based on a new long-stroke, compact and oil-efficient actuator technology (see www.flexrow.com).

The project goal has been a compactor that provides considerable system efficiencies in the form of fewer and safer runs and unloading (without tipping movement), an increased climate benefit and a more transport-efficient agriculture. Further to come to series production within a couple of years.

The initial goal has been reached to produce a long compactor wagon (13.5 m) primarily for silage transport, which can handle a volume of approx. 70 kbm for the Swedish market. Shooting (approx. 12 m) in the compactor in combination with a moving mat at the bottom has been successfully demonstrated with large mass loads, in the form of silage, in field trials during harvest time at a local operator. In comparison with a normal-sized tipper, the number of runs can be halved in combination with some compression. Commercialization and serial production are expected to take place within a year or so. The goals set for the project have largely been achieved.

With the innovative and long-stroke Flexrow technology implemented in the compactor, larger volumes and masses can be loaded, compacted and pushed off in cargo spaces than with today's technology. This in a range of applications in several transport segments, from silage in agriculture to more abrasive and abrasive materials, e.g. demolition materials for truck transport. The compactor technology is also interesting for broad applications for truck logistics that use Walking Floor solutions today, where big problems exist today with abrasive materials.

The technology enables up to 50% more payload per run compared to a compactor trailer that has conventional hydraulic cylinder technology in agriculture. This means lower fuel consumption, increased climate benefits, productivity and profitability for the agricultural industry. The Flexrow technology enables a low weight and a low material utilization in comparison with a conventional long-stroke hydraulic cylinder. The basic technology of the Flexrow actuator is protected by several patents and patent applications.

A team with broad competence, routine and great commitment has carried out the project. Ivarssons in Metsjö manufactures compactors for agriculture today (www.metsjo.se) and has a great understanding of the market's needs, after more than 60 years in the industry.

The original project 2021-01801 with a very limited budget included testing only part of the compactor in rig. In this continuation project, an entire compactor trailer has been built. The main applicant for the project has been Ivarssons i Metsjö AB. Other parties have been Landberg Solutions, Teknikbruket and GN Tech. The project has been ongoing during the period 22-11-01 – 23-09-29. The project budget of approximately SEK 2 million has almost been kept.

3 Bakgrund

Här beskrivs innovationsidén med den högeffektiva komprimatorn utifrån den vedertagna NABC-modellen:

Need: En stor andel av lantbrukets kostnader utgörs av drivmedel till de många och ofta långa transporter av förnödenheter och färdiga produkter. Transporterna blir längre och längre pga. att allt fler gårdar slås ihop till en produktionsenhet. Drivmedlet som används idag inom jordbruksnäringen, utgörs nästan uteslutande av fossil diesel. Den är mycket dyr och klimatpåverkande. Huvuddelen av

jordbrukets transporter utförs med traktor och vagn. Jordbruket efterfrågar längre fordon för att effektivisera transporter och möjliggöra större volymer och vikter i varje transport. Detta på samma sätt som lastbilsbranschen arbetar med High Capacity Transport-teknik. Längre vagnar med krav på större volym och vikt innebär att konventionella tippvagnar inte går att använda pga stor vältrisk. Långa komprimatorvagnar med avskjut är därmed en logisk väg framåt för ökad transporteffektivitet.

Det finns även behov av att uppnå en effektiv lossning. I vissa fall är det svårt då materialet tenderar att klumpa ihop sig eller när porösa material, t ex ensilage har lastats på ena sidan av vagnen och därmed packats hårdare på ena sidan. I trånga utrymmen, såsom gårdar eller trånga infarter på fälten kan det vara svårt att manövrera långa komprimatorvagnar. Här krävs ny teknik för att göra dem lättare att navigera. Detta kan innebära implementering av avancerade styrmekanismer, såsom fyrhjulsstyrning eller ledade chassi, för att förbättra svängraden och den övergripande manövrerbarheten.

Approach: I detta projekt har Flexrow-ställdonet i en komprimatorvagn använts för att dra nytta av ställdonets alla fördelar. Med Flexrow-tekniken har längre komprimatorer kunnat byggas.

Komprimering med ny ställdonsteknik

Något förenklat bygger Flexrow-ställdonet på att två kopplade hydrauliska cylindrar, som är öppna i bägge ändar, som om vartannat "klättrar" på en fast inspänd kolvstång med hjälp av hydrauliska klämförband. På så sätt kan cylindern fås att vandra längs stången på ett sätt som närmast kan liknas vid när två händer drar med sig en last. Kännetecknande för Flexrow-ställdonet är att unikt långa slaglängder, höga systemtryck och kompakta och lätta ställdonslösningar kan implementeras i krävande miljöer, speciellt i mobila tillämpningar, där det inte finns alternativa lösningar idag. För att öka dragkraften i Flexrow-ställdonet kan båda cylindrarna kopplas in och dubbla dragkraften.

De tuffa miljökraven inom jordbrukslogistik innebär att det inte passar med eldrivna kulsruvar eller kuggstänger som ställdon. I jämförelse med konventionella långslagiga hydrauliska cylindrar kan Flexrow-ställdonet erbjuda kortare, kompaktare och mer lättplacerade ställdonslösningar med långa slag och stora krafter. Tekniken baseras på robusta och kostnadseffektiva standardkomponenter. Den lämpar sig bäst för relativt långsamma rörelser och där rörelsemönstret i hög grad är välkänt. Ytterligare en fördel är att systemets behov av hydraulolja bara är en bråkdel av vad en vanlig hydraulcylinder skulle kräva vid samma slaglängd. Eftersom kolvareorna i cylindrarna är symmetriska erhålles marginell variation av volymen oljan i systemet vid matning vilket leder till mindre mängd potentiellt miljöfarlig hydraulolja i fordonet. Flexrow-tekniken är väldokumenterad, se ref 1-4.

Benefit: Tekniken skapar förutsättning för ett transporteffektivt jordbruk. En lång komprimator med hög lastkapacitet bidrar till mindre utsläpp; minskade emissioner av växthusgaser samtidigt som övriga emissioner som partiklar och kväveoxider också kan minskas. Vidare högre transportkapacitet; minskat antal fordon i jordbruket, lägre bränsle- förbrukning, minskade vägtrafikvolym, förbättrade transportflöden och att trängsel och väntetider minskas. Transportkostnaderna kan också minskas genom att man får behov av färre antal fordon och minskat vägsitage räknat per tonkm. Detta leder till högre produktivitet och lönsamhet. Vidare kännetecknas tekniken av resurseffektivitet och högkvalitativa LCA-värden, som leder till en hållbar produkt. Genom att kunna öka volym och vikt i varje körning går det att radikalt sänka bränsleåtgången per tonkm.

Fördelar med Flexrow-tekniken på en komprimator

Det nya generella, kompakta och kostnadseffektiva hydrauliskt ställdonet Flexrow, för långslagiga rörelser för stora laster har utvecklats i flera tidigare projekt. Med Flexrow-tekniken krävs avsevärt mindre oljevolym och därmed mindre hydraultankar.

Den optimerade designen av komprimatorn erbjuder låg vikt och hög ställdonskraft. Idag används normalt flera långslagiga hydraulcylindrar i ett s k klockspel, som är tunga och skrymmande och tar stor plats ffa i komprimatorvagnens främre del. Med den kompakta Flexrow-tekniken kan

komprimatorn byggs kompaktare och lättare, i jämförelse med de nämnda traditionella cylindrar som finns i dagens dominanta design. Hela komprimatorn kan byggas med mindre materialåtgång. En lägre dödvikt innebär mer nyttolast kan tas för varje körning. På hemsidan www.flexrow.com finns ställdonstekniken beskriven jämte några applikationer.

Med Flexrow-tekniken kan avsevärt större volymer och massor lastas och komprimeras i lastutrymmen, upp till 12-14 m längd, i en rad tillämpningar från ensilage till mer abrasiva och nötande material. Mer nyttolast per körning innebär lägre bränsleförbrukning, ökad klimatnytta, produktivitet och lönsamhet för jordbruksnäringen. Flexrow-tekniken underlättar över gången till ett elektrifierat jordbruk tack vare mycket en mycket kompakt ställdonslösning som medger integrerade elpumpar med små hydraultankar (s k Powerpacks).

Minskade klimatutsläpp

Den nya komprimatorn skapar förutsättning för ett transporteffektivt jordbruk. Förbättringarna leder till minskad användning av fossila bränslen och bättre utnyttjande av materialåtgången för komponenter och högkvalitativa LCA-värden, som leder till en hållbar produkt. Flexrow-tekniken applicerad på komprimatorer bidrar till minskade klimatutsläpp och den stärker svensk konkurrenskraft inom området klimatvänlig jordbruksteknik. En komprimator som baseras på Flexrow-ställdonet bedöms ha en vikt som är lägre än dagens standardkomprimator. Vidare möjliggör Flexrow-tekniken en snabbare övergång och marknadsintroduktion av elektriskt drivna komprimatorer, eftersom ställdonet kan drivas med ett kompakt elektro-hydrauliskt försörjningssystem. Ställdonstekniken använder lite hydraulolja, vilket innebär att små oljemängder släpps ut vid ett externläckage.

Fler arbetstillfällen och samverkan mellan industri och universitet

Det genomförda projektet kan även anses bidra till uppfyllande av Agenda 2030 mål 9.2 Främja inkluderande och hållbar industrialisering och mål 9.5 Öka forskningsinsatser och teknisk kapacitet inom industrisektorn: Att främja medverkan av små och medelstora företag samt forskningsinstitutioner. Projektet inkluderar ett flertal mindre företag (Landberg Solutions, Teknikbruket, GN Tech, Ivarssons i Metsjö) där de senare är företag med inriktning mot tillverkning av jordbruksvagnar, komprimator, för olika ändamål. Detta möjliggör nyanställningar av personal. De flesta nya jobben i Sverige uppstår i mindre företag idag. Samarbete mellan nämnda företag och med avdelningen för Fluida och Mekatroniska System (Flumes) på Institutionen för Ekonomisk och Industriell (IEI) utveckling vid Linköpings universitet har skett. FLUMES är ledande inom forskning och utbildning för mobila hydraulsystem i Sverige.

Competition:

Ställdonstekniken erbjuder unikt långa slag men är samtidigt kompakt. Den föreslagna designen på komprimatorn passar olika längder av komprimatorn och därmed skalbar, vilket är en viktig fördel. Samma ställdon kan användas på både korta och långa komprimatorer.

Generella fördelar med komprimatorvagn i jämförelse med tippvagn:

- Bättre stabilitet på grund av den mycket låga tyngdpunkten vid transport, avskjutning och lossning.
- Hög personsäkerhet, liten vältrisk.
- Avsevärt högre lastkapacitet tack vare komprimering (beroende på materialtyp och fuktnivå)
- Problemfri avskjutning och lossning, även i låga byggnader (magasin, källare, etc.) och på sluttande mark
- Låg nettovikt med självbärande struktur

Fördelar med Flexrow komprimatorvagn i jämförelse med konkurrenters komprimator med konventionella s k "klockspel"- cylindrar:

- Dagens s k "klockspel", med 3-4 hydraulcylindrar i serie, har begränsad slaglängd i jämförelse med Flexrow. Den är material- och servicekrävande och relativt dyr.
- Flexrow utnyttjar en större del av släpet i jämförelse med traditionell hydraulisk avskjutare. Den kan nyttja utrymmet längst fram mot dragkroken bättre, vilket ger ca 1 m i ökat lastutrymme.
- Med Flexrow-tekniken kan längre vagnar användas, i jämförelse med "klockspel".
- Längre lastutrymme, upp till 12 m. Detta innebär att större volym kan komprimeras. Ett längre släp med större volym och högre komprimeringsgrad. Detta ger färre körningar, sparar bränsle och ger mindre koldioxidutsläpp per transporterad massenhet.
- Den kräver mindre mängd olja än "klockspel".
- Flexrow kan erbjuda maximal kraft längs hela slaget. Komprimering kan ske mer effektivt när full kraft erhålles längs hela slaget. Tunga material kan transporteras. "Klockspel" har klenare cylindrar längre bak på komprimatorn.
- Kan användas i push off-applikationer för lastbilar, som är en stor marknad. Här passar inte "klockspel" lika bra.
- Flexrow-tekniken är enklare att elektrifiera än s k "klockspel".

Fördelar med Flexrow komprimatorvagn i jämförelse med Walking floor-system i lastbilar och jordbruksvagnar:

- Robustare särskilt när det gäller tyngre, mer krävande abrasiva och nötande material
- En snabbare avskjutning och lossning
- Större lastvolym tack vare komprimering (beroende på material)

4 Syfte

Syftet med projektet har varit att tillverka och prova en demonstrator av en lång, högeffektiv komprimator för i första hand jordbruksändamål, baserat på en långslagig, kompakt och oljesnål ställdonsteknik (Flexrow).

5 Mål

Projektmålet har varit att komprimatorn ska ge systemeffektiviseringar i form av färre och säkrare körningar och lossningar, ökad klimatnytta och ett mer transporteffektivt samhälle. Vidare att snabbt komma till serieproduktion.

6 Resultat och måluppfyllelse

Avskjutning i komprimatorn har demonstrerats framgångsrikt med stora masslaster, i form av ensilage, i fältförsök under skördetid hos en lokal aktör, se bilder i bilaga. De mål som sattes upp för projektet har till stor del uppnåtts.

Komprimatorvagnen är 13,5 m lång och har ett lastutrymme på ca 72 kbm (L=12m, B=2,4 m, H=2,5m) och kan ta en nyttolast på ca 27 ton. Se bilder i bilagedelen. Den har fyra axlar, varav främre och bakre axel är manuellt styrbar, vilket underlättar manövrerbarheten. Högsta tillåtna transporthastighet är 60 km/h. Vagnen är främst designad för att hantera ensilage. Ställdonet arbetar på en tolv meter specialtillverkad kolvstång (diam. 40 mm) och det har en max.kraft om ca 120 kN, vid dubbelgrepp, dvs då båda ställdonets cylindrar är inkopplade mot kolvstången.

I projektets inledning konstaterades att en rörliga matta krävdes för att underlätta komprimering och avskjutning av last. Eftersom vagnen är lång kommer den rörliga framstammen annars att bygga upp ett "berg" av last närmast framstammen om inte golvet är rörligt. Mattan har drivning både fram och bak på vagnen. En ISOBUS-baserad teknik har implementerats för att effektivt och säkert kunna styra

de olika hydrauliska motorerna och cylindrarna i vagnen från en PLC (styrdator) och display i traktorn. Ingen FMEA-analys har genomförts som först var planerad pga tidsbrist.

De resultat som erhållits i provkörningar av komprimatorvagnen för ensilage indikerar att tekniken har potential att vara i serieproduktion inom något år och även kunna användas inom närliggande områden.

Den nya komprimatorn skapar förutsättning för ett transporteffektivt och säkrare jordbruk. Förbättringarna leder till minskad användning av fossila bränslen och bättre utnyttjande av materialåtgången för komponenter och högkvalitativa LCA-värden, som leder till en produkt, som bidrar till de globala hållbarhetsmålen.

Flexrow-tekniken applicerad på komprimatorer bidrar till minskade klimatutsläpp och den stärker svensk konkurrenskraft inom området klimatvänlig jordbruksteknik. En komprimator som baseras på Flexrow-ställdonet bedöms ha en vikt som är lägre än dagens standardkomprimator. Komprimator-tekniken har potential att förbättra Sveriges konkurrenskraft inom transportlogistik men även att skapa internationella samarbeten, exportmöjligheter och nya arbetstillfällen hos SME:er.

Vidare möjliggör Flexrow-tekniken en snabbare övergång och marknadsintroduktion av elektriskt drivna komprimatorer, eftersom ställdonet kan drivas med ett kompakt elektro-hydrauliskt försörjningssystem. Ställdonstekniken använder lite hydraulolja, vilket innebär att små oljemängder släpps ut vid ett externläckage.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området		
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt		
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden	X	Tekniken kommer att marknadsföras på ledande internationella jordbruksutställningar (Agritechnica).
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Tack vare de positiva erfarenheterna från projektet kommer fortsatt utveckling och kommersialisering ske av komprimatortekniken. Bl a har en ny ansökan inlämnats till Energimyndigheten.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Ett team av bred kompetens, rutin och stort engagemang har genomfört projektet. Övergripande ansvarig för projektets genomförande och kontaktperson har varit Magnus Landberg, Landberg Solutions AB. Loa Ivarsson från Ivarssons i Metsjö har ansvarat för administrativa funktioner i projektet. Marcus Ingemarsson från Teknikbruket har tagit fram konceptunderlag (CAD). Gustav Näslund från GN Tech AB) har varit ansvarig för hydraulsystem samt programmering av styrsystem och ISOBUS.



Landberg Solutions



TeknikBruket

Referenser

1 The Hydraulic Infinite Linear Actuator for Efficient and Flexible Timber and Agricultural Logistics. Magnus Landberg, Landberg Solutions AB, Magnus Sethson, Petter Krus, FLUMES, Linköping University, SICFP'21, 2021, Linköping, Sweden

2 Novel Linear Hydraulic Actuator, Magnus Landberg, Martin Hochwallner, and Petter Krus. ASME/BATH 2015 Symposium on Fluid Power and Motion Control (FPMC2015).

3 The Hydraulic Infinite Linear Actuator – properties relevant for control. Martin Hochwallner, Magnus Landberg, and Petter Krus. "The Hydraulic Infinite Linear Actuator – properties relevant for control." The 10th International Fluid Power Conference (10. IFK), 2016.

4 "Infinite" cylinder upgraded timber logistics, Magnus Landberg, Landberg Solutions AB, Magnus Sethson, Linköping University, Fluid Power World, iss 8, 2021

10 Bilagor

Bilder 1-9 från provkörning.





