

# 3D-kamera för bestämning av markens ytstruktur, främst såbäddsegenskaper

---

## Bakgrund

Markens ytstruktur är starkt kopplad till dess funktion som växtplats, framförallt vad gäller förhållandena vid groning. En grov struktur med stora aggregat gör det svårt att placera utsädet på ett jämt djup i tillräckligt fuktig jord. En grov struktur innebär också ett dåligt avdunstningsskydd vilket ökar risken för dålig uppkomst. Aggregatstorleksfördelningen utgör det viktigaste måttet på bearbetningsresultatet, både vid såbäddsberedning och efter primärbearbetning, t.ex. plöjning eller kultivering.

När det gäller såbädden har resultat från en mängd modellstudier under svenska förhållanden visat att groning och uppkomst är tydligt korrelerat till aggregatstorleksfördelningen i såbädden. Ju grövre struktur desto sämre vattentillgång och uppkomst. Kort sammanfattat bör såbädden ha minst 50 % aggregat <5 mm för att man ska få en tillräckligt säker groning och uppkomst (Håkansson m.fl. 2002). Vilken bearbetningsinsats som krävs för att detta ska uppnås varierar främst med jordart, mullhalt och vattenhalten i marken och kan därför vid bearbetningstillfället skilja också inom ett och samma fält. Detsamma gäller för bearbetningsresultatet efter primärbearbetning. Det vore önskvärt att kunna optimera bearbetningen, vad gäller t ex djup och intensitet, efter variationer i fält för att på så vis uppnå ett jämt bearbetningsresultat. Att i samband med bearbetningsåtgärder kunna analysera resultatet, det vill säga aggregatstorleksfördelningen, med en sensor monterad på redskapet skall öppna för möjligheter att, beroende på bearbetningsteknik och med utgångspunkt i variationer i jordart och andra lokala förutsättningar kunna anpassa intensiteten i pågående bearbetning, alternativt kartlägga var ytterligare körningar är motiverade.

Under 2012 och 2013 utvecklade SLU, i samarbete med JTI (RISE), en mätplattform för att bestämma såbäddsegenskaper on-line (SLF projektnr. H1160236; Arvidsson m.fl. 2014). Såbäddens djup, vattenhalt och lerhalt samt markytans ojämnheter mättes med NIR, laser och en bill kopplad till en vinkelgivare. Markytans relief mättes med en laser trianguleringssensor som angav avstånd mycket noggrant i en punkt och som, eftersom mätplattformen rörde sig framåt, gav en tvådimensionell höjdprofil. För att få mer utbredd höjdinformation om en yta kan tredimensionella metoder användas. Det finns flera olika metoder att tillgå. En intressant teknik är den sensor (Kinect) som Microsoft tog fram ihop med ett israeliskt företag som hette Primesense. Sensorn utvecklades för spelindustrin och kom ut på marknaden 2010. 2012 släpptes en version för Windows som tillät användare att själva programmera och bygga egna applikationer. 2013 såldes Primesense till Apple och en vidareutveckling av tekniken återfinns idag i Iphone X där den används för ansiktigenkänning.

Under 2013 utfördes ett pilotprojekt inom nätverket Precisionsodling Sverige (POS). Sensorn som användes var Fotonic P70C som är en industrikaplad variant av Kinectsensorn. Inledande studier utfördes med sensorn som ger en tredimensionell bild av markytan, med koordinater uppmätta med millimeternoggrannhet. Resultaten visade att det fanns ett samband mellan aggregatstorlek och ytojämnhet. Resultaten var lovande och denna rapport avhandlar fortsatt utveckling av denna teknik. Framförallt var avsikten att undersöka potentialen att

1) SLU, Institutionen för mark och miljö 2) SLU, Institutionen för energi och teknik 3) RISE, Jordbruk och trädgård 4) Universitetet i Padua, TESAF, Italien

utföra en mer detaljerad aggregatstorleksfördelning utifrån mätdata. Avsikten var också att undersöka hur bildkvaliteten och beräknade ojämnhetsindex påverkas av att transporteras med olika hastigheter över mätytan med målsättningen att i realtid kunna mäta resultatet av såbäddsberedning.

## Material och metoder

I projektet ingick mätningar på fyra olika fält under åren 2014 och 2016 (tabell 1). Mätningar på sallade ren- och blandfraktioner liksom kinematisk mätning på renfraktioner utfördes på en styv lerjord (glaciallera) på Ultuna. Mätningar efter primärbearbetning på våren (stubbearbetning) gjordes i 18 punkter på ett fält med lerjord på Sättra gård utanför UpplandsVäsby 2014. Mätningar i såbäddar efter sådd utfördes på en styv gyttjelera (Säby1) och en mellanstyv gyttjelera (Säby2) utanför Uppsala.

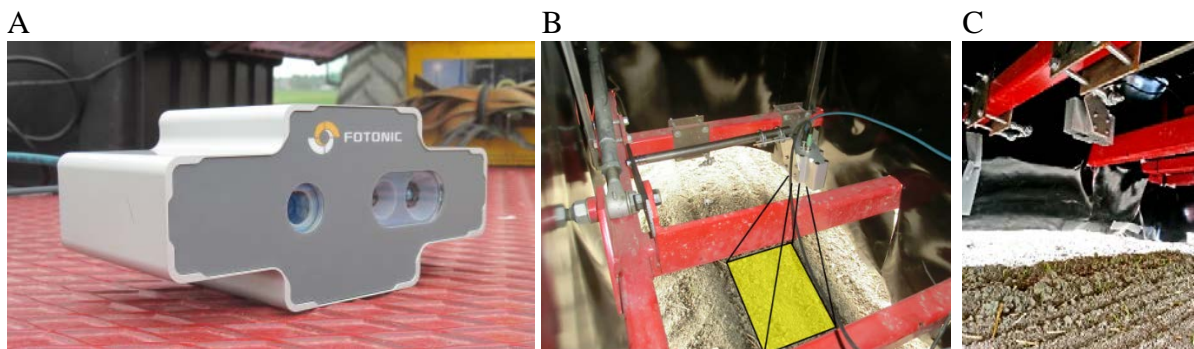
Tabell 1. Kornstorleksfördelning (vikts-%) och mullhalt (organiskt material) angivet för de använda fältförsöken

År	Plats (försöksserie)	Ler	Mjåla	Mo	Sand	Mullhalt
2014	Ultuna (R2-4111)	58.2	25.1	13.7	3.0	3.4
2014	UpplandsVäsby, Sättra gård	Lerjord, 35-45% ler				
2016	Säby1 (R2-5090)	52.2	31.8	15.4	0.6	4.2
2016	Säby2 (R2-5090)	36.4	27.4	35.6	0.6	4.7

### 3-D kamera och mätteknik

Sensorn som användes, Fotonic P70C, visas i figur 1. Djupbestämningen i sensorn bygger på strukturerat ljus. En infraröd (IR) laserprojektor projicerar ett punktmönster på objektet som man vill bestämma. Det reflekterade ljuset detekteras sedan av en IR-djupsensor tillsammans med en RGB-bild av objektet. Baserat på det emitterade och reflekterade ljusets mönster så kan varje punkts position bestämmas med hjälp av triangulering. Sensorn har en upplösning på 640x480 pixlar och i varje pixel erhålls höjdinformation. På 0,5 meters avstånd ger detta en djupupplösning på ca 8 mm. Vidare har sensorn en hastighet på 30 bilder per sekund (fps). Sensorns möjliga mätområde är ungefär 0,5-3 meter och beror dels på objektets förmåga att reflektera ljus men även på störningar som t.ex. damm..

Data sparas i filer med djupavstånd och koordinater i kartesiskt format (mm). För varje pixel erhålls därmed en koordinat och höjdinformation. Data sparas i filer som kan konverteras och bearbetas antingen matematiskt eller plottas som punktmoln i program som t.ex. Matlab.



Figur 1. A) Närbild på sensorn som använts och B) respektive C) visar sensorns vy och placering på mätplattformen.

Tekniken med strukturerat ljus är känsligt för solljus varför ett avskärmande tält byggdes till mätplattformen (figur 1).

### **Mätningar i såbädd efter sådd**

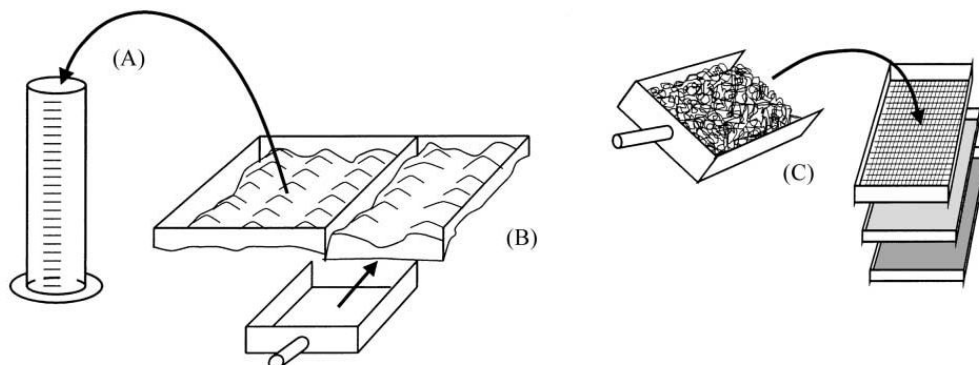
För att testa sensortekniken på såbäddar användes den redan befintlig försöksserien R2-5090 med olika etableringstekniker för våroljeväxter finansierat av SLF (Proj Nr H1333180; Myrbeck, 2017) och SSO. I försöksserien studerades möjligheten att ersätta konventionell höstplöjning och såbäddsberedning på våren med endast en grund bearbetning på våren. En central fråga var om strukturen i såbädden skulle bli tillräckligt fin. Försöken hade följande tvåfaktoriella försöksplan:

1. Tidig sådd
2. Sen sådd
  - a) Höstplöjning, konventionell såbäddsberedning och sådd
  - b) Grund bearbetning två gånger på hösten
  - c) Grund bearbetning 1 gång på hösten, 1 gång på våren
  - d) Grund bearbetning två gånger på våren

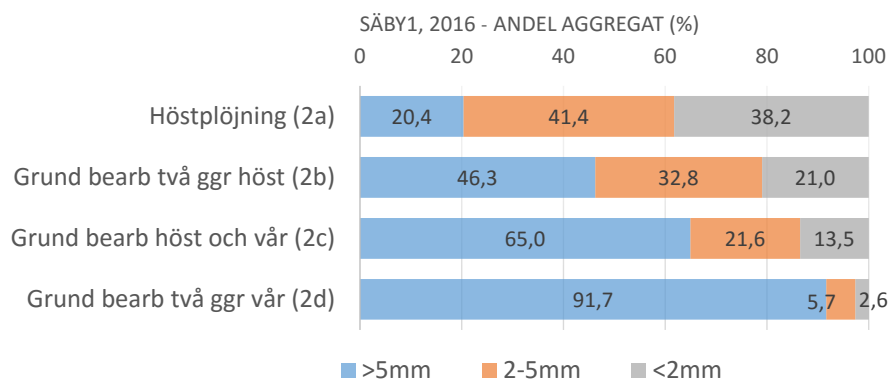
3D-mätningarna gjordes i sent sådda led (a2, b2, c2 och d2) på två platser (Säby1 och Säby2) direkt efter sådd 2016. Jordartsdata för platserna presenteras i tabell 2.

Direkt efter sådd gjordes även en karaktärisering av såbädden med hjälp av en klassisk såbäddsundersökning enligt Kritz (1983). I den aktuella studien var det främst bestämningen av aggregatstorleksfördelningen i såbädden som var intressant (figur 2, moment B och C). För detta placerades en 20\*40 cm ram slumpvis i vardera försöksrutin. Den bearbetade jordvolymen delades upp i två lika tjocka skikt (övre och undre). Vardera skikt sållades sedan till de tre fraktionerna <2 mm, 2-5 mm och >5 mm. Volymen av respektive fraktion mättes och genom antagandet att skrymdensiteten var 1 gram/cm<sup>3</sup> kunde viktfordelningen bestämmas. Utöver detta bestämdes även markytans högsta och lägsta punkt samt sådjupet i en 40\*40 cm ram (figur 2, moment A).

Grovleken i såbädden skilde sig markant åt mellan de olika bearbetningarna med flest grova aggregat och minst fina aggregat i de vårbearbetade leden. Aggregatstorleksfördelningen för Säby1 visas i figur 3. Fördelningen för Säby2 var snarlik den för Säby1. På samma sätt gjordes såbäddsundersökningar i de 18 punkter som mättes med 3D-kamera på fältet i Upplands Väsby.



Figur 2. (A) Sådjupet bestämdes med en 40x40 cm ram där all lösjord placerades i en anpassad cylinder. (B) lager av såbädden togs ut och (C) silades till olika fraktioner (Håkansson m.fl., 2002).



Figur 3. Sållad aggregatstorleksfördelning (% g/g) i den översta delen av såbädden (1,5-2 cm tjockt skikt) på Säby1 och Säby2 (R2-5090) den 24e maj 2016.

### Effekt av hastighet vid mätning under körning

För detta experiment monterades kameran på en mätvagn 50 cm över markytan riktad rakt nedåt mot markytan enligt figur 1. Detta resulterade i en mätyta på 445 x 336 mm. Vagnen var konstruerad för mycket jämn gång. Hastighetstestet utfördes i försök R2-4111 vid 1-15 km/h i 12 steg med intervaller på 1-3 km/h. Fem 3D-bilder per sekund skannades vilket medförde att i 1-7 km/h skannades 240 bilder per sträcka, i 8-9 km/h 60 bilder och i 10-15 km/h 30 bilder. Samma sträcka i sårriktningen upprepades för varje hastighet. Såbäddens struktur var uppbyggd dels av mindre aggregat, dels av grunda fåror efter såmaskinens efterharv (Figur 1). För att utvärdera inverkan av hastigheten studerades förändringar i olika s.k. ojämnhetsindex som beskrivs nedan.

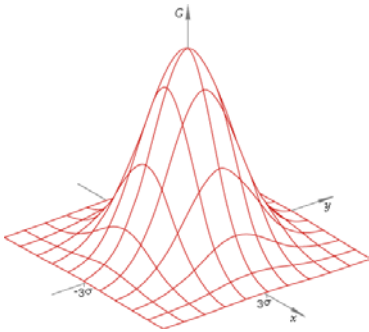
### Databearbetning och beräkningar

Mätdata från Kinect-sensorn processades till 3-dimensionella bilder där en 2-dimensionell bild fås av markplanet (x/y-led) med z-värden med höjdinformationen vinkelrätt mot markplanet. Inte helt olikt en konventionell digital grävärdesbild med skillnaden att bilden visar variationer i höjd över en baslinje i markplanet snarare än variationer i färg/grävärde. Genom att man känner skalan i bilden, dvs. mm/pixel, kan man analysera markens struktur och morfologi.

Metoden som utvecklats här innefattar:

- Beräkning av ojämnhetsindex
- Kalibrering av modell för aggregatstorleksfördelning baserat på ojämnhetsindex och filter
- Matematisk filtrering av 3D-bilderna mot storleksklasser

Filtrering av bilderna med 3D-information gjordes med ett konvolutions-filter (Gauss) som förstärker en viss aggregatstorlek. Hypotesen var att filtrets cut-off, dvs. bredden på Gaussfunktionen (se figur 4) skulle förstärka förekommande aggregat av olika storlekar och aggregatstorleksfördelningen kunna analyseras.



Figur 4. Filtrets Gauss-funktion.

Markens basplan togs sedan fram för bilden. Basplanet är i princip medelvärdet för alla bildpunkter i form av ett plan. Alla  $z$ -värden transformerades så att värdet i basplanet var 0. Ur den filtrerade bilden beräknades sedan ett ojämnhetsindex. De ojämnhetsindex som användes var "Roughness Average"  $S_a$  och "Root Mean Square (RMS) parameter"  $S_q$  (Marinello et al. 2015):

$$S_a = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |z(x_k, y_l)|$$

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [z(x_k, y_l)]^2}$$

$M$  och  $N$  är bildens storlek i  $x/y$ -led,  $z$  är höjdvärdet i punkten  $\{x,y\}$ . Både  $S_a$  och  $S_q$  skattar medelavvikelsen (eller medelamplituden) från basplanet för  $z$ , där  $S_q$  ger högre värden där avvikelserna från basplanet är stora. Ojämnhetsindexen  $S_a$  respektive  $S_q$  beräknades för filter-cut-off 1, 2, 2.5, 5, 8, 10, 20, 25, 50, 80, 100, 200 och 250 mm.

## Resultat

### Ojämnhetsindex och filtrering

Beräkningar av  $S_a$  respektive  $S_q$  visade sig vara nära nog identiska. Därför presenteras här bara beräkningar av  $S_a$ . Resultatet av analys av  $S_a$  på en serie med 3D-bilder av sållade renfraktioner från R2-4111 (med såll: 0, 2, 4, 8, 16, 32 och 64 mm) kan ses i figur 5. I figuren ses även maxvärdet för  $S_a$  (maxpunkten viktas över 3 punkter). I figur 6A kan man se ett tydligt samband mellan max cut-off och aggregatstorlek för aggregat från 12 mm och uppåt. För mindre aggregat finns inget tydligt samband. Begränsningen är i detta fall upplösningen i 3D-bilderna. Ett alternativ är att beräkna summan av  $S_a$  över alla filter-cut-off (figur 6B). Här kan man se ett linjärt förhållande mellan filtersumma av  $S_a$  och aggregatstorlek upp till och med 24 mm.

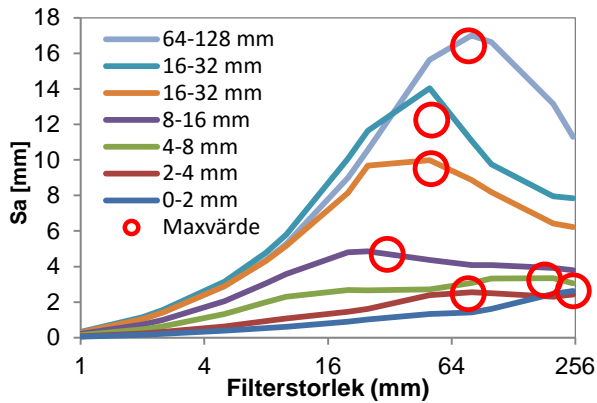
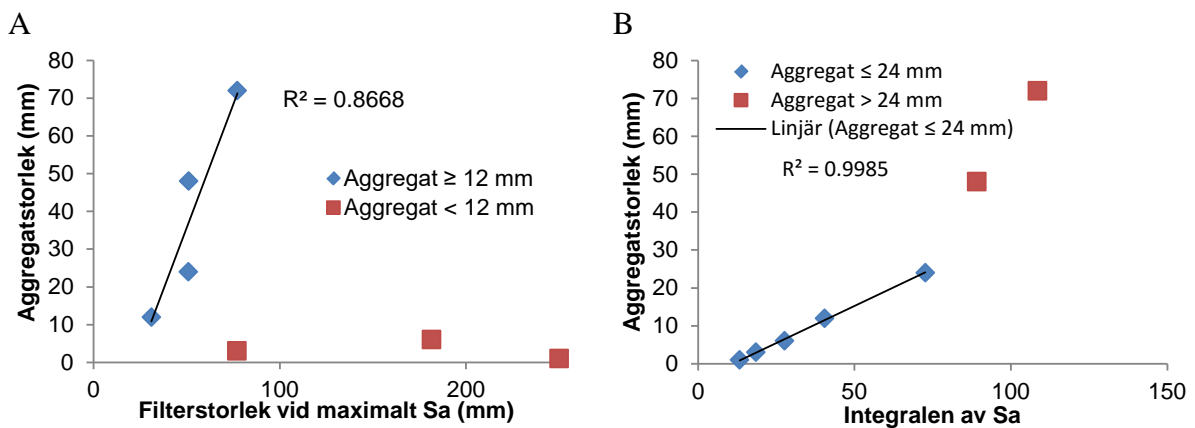


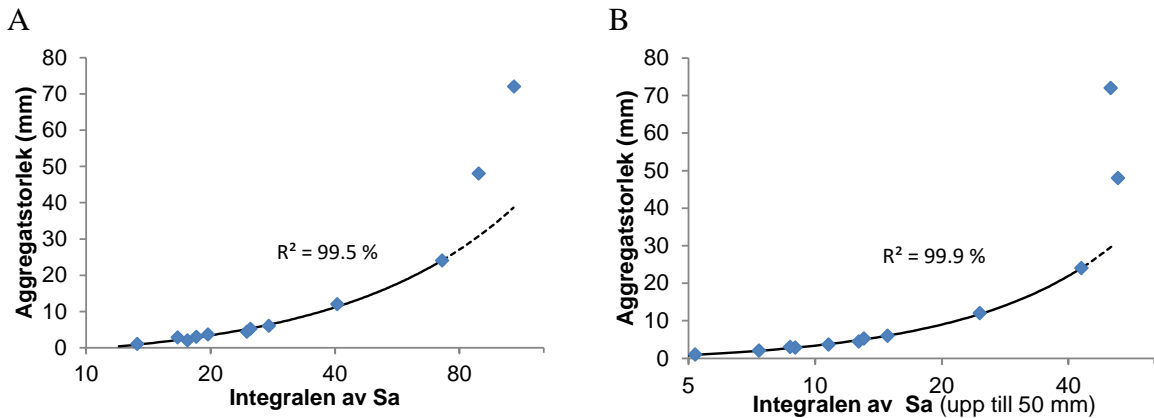
Figure 5. Filteranalys av bilder med sållade aggregat. Roughness average ( $S_a$ ) med avseende på filterstorlek. Röd cirkel anger maxvärdet (medelvärde över 3 punkter) för varje filterstorlek.



Figur 6. Samband mellan Roughness Index ( $S_a$ ) och sållad aggregatstorlek. A) Cut-off vid maximalt  $S_a$ ; B). filtersumman av  $S_a$

### Bestämning av aggregatstorlekar

Förutom referensserien med renfraktioner av aggregat, togs även en serie bilder med blandningar av sållade aggregat (0 till 4 mm och 4 till 8 mm). Blandningarna av fraktionerna som användes var 0-100%, 20-80%, 40-60%, 60-40%, 80-20% och 100-0%. Analys av 3D-bilder med renfraktioner av aggregat tillsammans med bildserien med blandfraktionerna visar ett samband med summan av  $S_a$  för alla filter-cut-off, enligt figur 7. En linjär funktion av andra graden kan anpassas till aggregatstorlekar upp till 24 mm. Figur 7A visar filtersumma av  $S_a$  över alla cut-off upp till 250 mm, medan figur 7B visar filtersumma av  $S_a$  upp till cut-off 50 mm. För större aggregatstorlekar är sambandet mer osäkert. Att begränsa filtersumman av  $S_a$  upp till cut-off 50 mm verkar vara bättre om man vill skatta aggregat i det lägre området under 24 mm ( $R^2=0.999$ ).

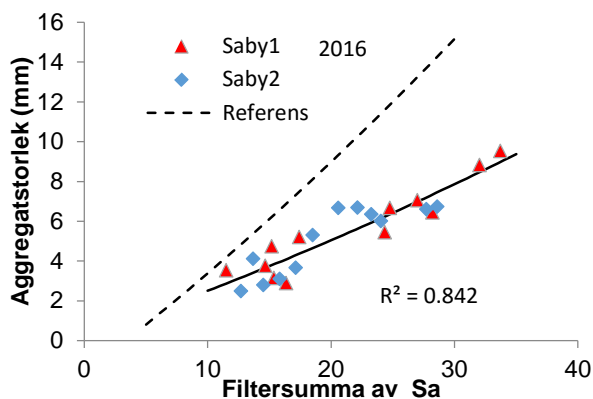


Figur 7. Samband mellan filtersumma av  $S_a$  och medelaggregatstorlek. A) filtersumma för alla cut-off och B) filtersumma för cut-off upp till 50 mm.

Funktionen av filtersumman av  $S_a$  (i figur 7B) som användes för att skatta medelaggregatstorleken ( $d$ ) i 3D-bilder i fält var:

$$d = 2.949 \cdot 10^{-3} + 0.4712 \cdot \sum_{<50mm} S_a - 1.623 \cdot 10^{-4} \cdot (\sum_{<50mm} S_a)^2 \quad [\text{mm}]$$

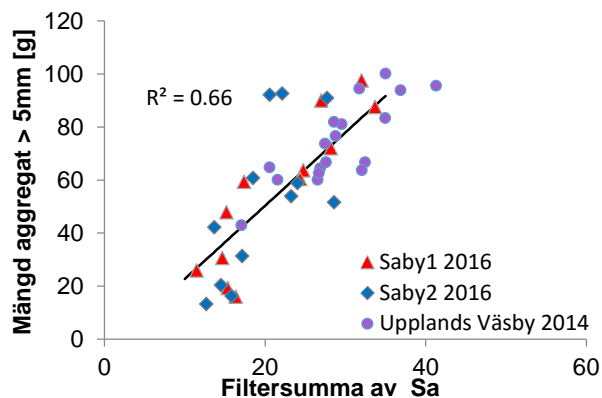
Den sållade medelaggregatstorleken i fältförsöken Säby 1 och 2 beräknades från åsasåbäddsanalysen. För att kunna väga in andel aggregat över 5 mm användes bildanalys av bilderna med z-komponenten. Stora aggregat var relativt enkla att analysera i dessa försök med en standardprocedur baserad på kantdetektion och segmentering. I Upplands Väsbyfältet fungerade emellertid inte denna metod. Totalt 24 st observationer med 3D-bilder och medelaggregatstorlekar för Säby 1 och 2 kan ses i figur 8. Referensfunktionen enligt mätserie med sållade aggregat (se ovan) visas i samma figur. Jämfört med referensfunktionen underskattas medelaggregatstorleken i dessa försök med drygt 40 %. Sambandet mellan filtersumman av  $S_a$  var dock relativt bra med  $R^2=0.842$ . Att det här skiljer sig i absoluta tal kan bero på att detta är blandade fraktioner av aggregat medan referensfunktionen är framtagen med hjälp av sållade aggregat. Felets mycket systematiska karaktär och det faktum att det inte skiljer mellan Säby 1 och 2 tyder på en robusthet som innebär att det enkelt går att korrigera för.



Figur 8. Skattad medelaggregatstorlek i två fältförsök, Säby 1 och 2, tillsammans med referensfunktionen enligt mätserie med sållade aggregat.

Sambandet mellan filtersumma av  $S_a$  och mängden aggregat större än 5 mm för alla 3 försök visas i figur 9. Det linjära sambandet får anses vara bra med tanke på att detta är tre olika

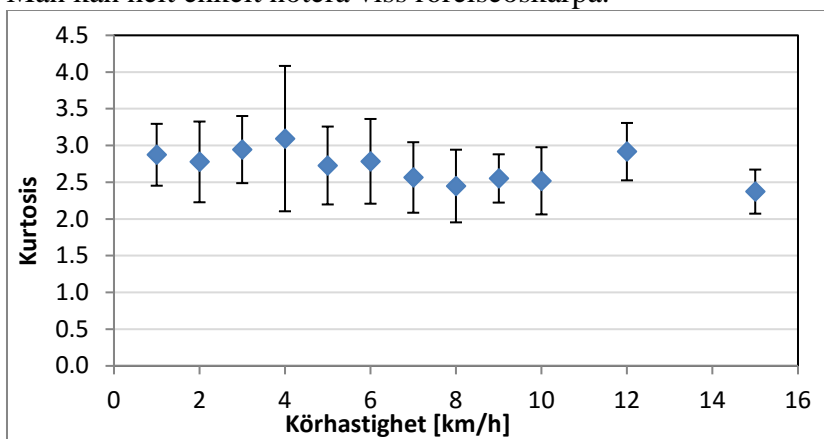
försök på olika jordart varav ett försök utfört ett annat år. Inga påtagliga systematiska skillnader kan heller ses mellan försöksplatserna.



Figur 9. Samband mellan filtersumma av  $S_a$  och mängd aggregat större än 5 mm för 3 försök.

### Effekt av hastighet vid mätning under körning

Effekten av ökad körhastighet upp till 15 km/h var mycket liten och inga statistiskt säkerställda skillnader kan urskiljas i  $S_a$ , eller  $S_q$ . Det finns dock tendenser till att ojämnheter slätas ut något vid ökad hastighet. Detta syns som att pixlarnas höjdvärden i bilderna distribuerar sig mer jämt med en mindre toppig fördelningskurva med kortare svansar, vilket speglar en mer homogen fördelning med färre extremer av uppmätta höjder (kurtosis minskar något; figur 10). Särskilt syns en förändring vid 7 km/h, men inte heller denna skillnad är signifikant. Fördelningen blir också mer asymmetrisk och skewness förskjuts från noll, vilket betyder att kaviteter i större utsträckning än toppar blir svårare att registrera vid ökad hastighet. Det finns också tecken på att aggregat framstår som större vid ökad hastighet, särskilt vid 7 km/h. Detta kan förklaras med att mellanrummet mellan aggregat blir otydligare. Man kan helt enkelt notera viss rörelseoskärpa.



Figur 10. Kurtosis som en funktion av hastighet där ett lägre värde indikerar en mer homogen fördelning av aggregatstorlekar. Medelvärde och standardavvikelse för 60-240 bilder.

## Diskussion

Aggregatstorleksfördelningen utgör det viktigaste måttet på bearbetningsresultatet, både vid såbäddsberedning och efter primärbearbetning, t.ex. plöjning eller kultivering. Aggregatsstorleken påverkas av ett antal faktorer och kan variera stort rumsligt inom ett fält, t.ex. kan aggregatstorleken ofta vara större på en vändteg där jorden är packad. Idag bestäms aggregatsstorleksfördelning med en manuell sållningsmetod utvecklad på 1970-talet. Den är arbetskrävande och utförs därför endast i begränsad omfattning. Att bestämma



aggregatstorleksstorleken beröringsfritt med hjälp av den metod som utvecklats i detta projekt ger möjligheter till att utföra en större mängd aggregatstorleksbestämning på ett samma fält. Detta kan komma att effektivisera fältförsök kring jordbearbetning och i slutändan leda till bättre kunskaper kring etablering av grödor.

Metoden skulle även kunna användas direkt på en maskin (traktor och t.ex. en såbäddsharv) för att optimera såbäddsberedning. Exempelvis kan sensorer mäta bearbetningsresultatet före och efter en harv. En monitor i traktorn visar om bearbetningen är tillräcklig eller om ytterligare bearbetning bör utföras. Då nyare traktorer även är utrustade med ISOBUS så kan man även tänka sig att sensorerna styr traktorns framföringshastighet eller angreppsvinkel på harvens sladdplanka eller att styra bearbetningsdjupet direkt utan inverkan av föraren. Idealt är då att man får en jämn såbädd utan variation över hela fältet oavsett jordart eller packningsgrad. I förläningen så kan en optimering även leda till tids- och bränslebesparing och eventuellt minska slitage på maskin. Maskinföretaget Pöttinger har precis lanserat en produkt som sannolikt bygger på den metod som använts i detta projekt. Det är en stereokamera som placerats på en rotorharv. Kameran mäter ytojämnheten och styr dels framföringshastigheten och dels varvtalet på kraftöverföringsaxeln.

Utvecklingen mot helt autonoma traktorer går fort. På mässor runt om i världen visas ett antal olika prototyper upp. Det finns framförallt två saker som autonoma fordon måste kunna hantera, nämligen säkerhet och bedömning av arbetsresultat. Säkerhetsfrågan är bilindustrin på god väg att lösa. Däremot måste lantbruksindustrin själva utveckla teknik för att bedöma arbetsresultat. Metoden i detta projekt skulle kunna vara en del i detta.

Det finns flera olika 3-dimensionella metoder för att bestämma ytstruktur. Metoden som använts i detta projekt har för- och nackdelar. Den största fördelen är att massproduktionen innebär en låg kostnad för sensorn i förhållande till den relativt höga kvalitén på data. Nackdelarna är att tekniken är känslig mot solljus, damm, regn och snö. Detta projekt har visat att det är möjligt att hantera solljus genom avskärmning. Damm kan givetvis bli knepigare att hantera eftersom det ofta dammar rejält vid harvning.

Det matematiska Gaussfilter vi använt för att kvantifiera olika aggregatstorleksklasser visade sig fungera, men sensorns upplösning innebär att endast aggregat större än ca 8 mm kan identifieras. Det är givetvis önskvärt att även kunna identifiera mindre aggregat än så. Med hjälp av att beräkna summan av alla filterstorlekar så är det ändå möjligt att identifiera mindre aggregatstorlekar, men inte att kvantifiera dem separat. Samtidigt går teknikutvecklingen fort och sensorer med högre upplösning finns redan på marknaden. Trots den för låga upplösningen lyckades vi med ett robust samband visa att andelen jord i aggregat större än 5 mm gick att kvantifiera med relativt god säkerhet. Det skall då noteras att även 5 mm är lite för litet för kamerans upplösning. Eftersom tumregeln man använder sig av i praktiken är att minst 50% av jorden skall återfinnas i aggregat mindre än 5 mm är detta ett mycket viktigt resultat.

Effekten av ökad körhastighet upp till 15 km/h var mycket liten och inga statistiskt säkerställda skillnader kan urskiljas. Det finns dock tendenser till att ojämnheter slätas ut något vid ökad hastighet. Detta kan sannolikt hänföras till tekniken då sensorn har en roterande bländare, vilket i sin tur lätt ger upphov till rörelseoskärpa.

## Referenser

- Johan Arvidsson, Mikael Gilbertsson, Anders Larsolle, Bo Stenberg, Francesco Marinello, Elisabeth Bölenius, Olof Gröndahl. 2014. En mätplattform för att bestämma mark- och grödegenskaper. Rapport Nr 130, Rapporter från jordbearbetningen, SLU, Uppsala. 23 pp.
- Håkansson, I., Myrbeck, Å., Etana, A. 2002. A review of seedbed preparation research in Sweden. Soil Till. Res. no 64, 23-40.
- Kritz, G., 1983. Såbäddar för vårstråsäd. Rapport 65, avd. för jordbearbetning, inst. för markvetenskap, SLU, Uppsala. 187 sidor.
- Marinello, F., Pezzuolo, A., Gasparini, F., Arvidsson, J. & Sartori, L. 2015. Application of the Kinect sensor for dynamic soil surface characterization. Precision Agriculture 16, 601-612.
- Myrbeck, Å., 2017. Säkrare etablering av våroljeväxter med grund bearbetning på våren. Jordbearbetningens årsrapport 2016 (Red: Åsa Myrbeck). Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, nr 136. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.  
[<https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/forskning/jordbearbetning/langliggande-forsok/jordbearb-rapport/>]

## Slutsatser

- 3D-kamera är ett snabbt och billigt sätt att bestämma bearbetningsresultat
- De beräkningar som behöver göras är relativt enkla och kan utföras mycket snabbt
- Andelen jord i aggregat större än 5 mm kan kvantifieras med relativt god säkerhet. En sensor med högre upplösning bör kunna analysera mindre aggregat än 5 mm och identifiera aggregat större än 5 mm med större noggrannhet.
- Tekniken bör fungera bra upp till hastigheter på åtminstone ca 7 km/h
- Stor potential för att tekniken kan automatiseras och hjälpa lantbrukaren att uppnå en bra såbädd
- Den utvecklade metoden innebär att fler såbäddsundersökningar kan utföras som i sin tur hjälper lantbrukare till en bättre etablering av gröda

## Publikationer

- Marinello, F., Pezzuolo, A., Gasparini, F., Arvidsson, J. & Sartori, L. 2015. Application of the Kinect sensor for dynamic soil surface characterization. Precision Agriculture 16, 601-612. DOI: 10.1007/s11119-015-9398-5

## Resultatförmedling till näringen

Metod och projektresultat har förmedlats på ett flertal olika sätt. Presentationer har hållits på möten där näringen varit deltagare som t.ex. Gröna Möten seminarium om Precisionsodling 2017 och SLU:s jordbearbetningsseminarium/Väderstaddagen 2015 och 2017 och NJF-seminarium 477, 2014. Vidare har metod och resultat förmedlats på mässan Borgeby Fältdagar. En vetenskaplig artikel har publicerats i tidskriften Precision Agriculture. Satori Text & Bild har intervjuat och skrivit en artikel för Lantbrukets Affärer. Utöver det planeras att skriva en nyhetsnotis i Greppas nyhetsbrev samt en populärvetenskaplig artikel i tidningen Arvensis där slutresultaten kommer att kommuniceras.