



## Slutrapport

# Säkrare statistik i svensk sortprovning

**Projektnummer: O-17-20-963**

**Projektperiod: 2018–2019**

**Huvudsökande: Johannes Forkman, SLU, johannes.forkman@slu**

**Medsökande:**

**Jannie Hagman, SLU**

**Anders Ericsson, Hushållningssällskapet**

**Karl-Oskar Andersson, Scandinavian Seed**

**Alf Ceplitis, Lantmännen**

### Del 1: Utförlig sammanfattning

Every year in Sweden, experiments are carried out which aim to compare varieties of major agricultural crops. Experiments are performed in several parts of the country, in different agricultural regions, in order to provide farmers regional-specific advice on what varieties to cultivate. Since the 1980s, the volume of Swedish crop variety testing has continuously decreased. Yet, for a long time, statistical methods for analysis of these experiments have remained the same. The question was raised whether predictive performance of Swedish crop variety testing could be improved by utilizing better statistical methods.

This project compared statistical models and strategies for the analysis. The large database of variety trials from previous years was used for cross-validation. Trials in spring barley and winter wheat were studied. Models and strategies were compared with regard to mean square error in prediction.

Several clear conclusions could be drawn. Instead of using models with fixed effects of varieties, as has been practice in Swedish variety testing so far, models with random effects should be used. Because the number of trials per year is nowadays small, each agricultural area should no longer be analyzed separately. Instead, all areas should be analyzed together in a model that nonetheless provides specific information about the yield of the varieties in different areas. In a series of experiments, it is important that all experiments include the same varieties if possible. Results from high precision experiments should be given greater weight than results from low precision experiments.

Results of Swedish crop variety testing is decisive for which crop varieties farmers choose to cultivate. Precision in the results, including ranking of varieties, is crucial for yield and financial return.

Projekt har fått finansiering genom:



## **Del 2: Rapporten**

### **1. Inledning**

Det här projektet syftade till att förbättra de statistiska metoderna i svensk sortprovning. Trots att sortprovningens omfattning, vad gäller antal försök, minskat drastiskt med åren, används fortfarande samma statistiska modeller. Projektet undersökte huruvida det är möjligt att förbättra tillförlitligheten i resultaten från svensk sortprovning bara genom att använda andra statistiska modeller. Istället för att analysera ett jordbruksområde i taget, med ofta få försök per område, kunde det vara bättre att analysera samtliga områden tillsammans, men ändå ge områdesvisa prediktioner. Det ingick som en delfråga att utreda huruvida indelning i områden alls behövs. Den väsentlig idé i projektet var att linjära modeller med slumpmässiga effekter av sorter bör ge bättre prediktioner än linjära modeller med fixa effekter av sorter. Projektet skulle också föreslå ett mått på sorters stabilitet.

Utöver frågan om valet av statistisk modell skulle projektet utreda huruvida det är bäst att göra den statistiska analysen av en serie försök i ett eller två steg. För närvarande görs analysen i två steg. I det första steget analyseras de enskilda försöken. I nästa steg används de skattade medelvärdena från det första steget som observationer i den statistiska analysen. Frågan var om det är bättre att göra den statistiska analysen av försöksserien i ett enda steg, dvs. att analysera rutvisa data istället för ledvisa data. I en tvåstegsanalys finns också möjligheten att väga försöken olika, beroende på hur stor variationen i försöken varit. Projektet skulle jämföra olika metoder för att göra sådan vägd tvåstegsanalys.

En doktorand, Harimurti Buntaran, anställdes för att utföra arbetet. Projektet har resulterat i en licentiatavhandling (Buntaran, 2019) baserad på tre vetenskapliga artiklar, varav två är publicerade i den internationella vetenskapliga tidskriften *Crop Science* (Buntaran et al., 2019, 2020). Den tredje artikeln (Buntaran et al, 2018) är ett konferensbidrag, publicerad i tidskriften *Biuletyn Oceny Odmian*.

Den här slutrapporten redovisar kortfattat de metoder som använts i projektet (avsnitt 2), resultaten från undersökningarna (avsnitt 3), slutsatserna som dras från resultaten (avsnitt 4), samt vilka konkreta rekommendationer projektet ger vad gäller hur statistiska metoder bör förbättras i svensk sortprovning (avsnitt 5).

### **2. Metoder**

I projektet gjordes inte några nya fältförsök. Istället användes data från tidigare års sortprovning. Dessa data analyserades med hjälp av korsvalidering.

Eftersom det kontinuerligt introduceras nya sorter, och gamla fasas ut, visade det sig vara svårt att åstadkomma tillräckligt stora datamängder för korsvalidering annat än i de

volymmässigt största grödorna, höstvetete och vårkorn. Det visade sig också vara svårt att hitta serier med ett stort antal sorter undersökta i samtliga större jordbruksområden. Projektet tvingades därför begränsa sig till att studera tre områden: A, D+E och F, där A är det sydligaste området och F det nordligaste.

Olika slags korsvalideringar gjordes i de olika delarbetena (Buntaran et al, 2018, 2019, 2020), men principen var densamma. Datamängden delades upp i två delar. Den ena delen användes för modellanpassning och prediktion av observationerna i den andra delen. De olika statistiska modellerna och strategierna för statistisk analys jämfördes med avseende på hur väl de lyckades predicera observationerna i den andra delen. Analyser gjordes även på den andra delen av datamängden, för att studera hur väl de olika modellerna kunde predicera observationerna i den första delen. ”Mean square error of prediction” (MSEP) användes som mått på hur väl de predicerade värdena överensstämde med de observerade.

I sortprovningen förekommer *enfaktoriella* och *tvåfaktoriella* försök. I de enfaktoriella försöken är sorter enda faktorn. De tvåfaktoriella försöken är split-plot-försök med behandlingar, till exempel fungicidbehandlingar, på stora rutor och sorter på små rutor. Två slags sammanställningar görs: *ettåriga*, i vilka samtliga ingående försök skördats samma år, och *femåriga*, i vilka försök från de senaste fem åren ingår. De statistiska modellerna undersöktes för enfaktoriella och tvåfaktoriella försök, dels i ettåriga serier, och dels i femåriga.

## 2.1 Statistiska modeller för serier av enfaktoriella försök

För analys av ettåriga serier av enfaktoriella försök används i sortprovningen för närvarande en linjär modell med fixa effekter av sorter och slumpmässiga effekter av försök, vilken anpassas per område. I projektet benämndes denna modell SYF 2. Modellen jämfördes med fyra alternativa linjära modeller, varav två med fixa effekter av sorter (SYF 1 och SYF 3) och två med slumpmässiga effekter av sorter (SYR 1 och SYR 2).

För analys av femåriga serier av enfaktoriella försök används idag en modell (MYF 1), med fixa effekter av sorter, slumpmässiga effekter av år och slumpmässiga effekter av samspel mellan år och sorter. Denna modell anpassas per område. Projektet jämförde den prediktiva förmågan hos denna modell med tre andra linjära modeller, varav en med fixa effekter av sorter (MYF 2), och två med slumpmässiga effekter av sorter (MYR 1 och MYR 2).

Buntaran et al. (2018) ger detaljerad information om de olika modellerna för analys av enfaktoriella försök.

## 2.2 Statistiska modeller för serier av tvåfaktoriella försök

För analys av ettåriga serier av tvåfaktoriella försök används i svensk sortprovning en modell med fixa effekter av sorter och slumpmässiga effekter av försök. Denna modell (SF 3) anpassas per område och behandling. I korsvalideringen jämfördes modellen SF 3 med 19 andra linjära modeller, varav tio hade slumpmässiga effekter av sorter och nio hade fixa effekter av sorter.

För femåriga serier av tvåfaktoriella försök används en modell med fixa effekter av sorter och slumpmässiga effekter av år, försök och samspel mellan sorter och år. Även dessa sammanställningar görs per område och behandling. Denna modell (MF) jämfördes med tio andra linjära modeller, alla med slumpmässiga effekter av sorter.

Buntaran et al. (2019) redogör för de olika modellerna för seriesammanställning av flerfaktoriella försök.

## 2.3 Statistisk analys av försöksserier i ett eller två steg

Svensk sortprovning sammanställer serier i två steg. I det första steget analyseras de enskilda försöken. I det andra steget analyseras medelvärdena från det första steget. Detta görs utan vikter, så att alla försök är lika betydelsefulla, oavsett hur stor den slumpmässiga spridningen varit i försöken. Denna strategi, som kallades 2S-F-U-ZR i projektet, jämfördes med 20 andra strategier, varav sju enstegsstrategier och 14 tvåstegsstrategier. Enstegsstrategierna skilde sig åt bland annat avseende antaganden om varianser och kovarianser. Tvåstegsstrategierna skilde sig bland annat åt vad gäller hur vikterna ska beräknas. Buntaran et al. (2020) redogör för de 21 undersökta strategierna.

## 3. Resultat och diskussion

### 3.1 Statistiska modeller för serier av enfaktoriella försök

Tabell 1 visar genomsnittliga MSEP i korsvalideringen av ettåriga enfaktoriella försök. Modellen SYR 1 presterade bäst, såväl i höstveten som vårkorn, men även modellen SYR 2 fungerade bra. Modellen SYF 2, vilken är den som används i sortprovning idag, gav sämst prediktioner.

*Tabell 1. MSEP i ettåriga serier av enfaktoriella försök*

	Modell	Höstveten	Vårkorn
1	SYR 1	6781	1751
2	SYR 2	6846	1766
3	SYF 1	7093	1783
4	SYF 3	7245	1814
5	SYF 2†	7407	1959

† SYF 2 är den modell som för närvarande används i svensk sortprovning.

Tabell 2 presenterar motsvarande resultat för femåriga serier. Modellen MYR 1 var bäst i studien. Den modell som används för närvarande är modell MYF 2, som var den tredje bästa av de fyra modellerna. I avsnitt 4 beskrivs de mest framgångsrika modellerna utförligare. För en fullständig beskrivning av alla modellerna, se Buntaran et al. (2018).

Tabell 2. MSEP i femåriga serier av enfaktoriella försök

	Modell	Höstvete	Vårkorn
1	MYR 1	854685	276814
2	MYR 2	859878	278789
3	MYF 2†	938231	307994
4	MYF 1	940205	611592

† MYF 2 är den modell som för närvarande används i svensk sortprovning.

### 3.2 Statistiska modeller för serier av tvåfaktoriella försök

För ettåriga serier av försök med två faktorer fungerade modellen SR 5 bäst, såväl för höstvete som vårkorn (tabell 3). Nuvarande modell (SF 3) var den tredje sämsta i höstvete och den allra sämsta i vårkorn, av de 20 undersökta modellerna.

Tabell 3. MSEP i ettåriga serier av tvåfaktoriella försök

	Höstvete		Vårkorn	
	Modell	MSEP	Modell	MSEP
1	SR 5	7017	SR 5	1815
2	SR 16	7032	SR 6	1815
3	SR 2	7037	SR 7	1824
4	SR 8	7041	SR 3	1827
5	SR 6	7046	SR 10	1829
6	SR 17	7054	SR 17	1830
7	SR 9	7083	SR 4	1834
8	SR 1	7085	SR 9	1838
9	SR 3	7103	SR 8	1842
10	SR 10	7118	SR 2	1847
11	SF 1	7148	SR 11	1850
12	SR 7	7172	SR 13	1855
13	SF 2	7197	SF 1	1863
14	SR 4	7235	SR 15	1868
15	SR 14	7271	SF 2	1874
16	SR 11	7278	SR 16	1889
17	SR 12	7291	SR 14	1908
18	SF 3†	7313	SR 12	1911
19	SR 13	7826	SR 1	1914
20	SR 15	8488	SF 3†	2053

† SF 3 är den modell som för närvarande används i svensk sortprovning.

I femåriga försöksserier fungerade modellerna MR 3 och MR 5 särskilt bra i både höstvetete och vårkorn (tabell 4). För den senare grödan presterade modellen MR7 allra bäst, men den modellen var inte framgångsrik för höstkorn. Modellen MF, som används i sortprovningen idag, visade sig fungera allra sämst av de elva modellerna.

I avsnitt 4 beskrivs de mest framgångsrika modellerna utförligare. För en fullständig beskrivning av alla modellerna i tabellerna 3 och 4, se Buntaran et al. (2019).

*Tabell 4. MSEP i femåriga serier av tvåfaktoriella försök*

	Höstvetete		Vårkorn	
	Modell	MSEP	Modell	MSEP
1	MR 5	1068268	MR 7	289556
2	MR 3	1068298	MR 3	289780
3	MR 2	1070672	MR 5	289786
4	MR 10	1071134	MR 2	289873
5	MR 1	1071661	MR 1	290015
6	MR 6	1071902	MR 8	290055
7	MR 4	1071976	MR 4	290274
8	MR 9	1073729	MR 6	290282
9	MR 7	1081332	MR 10	293984
10	MR 8	1083676	MR 9	294060
11	MF†	1189709	MF†	321153

† MF är den modell som för närvarande används i svensk sortprovning.

### 3.3 Statistisk analys av försöksserier i ett eller två steg

Strategin IS-CS-LR var bäst för såväl höstvetete som vårkorn (tabell 5). Strategierna 2S-CS-W-FE, 2S-CS-W-AVVAR och 2S-CS-W-S gav emellertid nästan lika låga MSEP. Av alla 21 modeller presterade den strategi som används i sortprovningen idag, 2S-F-U-ZR, allra sämst i höstvetete och näst sämst i vårkorn.

I avsnitt 4 beskrivs de mest framgångsrika strategierna utförligare. För en fullständig beskrivning av alla strategierna i tabell 5, se Buntaran et al. (2020).

## 4. Slutsatser

Den mest framgångsrika modellen för analys av ettåriga serier av enfaktoriella försök, SYR 1, är en modell med fixa effekter av områden och slumpmässiga effekter av sorter, försök och samspel mellan sorter och områden. Enligt denna modell är också residualvariansen områdesspecifik. Modellen SYR 2, som också fungerade bra, är likadan som modellen SYR 1, men med antagandet att residualvariansen är likadan i

alla områden. Slutsatsen är att den nuvarande modellen med fixa effekter av sorter och slumpmässiga effekter av försök, vilken anpassas per område, bör ersättas med någon av modellerna SYR 1 och SYR 2.

Tabell 5. MSEP för olika strategier för statistisk analys i höstvetete och vårkorn

	Höstvetete		Vårkorn	
	Strategi	MSEP	Strategi	MSEP
1	1S-CS-LR	5041	1S-CS-LR	1723
2	2S-CS-W-FE	5045	2S-CS-W-FE	1726
3	2S-CS-W-AVVAR	5049	2S-CS-W-S	1727
4	2S-CS-W-S	5051	2S-CS-W-AVVAR	1728
5	1S-US-LR	5057	1S-US-LR	1728
6	2S-CS-U-ID	5066	2S-US-U-LR	1731
7	2S-US-W-AVVAR	5066	2S-CS-U-ID	1736
8	2S-US-W-S	5072	1S-CS-ID	1736
9	1S-CS-ID	5080	1S-US-ID	1739
10	2S-FA1-W-AVVAR	5084	2S-US-W-S	1739
11	1S-US-ID	5088	2S-FA1-W-S	1740
12	1S-FA1-LR	5090	2S-US-U-ID	1741
13	2S-FA1-W-S	5091	2S-US-W-AVVAR	1741
14	2S-US-U-ID	5091	2S-FA1-W-AVVAR	1742
15	1S-AID	5102	2S-CS-U-LR	1743
16	1S-FA1-ID	5107	1S-AID	1758
17	2S-CS-U-LR	5123	1S-FA1-LR	1804
18	2S-US-U-LR	5210	2S-F-S	1838
19	2S-F-AVVAR	5327	2S-F-AVVAR	1840
20	2S-F-S	5334	2S-F-U-ZR <sup>†</sup>	1850
21	2S-F-U-ZR <sup>†</sup>	5389	1S-FA1-ID	1870

<sup>†</sup> 2S-F-U-ZR är den strategi som för närvarande används i svensk sortprovning.

För femåriga serier av enfaktoriella försök fungerade modellen MYR 1 bäst. Detta är en modell med fixa effekter av områden och slumpmässiga effekter av sorter, försök, år, samspel mellan sorter och områden, samspel mellan sorter och år, samspel mellan år och områden, samt samspel mellan sorter, områden och år. Denna modell bör användas istället för den modell som används idag, enligt vilken effekter av sorter är fixa och effekter av år, samspel mellan år och sorter, samt försök är slumpmässiga. Istället för att anpassa denna modell per område, vilket är praxis idag, bör en enda modellenanpassning göras till datamängden bestående av samtliga områden, med modellen MYR 1.

Modellen SR 5 presterade bäst i korsvalideringen av ettåriga serier av tvåfaktoriella försök. Det är en modell med fixa effekter av områden, behandlingar och samspel mellan områden och behandlingar, samt slumpmässiga effekter av sorter, försök, samspel mellan sorter och områden, samspel mellan sorter och behandlingar, och samspel mellan sorter, områden och behandlingar. För närvarande, i svensk sortprovning, analyseras varje område för sig, dels för obehandlat och dels för

behandlat, med en modell som innehåller fixa effekter av sorter och slumpmässiga effekter av försök. Detta tillvägagångssätt bör bytas ut mot en analys baserad på anpassning av modell SR 5.

De två bästa modellerna för analys av femåriga serier av tvåfaktoriella försök innehåller många termer. Effekter av områden, behandlingar och samspel mellan områden och behandlingar är fixa. Effekter av sorter, försök och år är slumpmässiga. Dessutom innehåller modellen MR 5 de slumpmässiga tvåvägssamspelet sort $\times$ område, sort $\times$ år, sort $\times$ försök, sort $\times$ behandling, år $\times$ område och behandling $\times$ försök, samt tvåvägssamspelet sort $\times$ område $\times$ behandling och sort $\times$ område $\times$ år. Modellen MR 3 innehåller dessutom samspelet år $\times$ behandling och år $\times$ område $\times$ behandling. Någon av dessa båda modeller bör ersätta dagens rutiner, enligt vilka varje område och behandling analyseras för sig med en modell som innehåller fixa effekter av sorter och slumpmässiga effekter av år, försök och samspel mellan sorter och år.

Enligt den strategi som mest framgångsrikt minimerade felen i prediktionerna görs analysen i ett enda steg med antagande om försöksspecifika varianser. Detta är strategin 1S-CS-LR, som gav lägst MSEP såväl för höstvetete som vårkorn (tabell 5). Vägdd tvåvägsanalys fungerade emellertid nästan lika bra, med fullt effektiva vikter (2S-CS-W-FE), med vikter omvänt proportionella mot genomsnittliga variansen (2S-CS-W-AVVAR), och med Smiths vikter (2S-CS-W-S).

## 5. Nyttan för näringen och rekommendationer

Projektet visade tydligt att linjära modeller med slumpmässiga effekter av sorter i praktiken har bättre prediktiv förmåga än linjära modeller med fixa effekter av sorter. Svensk sortprovning bör därför övergå till modeller med slumpmässiga effekter av sorter. Vidare bör man analysera alla försök, från alla områden, tillsammans, istället för att göra analyserna områdesvis.

I korsvalideringen av ettåriga serier av enfaktoriella försök presterade modellerna SYR 1 och SYR 2 båda bra. För att undvika problem med konvergens vid anpassningen kan det vara klokt att välja den enklare modellen, SYR 2, för rutinmässig användning. För femåriga serier av tvåfaktoriella försök står valet mellan modellerna MR 2 och MR 5. Eftersom vi vill använda en enda modell för alla grödor, och dessa båda modeller fungerade ungefär lika bra i korsvalideringen, drar vi slutsatsen att den enklare modellen, MR 5, bör föredras. Tabell 6 sammanfattar rekommendationerna vad gäller modellval.

För rutinmässig sammanställning av sortförsök kan det vara säkrare att göra analysen i två steg än i ett enda. Modellen för analys i ett steg är nämligen mer komplicerad, vilket innebär en större risk för konvergensproblem. Sammanställningar i två steg bör emellertid inte göras ovägt, som idag, utan vikter bör användas. Projektet identifierade tre framgångsrika metoder för att väga försöken. Av dem är alternativet AVVAR det enklaste. Enligt den metoden används som vikt inversen av den genomsnittliga



variansen i de parvisa jämförelserna. Vi rekommenderar att vi inför att denna vikt beräknas och sparas i de enskilda försöken, i NFTS, så att vägda seriesammanställningar kan införas på sikt.

*Tabell 6. Rekommenderade modeller, där Z, C, L och F betecknar område, sort, försök respektive behandling.*

Typ av försök	Typ av serie	Modell	Fixa termer	Slumpmässiga termer
Enfaktoriella	Ettårig	SYR 2	Z	C, L, C×Z
	Femårig	MYR 1	Z	C, L, Y, C×Z, C×Y, Y×Z, C×Z×Y
Tvåfaktoriella	Ettårig	SR 5	Z, F, Z×F	C, L, C×Z, C×F, C×Z×F
	Femårig	MR 5	Z, F, Z×F	C, L, Y, C×Z, C×Y, C×L, C×F, Y×Z, F×L, C×Z×F, C×Z×Y

Det har framkommit i projektet att det är mycket önskvärt att alla försök i en serie innehåller samma sorter, särskilt i serier som ligger till underlag för värdeprovning (VCU). Detta är redan viktigt med de modeller vi använder idag, men kommer att bli ännu viktigare när de nya modellerna införs. De nya modellerna fungerar nämligen så att sorter som undersökts lite, dvs. inkluderats i få försök, kommer att prediceras ge skörd likartat andra sorter. Detta är rimligt, för om man inte har mycket information om hur en specifik sort presterar, så är den bästa prediktionen att den fungerar ungefär likadant som andra sorter. Det är bara om en sort har presterat bättre än andra sorter i många försök, som den kommer att bli rangordnad som en av de bästa sorterna. Projektet rekommenderar därför bestämt att kompletterande försök, som bara innehåller en delmängd av sorterna i serien, inte längre bör utföras. Åtminstone bör sådana kompletterande försök inte längre sammanställas med seriens ordinarie försök.

I flerårssammanställningar är det oftast inte möjligt att kräva att alla försök ska innehålla alla sorter, för i så fall kan nyintroducerade sorter inte sammanställas. Resultaten från dessa sammanställningar används framför allt för rekommendationer till lantbrukare om vilka sorter de ska odla. Här kan det vara en bra funktion att sorter som inte undersökts i många försök har svårt att sticka ut som vare sig bäst eller sämst. Om dessa sorter har vi ju inte tillräcklig information för att vara säkra på att de presterar annat än genomsnittligt.

I flerårssammanställningarna används idag en regel att försök bara inkluderas i den statistiska analysen om de har undersökts i minst två år, varav det ena året är det senaste. Det är bättre att inkludera samtliga sorter i den statistiska analysen. Ett sådant tillvägagångssätt hindrar inte att bara ett urval av sorterna redovisas, till exempel de som undersökts i minst två år, varav det ena det senaste.

Projektet tog även fram ett mått på stabilitet mellan regioner (Buntaran, 2019), vilket lätt kan beräknas från prediktionerna av modellens slumpmässiga effekter. Det

rekommenderas att detta mått redovisas i flerårssammanställningar snarare än i ettårssammanställningar, eftersom flerårssammanställningar innehåller mer information. Det är nämligen känt att stabilitet kan variera mycket mellan år, så värdet av en uppgift om stabilitet är begränsat om uppgiften baserar sig på ett enda år.

Resultaten från det här projektet kommer att påverka vilka sorter lantbrukare kommer att odla. Projektet har visat att indelningen i områden faktiskt behövs, men på grund av dagens små försöksvolymmer, så är det bättre att analysera alla försök tillsammans än att göra områdesvisa statistiska analyser. När all information utnyttjas förbättras den prediktiva förmågan. Valet av sort har direkt påverkan på skördens storlek, och därmed på det ekonomiska resultatet.

Planen är nu att sammanställningar enligt de nya statistiska modellerna ska diskuteras på Fältforsks ämneskommitté Odlingsmaterials möte hösten 2020. De nya modellerna kan sedan introduceras i svensk sortprovning från och med hösten 2021. Den föreslagna strategin, att försöken ska vägas med speciella vikter som speglar försökens precision, går inte att genomföra omedelbart, men på sikt. För närvarande sparas nämligen inte dessa speciella vikter i NFTS. Det pågår ett arbete med att skriva om beräkningsprogrammen i NFTS, så förhoppningsvis kan detta önskemål tillgodoses i samband med det arbetet.

Harimurti Buntaran avslutade projektet i Sverige med en licentiatavhandling vid SLU (Buntaran, 2019). Nu fortsätter han arbetet som doktorand vid universitetet i Hohenheim i Tyskland. Där studerar han liknande frågor, men det här projektet är avslutat.

## Referenser

Buntaran, H., Piepho, H. P., Schmidt, P., Rydén, J., Halling, M., Forkman, J. (2020). Cross-validation of stage-wise mixed-model analysis of Swedish variety trials with winter wheat and spring barley. *Crop Science*. I tryckpressen. <https://doi.org/10.1002/csc2.20177>

Buntaran, H. (2019). *Assessment of statistical analysis of Swedish cultivar testing*. Licentiatavhandling, Rapport 107. Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala. <https://pub.epsilon.slu.se/16295/>

Buntaran, H., Piepho, H. P., Hagman J., Forkman, J. (2019). A cross-validation of statistical models for zoned-based prediction in cultivar testing. *Crop Science* 59, 1544–1553. <https://pub.epsilon.slu.se/16270/>

Buntaran, H., Piepho, H. P., Hagman, J., Forkman J. (2018). Performance of empirical BLUE and empirical BLUP in Swedish crop variety trials. *Biuletyn Oceny Odmian* 35, 15–17. <https://www.researchgate.net/publication/336239868>

## **Del 3: Resultatförmedling**

<b>Vetenskapliga publiceringar</b>	Buntaran, H., Piepho, H. P., Schmidt, P., Rydén, J., Halling, M., Forkman, J. (2020). Cross-validation of stage-wise mixed-model analysis of Swedish variety trials with winter wheat and spring barley. <i>Crop Science</i> . I tryckpressen. <a href="https://doi.org/10.1002/csc2.20177">https://doi.org/10.1002/csc2.20177</a>
	Buntaran, H. (2019). <i>Assessment of statistical analysis of Swedish cultivar testing</i> . Licentiatavhandling, Rapport 107. Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala. <a href="https://pub.epsilon.slu.se/16295/">https://pub.epsilon.slu.se/16295/</a>
	Buntaran, H., Piepho, H. P., Hagman J., Forkman, J. (2019). A cross-validation of statistical models for zoned-based prediction in cultivar testing. <i>Crop Science</i> 59, 1544–1553. <a href="https://pub.epsilon.slu.se/16270/">https://pub.epsilon.slu.se/16270/</a>
	Buntaran, H., Piepho, H. P., Hagman, J., Forkman J. (2018). Performance of empirical BLUE and empirical BLUP in Swedish crop variety trials. <i>Biuletyn Oceny Odmian</i> 35, 15–17. <a href="https://www.researchgate.net/publication/336239868">https://www.researchgate.net/publication/336239868</a>
<b>Övriga publiceringar</b>	Bättre information om sorter. <i>Jordbruksaktuellt</i> , den 19 december, 2017. <a href="https://www.ja.se/artikel/55923/battre-information-om-sorter.html">https://www.ja.se/artikel/55923/battre-information-om-sorter.html</a>
<b>Muntlig kommunikation</b>	Möte med ämneskommittéen Odlingsmaterial i Linköping den 4 oktober 2018. Talare: Johannes Forkman
	Fältforsks referensgruppsmöte i Uppsala den 24 oktober 2018. Talare: Johannes Forkman
	NFTS styrgruppsmöte den 31 oktober 2018. Talare: Johannes Forkman
	Seminarium på Institutionen för statistik, Uppsala Universitet, den 2 maj 2018. Talare: Harimurti Buntaran
	Föredrag på "The 11th working seminar on statistical methods in variety testing", Polen. Talare: Harimurti Buntaran
	Poster på "The 17th meeting of the EUCARPIA Section Biometrics in Plant Breeding", Belgien. Talare: Harimurti Buntaran
	Seminarium på Institutionen för energi och teknik, SLU, Uppsala den 12 september 2018. Talare: Harimurti Buntaran
	Slutseminarium på Institutionen för energi och teknik, SLU, den 12 juni, 2019. Talare: Harimurti Buntaran
	Poster på "The 7th Channel Network Conference, Rothamsted, England, den 10–12 juli, 2019. Talare: Harimurti Buntaran
Licentiatseminarium, SLU, Uppsala, den 13 september, 2019. Talare: Harimurti Buntaran	

2020-06-26

	Möte med ämneskommittéen Odlingsmaterial i Linköping den 3 oktober 2019. Talare: Johannes Forkman
	Fältforsks referensgruppsmöte, SLU, Uppsala den 21 oktober 2019. Talare: Johannes Forkman
	Möte med ämneskommittéen Odlingsmaterial i Linköping den 29 januari 2020. Talare: Johannes Forkman
	NFTS styrgruppsmöte den 25 juni 2020. Talare: Johannes Forkman