



# Forsøgstyper og forsøgsdesigns

Michael Erlang-Nielsen<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Teknologisk Institut

I Landsforsøgene benyttes en række forsøgstyper, som er fastlagt i Nordic Field Trial System (NFTS) og PC-Markforsøg. Til hver forsøgstype er knyttet et forsøgsdesign, der indeholder information om antal led, antal faktorer, antal gentagelser og deres placering i forhold til hinanden. Samtidig indeholder forsøgsdesignet informationer om placeringen af gentagelserne (én eller flere rækker) og om der er indlagt værn.

Designstypen, som er angivet i forsøgsplanen, bør altid anvendes, men i PC-Markforsøg er det i et vist omfang muligt at ændre designet ved dels at ændre forsøgstypen, antal led, parcellfordeling, samt placeringen i marken (antal rækker og værn).

Der findes følgende forsøgstyper i NFTS:

- Fuldstændigt blokforsøg, 1 faktor
- Fuldstændigt blokforsøg, 1 faktor (Randomiseret)
- Fuldstændigt blokforsøg, 2 faktor
- Fuldstændigt blokforsøg, 2 faktor (Randomiseret)
- Fuldstændigt blokforsøg, 3 faktor
- Fuldstændigt blokforsøg, 3 faktor (Randomiseret)
- Split-plot, 2 faktorer
- Split-plot, 2 faktorer (Randomiseret)
- Split-plot, 3 faktorer
- Split-plot, 3 faktorer (Randomiseret)
- Split-blok, 2 faktorer (Randomiseret)
- Alpha-design, 1 faktor
- Alpha-design, 2 faktorer
- Latinized alpha-design, 1 faktor
- Romerkvadratforsøg, 3x3
- Romerkvadratforsøg, 4x4
- Romerkvadratforsøg, 5x5
- Romerkvadratforsøg, 6x6

## Blokinddeling og placering af blokke i marken

Formålet med at inddеле forsøg i blokke (gentagelse eller miniblok) er at mindske usikkerheden i forsøget og øge præcisionen. Blokinddelingen gør, at parcellerne bliver placeret på et mindre og mere ensartet areal i forhold til hele forsøget.

Blokke kan set fra et forsøgsteknisk synspunkt placeres vilkårligt i marken. Det afgørende er, at

parcellerne i blokken placeres på så ensartet et areal som muligt. For forsøg med Alpha-design er det vigtigt, at miniblokkene placeres på så ensartet areal som muligt og dernæst helblokkene.

Af praktiske grunde er det nemmest at placere blokkene i hver sin række. Herved kan forsøgsværten nemmere og mere sikkert køre uden om forsøget. Så vidt muligt skal det undgås at placere kørespor og vandingsspor igennem forsøget.

En blok i marken skal altid ligge samlet. Alpha-blokke fra samme gentagelsesblok skal også altid ligge samlet. Det er dog muligt at fordele en blok over flere rækker, så længe parcellerne fortsat ligger samlet. Undersøgelser har vist, at konsekvensen oftest er en større forsøgsusikkerhed og dermed større LSD-værdier. I forsøg med 2 rækker, hvor der ønskes en 5. gentagelse kan dette være aktuelt. Den nemmeste løsning vil være at dele 5. gentagelse over flere rækker, f.eks. den ligger som en blok i bunden af række 1 og række 2.

Det giver følgende fordele og ulemper:

- **Fordele:** Det vil styrke datagrundlaget at anlægge forsøget i 5 gentagelser frem for kun 4 gentagelser
- **Ulempe:** den naturlige variation er ofte større mellem rækker end variationen mellem parcelnr., såfremt parcelnr. følger agerretningen. Dette er undersøgt i en analyse af flere års rapsforsøg. Dette betyder, at variationen indenfor den 5. gentagelse forventes større end i de øvrige gentagelser, da denne er fordelt på to rækker.
- **Muligheder:** a) forsøget anlægges i Alpha-design, så gentagelserne inddeles i mini-blokke, b) gå yderligere op i antal gentagelser, så forsøget anlægges i 6 gentagelser, således at forsøget kan anlægges i 2 eller 3 rækker.

## Gentagelser

Gentagelser udtrykker det antal gange samme behandlingskombination (faktor 1 x faktor 2 x faktor 3 osv.) forekommer i et forsøg. I alle forsøg er blokindelingen lig med antallet af gentagelser. I Alpha-designet er parcellerne derudover inddelt i ufuldstændige miniblokke (alpha-blokke) indenfor hver gentagelsesblok. Med ufuldstændigt menes, at ikke alle behandlingskombinationer forefindes i den ufuldstændige blok. Hovedformålet med at gentage en behandling, er at kunne bestemme forskellen imellem ensbehandlede parceller og derved at opnå et estimat for den naturlige variation. Gentagelser øger styrken i forsøget. Antallet af gentagelser påvirker sikkerheden af estimatet for det forventede udbytte, så jo flere gentagelser jo mindre bliver usikkerheden på det forventede udbytte. Dette kaldes et forsøgs styrke. I rapsforsøg er det fx nødvendigt med flere end 4 gentagelser, for at opnå en mulig behandlingsforskel på grund af den store naturlig variation, der er i raps. Dog betyder flere gentagelser større areal og jo også at forsøgsomkostninger stiger.

Det er muligt at foretage en statistisk styrkeberegning for at kortlægge behovet for antal gentagelser, som blandt andet afhænger af følgende forhold:

- Afgrødevariationen (f.eks. i udbytte)
- Størrelsen af den forskel, man ønsker at påvise signifikans for
- Antal behandlinger
- Parcelstørrelse
- Jordbundsvariationen på forsøgsarealet

I Landsforsøgene benyttes oftest 4 eller 5 gentagelser. Et forsøg kan gennemføres med færre gentagelser i afgrøder, der har en lav variation (f.eks. vinterhvede) på et ensartet areal i forhold til afgrøder, der har større variation (f.eks. raps eller rækkeafgrøder som kartofler og roer) på et uensartet areal. I rapsforsøg er der på baggrund af flere års forsøg fundet en tydelig sammenhæng mellem parcelstørrelse og antallet af gentagelser. Dette betyder, at der undtagelsesvis gerne må afviges fra en

høstparcelstørrelse for raps på 45 m<sup>2</sup>, hvis antallet af gentagelser ligeledes øges. HUSK at kontakte Teknologisk Institut for godkendelse af design inden anlæg.

## Randomisering i PC Markforsøg

I PC Markforsøg under forsøgsdesign er det muligt at tilpasse forsøgsdesign, så det passer med det ønskede antal rækker, som passer i marken. Dette kan gøres både i Design Wizard samt i funktionen Design omformninger. Når forsøget lægges ud i flere rækker, tager systemet desværre ikke hensyn til randomisering på tværs af rækker. Det kan betyde, at man kan få nogle uheldsmæssige designs, hvor samme led er placeret ved siden af hinanden i flere rækker, ligesom man i 2 faktorielle forsøg kan risikere, at f.eks. alle A led er placeret øverst i alle rækker. Gennemse derfor designet kritisk efter tilretninger og kontakt evt. Teknologisk Institut for hjælp.

### Fuldstændigt blokforsøg

I et fuldstændigt blokforsøg er forsøget inddelt i blokke (det samme som gentagelser), og hvert led findes netop en gang i hver blok. Parcellfordelingen bør altid være randomiseret, men i visse tilfælde anvendes systematisk parcellfordeling. Blokkene kan placeres i en eller flere rækker i marken afhængig af markens frugtbarhedsvariation og beskaffenhed i øvrigt. Det er vigtigt, at den enkelte blok placeres på så ensartet areal som muligt. Fuldstændigt blokforsøg (randomiseret) er standard forsøgsdesign i Landsforsøgene i enfaktorielle forsøg. Hvis der i et fuldstændigt blokforsøg anvendes systematisk parcellfordeling og forsøget anlægges i flere rækker forskydes parcellerne efter en bestemt algoritme. Dette kaldes springertrækprincippet.

#### Bemærk!

- Ved anvendelse af randomiseret parcellfordeling, er det en fordel at mærke alle parcellerne, når der skal udføres forsøgsbehandlinger, samt at medbringe et ajourført forsøgsdesign.

Springertrækprincippet i systematisk parcellfordeling:

Gent 1	Gent 2	Gent 3	Gent 4
1	3	5	2
2	4	1	3
3	5	2	4
4	1	3	5
5	2	4	1

#### Randomiseret Design

2
3
4
1
5
2
3
5
1
4
4
2
5
3
1
5
1
4
3
2

## Split-plot forsøg

Et split-plot forsøg er et fuldstændigt blokforsøg med 2 eller 3 faktorer. Behandlingerne i faktor 2 og 3 er placeret samlet i blokke - normalt for at gøre udførelsen af forsøgsbehandlinger lettere. Split-plot forsøg bør altid have randomiseret parcellfordeling i faktor 1, men i visse tilfælde anvendes systematisk parcellfordeling.

- Faktor 1 betegnes normalt med tal: 1, 2, 3, 4 ...
- Faktor 2 betegnes normalt med store bogstaver: A, B, C ...
- Faktor 3 betegnes normalt med romertal: I, II, III ...

Split-plot forsøg anvendes typisk i forsøg med forskellige såtidspunkter med forskellige udsædsmængder, jordbearbejdnings- og gylleforsøg.

### Bemærk

- Det kan være nødvendigt at placere værn omkring blokkene.
- Kontakt evt. Teknologisk Institut for at få randomiseret faktor 2 og faktor 3.

## Split-plotforsøg med 2 faktorer

A1	B3
A4	B2
A3	B4
A2	B1
-----	-----
B2	A1
B3	A4
B4	A2
B1	A3
A4	B2
A2	B1
A3	B4
A1	B3
-----	-----
B4	A3
B1	A2
B2	A1
B3	A4

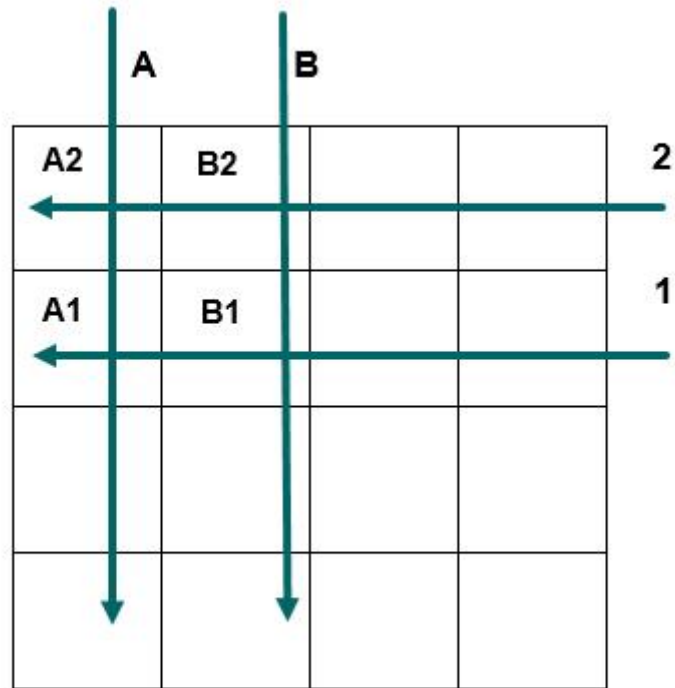
## Split-blok forsøg

Et split-blok forsøg er et fuldstændigt blokforsøg med 2 faktorer. Behandlingerne i faktor 1 er randomiseret i rækker og faktor 2 er randomiseret i kolonner indenfor hver blok - normalt for at gøre udførelsen af forsøgsbehandlinger lettere. Behandlingerne krydser dermed hinanden indenfor hver gentagelsesblok, men aldrig på tværs af gentagelserne.

- Faktor 1 betegnes normalt med tal: 1, 2, 3, 4 ...
- Faktor 2 betegnes normalt med store bogstaver: A, B, C ...

Split-blok forsøg bør altid have randomiseret parcellfordeling i både faktor 1 og i faktor 2, indenfor hver gentagelsesblok.

Split-blok forsøg anvendes typisk i gylleforsøg, jordbearbejdningsforsøg eller forsøg med forskellig udsædsmængde, hvor behandlingerne udføres i hele rækker af parceller.



### 1. Gentagelse/blok

#### Bemærk

- Det kan være nødvendigt at placere værn omkring blokkene. Desuden er det vigtigt, at undgå parcelombytninger i forsøgsbehandlingerne.

## Alpha design

Alpha design betegnes også som ufuldstændigt blokforsøg. Forsøget inddeles i helblokke svarende til et fuldstændigt blokforsøg, og dernæst inddeles helblokkene i miniblokke, og dermed er arealet alt andet lige mere ensartet. Alle led forekommer ikke i alle miniblokke - deraf betegnelsen ufuldstændige blokforsøg. Der kan ikke placeres den samme kombination af led i 2 miniblokke. Antallet af led pr. miniblok afhænger af det samlede antal led. I PC-Markforsøg foreslås det optimale antal led, men hvis forsøgsarealet er meget ensartet kan antallet øges, og tilsvarende reduceres, hvis arealet er uensartet. Der bør dog minimum være 6 led pr. miniblok.

Alpha design er især aktuelt i forsøg med mange led (mere end 12) eller hvor arealet er uensartet.

### Bemærk

- Det er afgørende, at forsøget anlægges nøjagtigt som randomiseringen viser, og at der ikke sker parcelombytninger. Vær derfor meget omhyggelig med forsøgsbehandlingerne. Kontakt Teknologisk Institut, hvis der sker fejl.
- Det er okay at knække gentagelser, men IKKE miniblokke
- Ved høst, skal det tilstræbes, at høste parcellerne i den enkelte miniblok samlet, især ved eventuel afbrydelse af høsten.

	Gentagelse 1	Gentagelse 2	Gentagelse 3	Gentagelse 4
	Led	Led	Led	Led
Blok 1	11	4	2	9
	12	8	6	12
	1	11	7	1
	10	12	4	7
	3	1	11	4
	9	7	9	5
Blok 2	5	2	5	2
	2	5	8	10
	4	10	3	3
	8	6	10	8
	6	3	12	6
	7	9	1	11

## Latinized alpha-design

Dette design er stort set ligesom almindeligt alpha-design, men her forekommer hvert led så vidt muligt kun én gang i samme miniblok i alle gentagelser, og dette bliver først aktuelt i forsøg med mange led, hvor der inddeles i flere end to miniblokke. Latinized alpha-design bruges primært i majssortsforsøg.

	Gentagelse 2	Gentagelse 3	Gentagelse 4	Gentagelse 5
	Led	Led	Led	Led
Mini-blok 1	19	106	77	84
	51	75	89	74
	62	104	<b>10</b>	82
	67	45	78	85
	54	3	22	35
	23	31	110	15
	80	59	102	46
	21	20	106	65
	17	108	21	101
	52	29	63	20
Mini-blok 2	87	70	42	86
	44	<b>10</b>	28	18
	109	55	76	7
	79	15	8	68
	22	56	9	51
	25	40	45	81
	48	73	66	57
	41	9	103	91
	101	11	94	75
	2	105	67	40

Udsnit af latinized alpha-design.

## Romerkvadratforsøg

I romerkvadratforsøg er antallet af gentagelser lig med antallet af led, og forsøgsbehandlingerne placeres således, at de netop forekommer én gang i hver kolonne og række. Romerkvadratforsøg anvendes normalt i forsøg med rækkeafgrøder, f.eks. kartofler.

### Bemærk

Det er vigtigt at undgå parcelombytninger i forsøgsbehandlingerne.

1	4	2	5	3
2	5	3	1	4
3	1	4	2	5
4	2	5	3	1
5	3	1	4	2