

Bilag 14. Verifikation

GEUS: Ole Stig Jacobsen, Per Rosenberg

Med henblik på at afprøve gyldigheden af den karakterisering af sandjordes følsomhed overfor udvaskning af pesticid, som projektræsultaterne indebærer, er der indsamlet uafhængig dokumentation på fire marker. Markerne er valgt så de ligger geografisk spredt og repræsenterer forskellige klimatiske forhold: Fladerne bæk (Karup hedeslette), Hellevad (Tinglev hedeslette), Nørager Mark (Djursland) og Poulstrup (Himmerland), figur 14.1. Der er normal landbrugs-mæssige driftsforhold på markerne og en dokumenteret sprøjtehistorie over mindst 5 år. På alle markerne er der under 3 meter til grundvandet, svarende til knapt et års nedsvivningsdybde.

Yderligere har markerne ringe topografi og der er ingen større vandindvindinger i nærheden. Markerne er på 3-5 ha og har en udstrækning på mindst 100 meter i grundvandets strømningsretning. Indenfor disse marker er profilerne/boringerne arrangeret i linier (boringlinier) på tværs af grundvandets strømningsretning, figur 14.2.

De indsamlede data omfatter bl.a. registrering af udbringningen af pesticid, udvaskningen til det øverste grundvand forskellige steder på marken (nedstrøms i forhold til udbringningen) og jordprofilernes sammensætning indenfor marken.

De indsamlede oplysninger er behandlet på samme måde som beskrevet i bilag 3B (Variabilitet), hvortil der henvises. Fremgangsmåden indebærer at afprøvningsmarkerne følsomhed overfor udvaskning af pesticid er blevet tolket på baggrund af indholdet af humus, og ler og silt i den øverste meter af jordprofilen, hvorefter markerne er indplaceret i den opstillede skala af følsomhed, kapitel 4.9, figur 32. De tolkede følsomheder er derefter sammenlignet med de aktuelle udvaskninger for markerne, og det vurderes, hvorvidt forskellene i målt udvaskning på markerne svarer til markerne relative indplacering på skalaen for følsomhed, figur 14.3.

Til verifikationen er der knyttet de samme forbehold og bemærkninger som til den lignende databehandling i bilag 3B, men med følgende bemærkninger. I verifikationsundersøgelsen er også C-horisontens egenskaber inddraget og de aktuelle mægtigheder af horisonterne anvendt. Dette indebærer at summationen af humus, ler og silt er foretaget ud fra aktuelt målte værdier i horisonterne, ligesom tykkelserne af horisonterne er målt i det pågældende borehul. Volumenvægten er baseret på gennemsnitsbetragtningerne.

Der er kun 10 datapunkter på verifikationsmarkerne, hvilket gør approximationen ved Delaunay triangulation mindre sikker.

For hver af de fire verifikationsmarker er der beregnet spredninger for indhold af humus, ler og silt, og relativ udvaskning (på den skala som er etableret for kvadratnetprofilene). Disse beregninger er udført for de enkelte boringlinier og for hver af markerne som helhed. Herudover er de samme data vist på Delaunay triangulerede kort for at muliggøre en geografisk sammenligning af fordelingen.

Supplerende tabeller og alle figurer er samlet efter teksten. For hver mark er der systematisk vist det samme sæt af figurer:

- variationen i humusindhold, x/y,
 - variationen i ler og siltindhold, x/y,
 - variationen i beregnet udvaskning, x/y,
 - humuskort,
 - ler- og siltkort,
 - kort over beregnet udvaskning,
-
- ◆ Fladerne bæk, figurerne 14.4 – 14.10
 - ◆ Hellevad, figurerne figurerne 14.11 – 14.17
 - ◆ Nørager mark figurerne 14.18 – 14.24
 - ◆ Poulstrup figurerne 14.25 – 14.31

Tabel 14.1. Pesticidpåvisninger for verifikationsmarkerne

	Fladerne		Hellevad		Nørager mark		Poulstrup	
	fund	Max conc	fund	Max conc	fund	Max conc	fund	Max conc
Mechlorprop	1	0,013	1	0,017	0	0	1	0,043
MCPA	0	0	2	0,12	0	0	0	0
Dichlorprop	0	0	0	0	0	0	0	0
2,4-D	0	0	0	0	0	0	0	0
DNOC	0	0	0	0	0	0	0	0
Simazin	0	0	0	0	0	0	0	0
Atrazin	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinoseb	0	0	0	0	0	0	0	0
Dichlobenil	0	0	0	0	0	0	0	0
4-Chlorprop	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicamba	1	0,015	0	0	0	0	0	0
2,6-Dichlorprop	0	0	0	0	0	0	0	0
Methabenzthiazuron	0	0	6	6,2	0	0	0	0
Desisopropylatrazin	1	0,017	0	0	0	0	0	0
Desethylatrazin	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroxyatrazin	1	0,065	3	0,033	0	0	0	0
Hydroxy-terbutylazin	0	0	1	0,022	9	0,11	0	0
Terbutylazin	1	0,018	1	0,011	13	0,39	1	0,014
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	1	0,06	0	0	0	0	0	0
2,4,5-T	0	0	0	0	0	0	0	0
Propyzamid	2	0,033	1	0,022	3	0,05	0	0
Trifluralin	0	0	0	0	0	0	0	0
Bentazon	15	0,36	4	0,046	5	0,053	0	0
Isoproturon	0	0	0	0	0	0	7	0,14
Linuron	0	0	0	0	0	0	0	0
Pendimethalin	1	0,012	0	0	0	0	0	0
Diuron	4	0,051	1	0,044	0	0	1	0,011
Metamitron	0	0	0	0	2	0,02	1	0,068
Chloridazon	0	0	0	0	2	0,032	1	0,017
Hexazinon	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyanazin	4	0,044	7	0,17	5	0,33	7	1,2
Dimethoat	0	0	0	0	0	0	0	0
Bromoxynil	0	0	0	0	1	0,03	4	0,07
Carbofuran	0	0	6	0,25	2	0,02	0	0
Chlorsulfuron	0	0	0	0	0	0	0	0
Desethylterbutylazin	0	0	1	0,021	6	0,45	0	0
Ethofumesat	8	0,023	0	0	0	0	0	0
Fenpropiomorph	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroxycarbofuran	2	0,019	0	0	1	0,019	1	0,048
Hydroxysimazin	13	0,061	0	0	0	0	0	0
Toxynil	0	0	0	0	0	0	1	0,014
Lenacil	0	0	2	0,15	0	0	1	0,011
Metsulfuron methyl	2	0,07	0	0	0	0	0	0
Metribuzin	19	23	1	0,013	0	0	0	0
Pirimicarb	1	0,017	0	0	0	0	2	0,038
Propiconazol	0	0	0	0	0	0	0	0
4-chlor-2-methylphenol	0	0	0	0	0	0	0	0
2,4-dichlorphenol	0	0	0	0	0	0	0	0
Pentachlorphenol	0	0	0	0	1	0,011	0	0

Resultater

Pesticidfundene på de fire marker er vist i tabel 14.1. Baseret på antallet af fund er Fladerne bæk den mest sårbare med 77 fund og gennemsnitsværdier omkring 0.5 mikrogram pr. liter. Hellevad har en noget lavere middeltkoncentration for udvaskning, mens Nørager Mark har en relativt lav udvasket koncentration (om end antallet af påvisninger er relativt stort). Poulstrup ligger både antals- og koncentrationsmæssigt meget lavt i påvisninger, tabel 2.

Tabel 14.2. *Sammendrag af pesticid fund på de fire demonstrationsmarker*

	Fladerne bæk	Hellevad	Nørager Mark	Poulstrup
Total fund	77	37	50	28
Fund pr. boring	11,0	7,4	12,5	9,3
Max. Conc.	23	6,2	0,45	1,2
gennemsnits conc.	0,49	0,15	0,03	0,03

Dette skal sammenlignes med den korrelerede relative udvaskning, baseret på jordens egenskaber og den foreslåede metode til følsomhedsanalyse. Her er Fladerne den mest følsomme mark med gennemsnitlig relativ udvaskning på godt 0.5 og med stor variation (helt op over 0.8). Hellevad har en noget lavere relativ udvaskning på ca. 0.4 og med maksimal værdier omkring 0.7. Den laveste korrelerede udvaskning findes på Nørager der ligger på ca. 0.04 og med en meget lav variation, mens Poulstrup ligger lidt højere på ca. 0.15 og udviser en højere variation, figurerne 14.8, 14.15, 14.22 og 14.29.

Ved sammenligning af fundopgørelsen og udvaskningsberegningen fremgår det at Fladerne ud fra begge betragtningsmåder er den mest følsomme mark. Fladerne har en gennemsnitlig korreleret udvaskning på godt 0.5. Den er altså intermedært følsom i forhold til hovedprojektets profiler og kvadratnetprofilerne, men relativt mere følsom end de øvrige verifikationsmarker. Fladerne er karakteriseret af et generelt lavt og forholdsvis ensartet fordelt humusindhold og et meget lavt og ensartet fordelt ler og silt indhold.

Udvaskningskortet viser at der især er to positioner hvor udvaskningen, beregnet på grundlag af jordens egenskaber, er relativt stor, figur 14.8. Det er undersøgt om denne variation (to positioner med høj beregnet udvaskning) indenfor Fladerne marken afspejles i den konkret målte udvaskning i boringsfiltrene nedstrøms for disse to profiler, figur 14.2. Når, imidlertid, grundvandets strømningsretning følges fra de to positioner med relativt høj simuleret udvaskning, passerer skiftevis positioner med relativ stor og lille påvist udvaskning. Det betyder at fordelingen af aktuelt målte koncentrationer af udvaskede pesticider på markerne, antagelig på grund af strømnings- og prøvetagningsmæssige årsager, ikke umiddelbart afspejler følsomheden for den samlede mark, tabel 14.4, og at det samlede udvaskningsbillede må skabes ved en samlet vurdering af hele marken, tabel 14.2.

Markerne er behandlet forskelligt (med pesticid) og er underlagt forskellige klimatiske forhold og behandlingerne af markerne er foregået med forskellige pesticider der har forskellige fysiske og kemiske egenskaber. Da der for alle markerne er lavet et meget bredt analyseprogram, tabel 14.4, med påvisninger af 30 forskellige pesticider, tabel 14.1, anses det for realistisk at vurdere følsomheden baseret på disse aktuelle målinger og gennemsnitligt udvaskede koncentrationer af alle udvaskede pesticider som kan måles i forhold til de korrelerede relative udvaskninger.

På markerne som helhed, med forbehold for forskellig behandling og forskellig klimatiske forhold, vurderes den korrelerede relative udvaskning realistisk: Fladerne er den mest følsomme, her foregår også den største udvaskning, efterfulgt af Hellevad med den næst højste udvaskning. Poulstrup og Nørager er begge særdeles godt beskyttede af højt indhold af både humus, og ler og silt. Ingen af verifikationsmarkerne udgør særligt følsomme arealer.

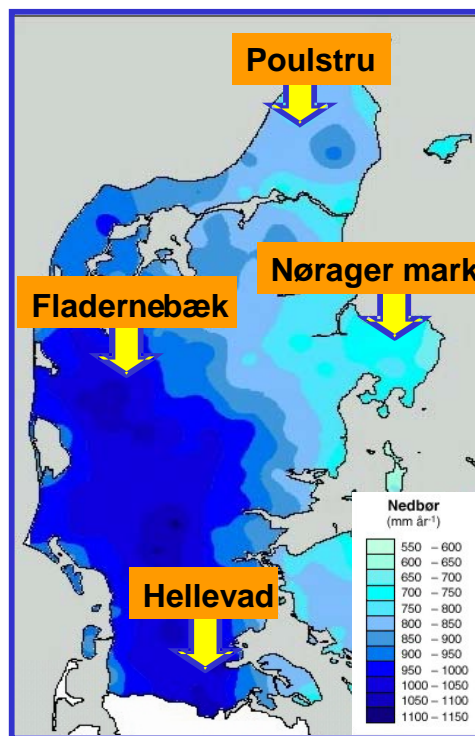
Det kan i udgangspunktet ikke udelukkes at forskellen mellem verifikationsmarkernes beregnede følsomheder skyldes forskelle i nedbør (nettonedbør):

- Hellevad 600 mm/år
- Falderne bæk 500 mm/år
- Poulstrup 400 mm/år
- Nørager mark 300 mm/år

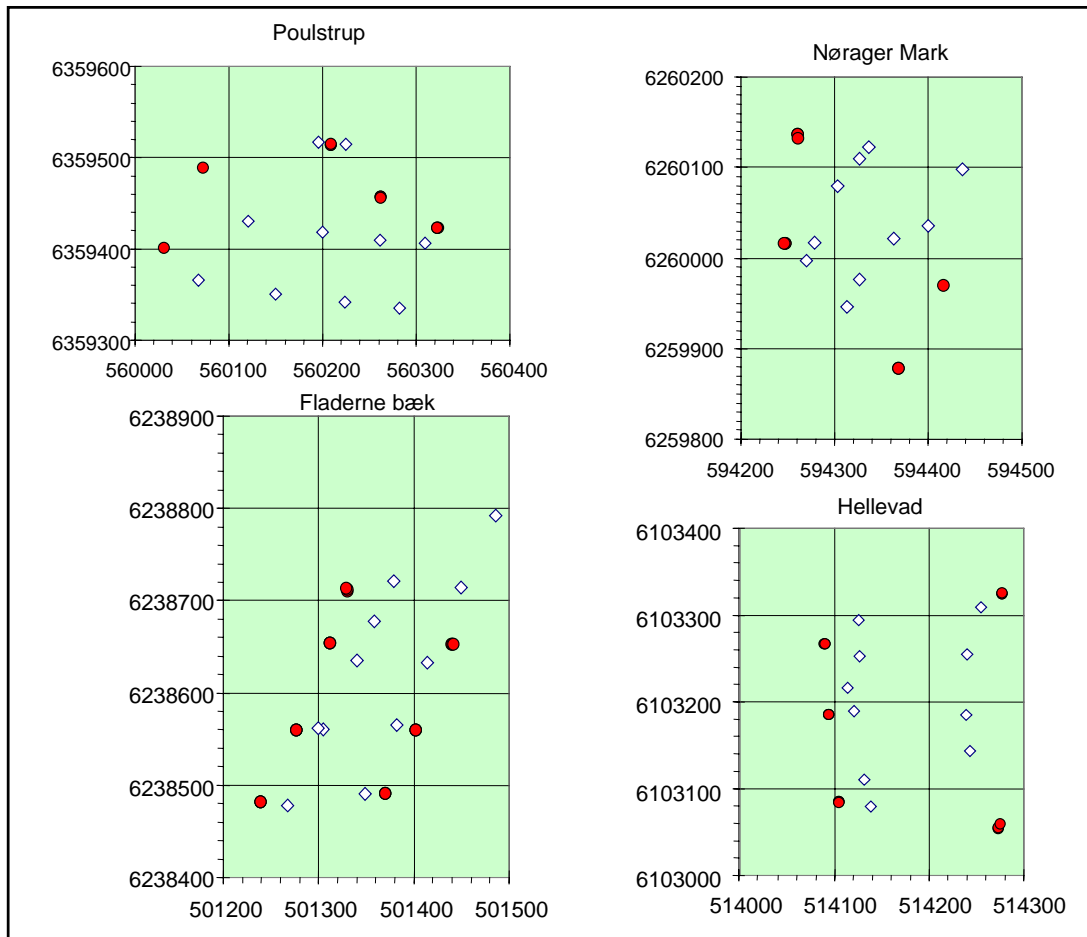
Som det fremgår af ovenstående liste er rækkefølgen af verifikationsmarker efter nettonedbør forskellig fra rækkefølgen efter udvaskning, selv om markerne repræsenterer trin på en skala fra lav til høj nettonedbør. Det vurderes derfor at det ikke er nettonedbøren der overordnet afgør rækkefølgen af marker i udvaskningsrækkefølgen. Denne vurdering er i overensstemmelse med resultaterne af simuleringerne i bilag 9, figur 9.8, som peger på at forskelle i nettonedbør i reglen har underordnet betydning.

Uden mulighed for opstilling af en detaljeret lokal sammenhæng, mellem påvist og beregnet udvaskning/følsomhed, er følsomheden (forudsagt gennem korrelation) således, som nævnt ovenfor, verificeret på grundlag af generelle forskelle mellem de fire verifikationsmarker. På grundlag af overensstemmelsen i denne sammenligning mellem udvaskningen på markerne, og indplacering i forhold til den beregnede relative udvaskning for kvadratnetsprofilerne, figur 14.3, vurderes den foreslåede metode til vurdering og klassifikation af følsomhed at være verificeret på et realistisk niveau.

Figurer til bilag 14.

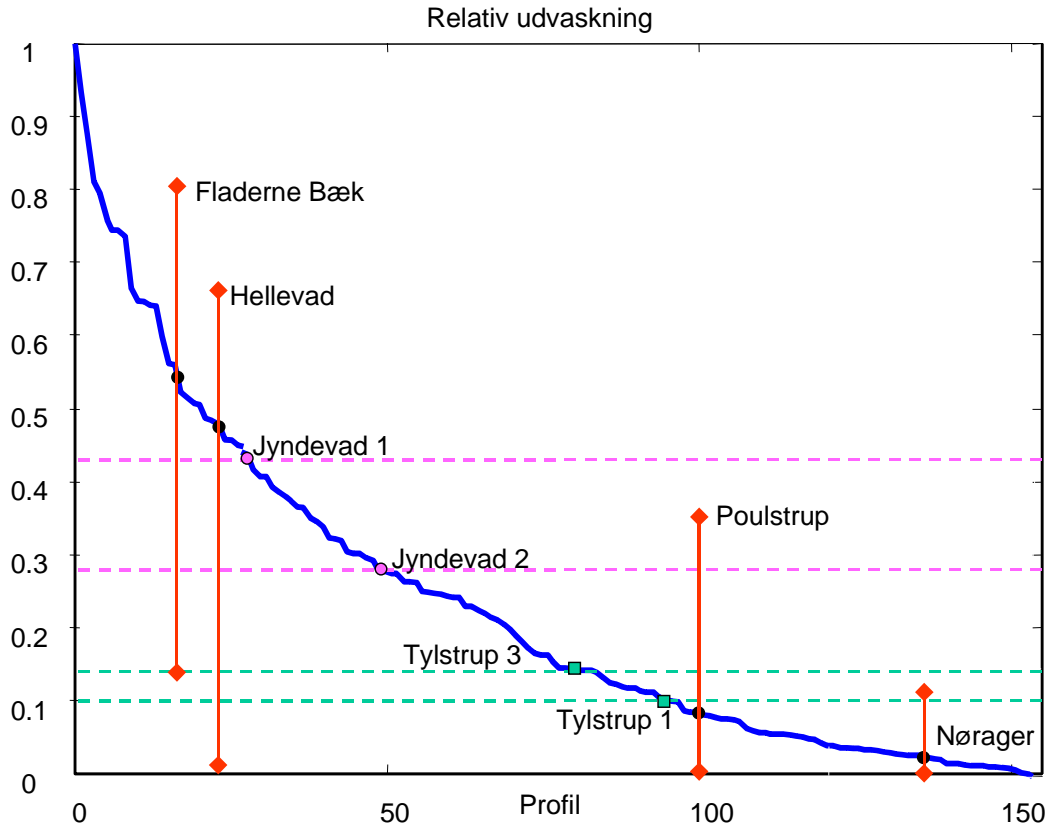


Figur 14.1. De fire verifikationsmarkers placering og gennemsnitsnedbøren

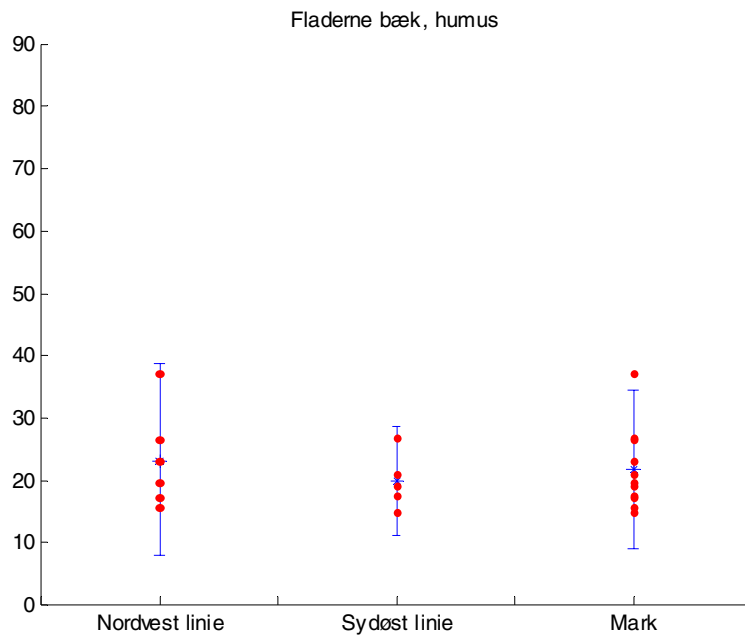


Figur 14.2. Placeringen af prøvetagningsfiltre i borer (røde) og jordkarakteriseringsprofiler (hvide). På de fire verifikationsmarker.

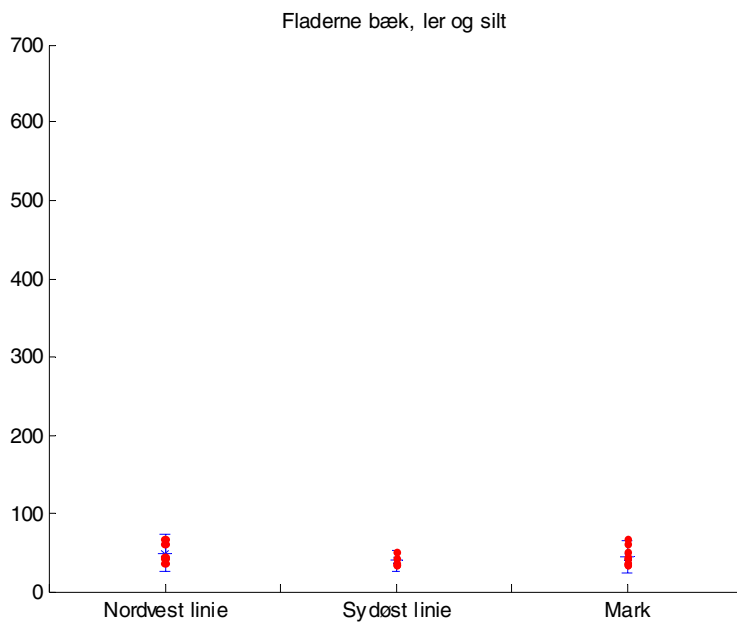
Grundvandets strømningsretning er angivet på figurerne 14.10, 14.17, 14.24 og 14.31.



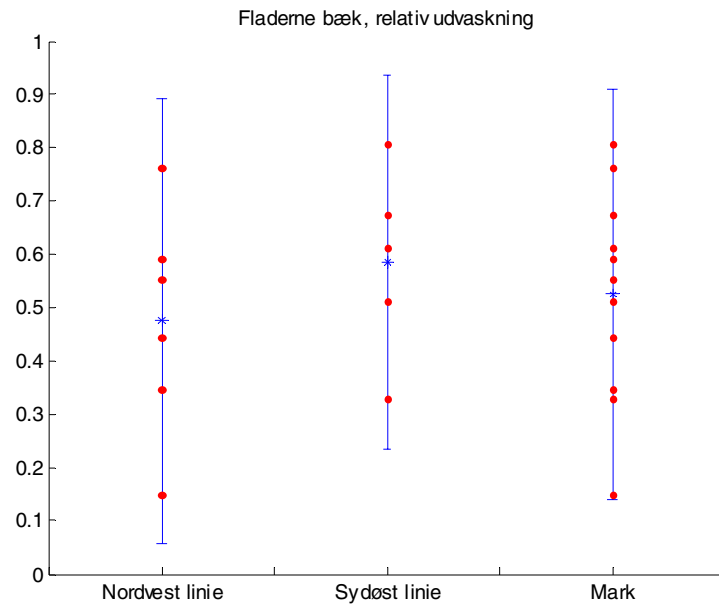
Figur 14.3. Angivelser af medianværdi og variationsbredde (lodrette streger) for korrelerede udvaskninger for verifikationsmarkerne, samt de specifikt korrelerede udvaskninger for de to profiler i hver af Varslingssystemet for Pesticiders sandjordsmarker (Jyndevad og Tylstrup, punktværdier på kurven hvor den skæres af de stiplede linier). Disse værdier er sat i forhold til den simulerede relative udvaskning af MTB i kvadratnetsprofilerne (blå kurve).



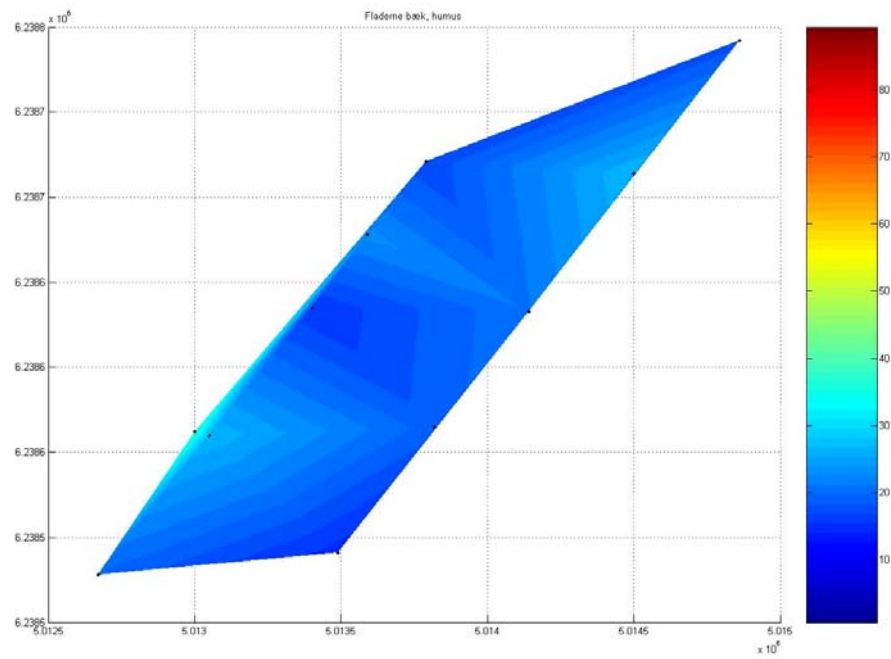
Figur 14.4. Fladerne bæk. Spredningen i humusindhold i de to profillinier og for marken som helhed.



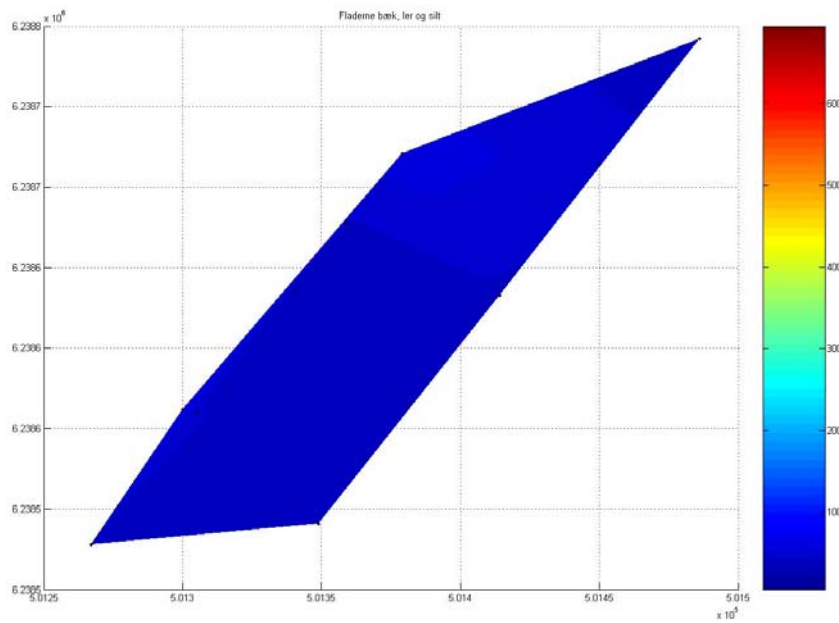
Figur 14.5. Fladerne bæk. Spredningen i ler- og siltindhold i de to profillinier og for marken som helhed.



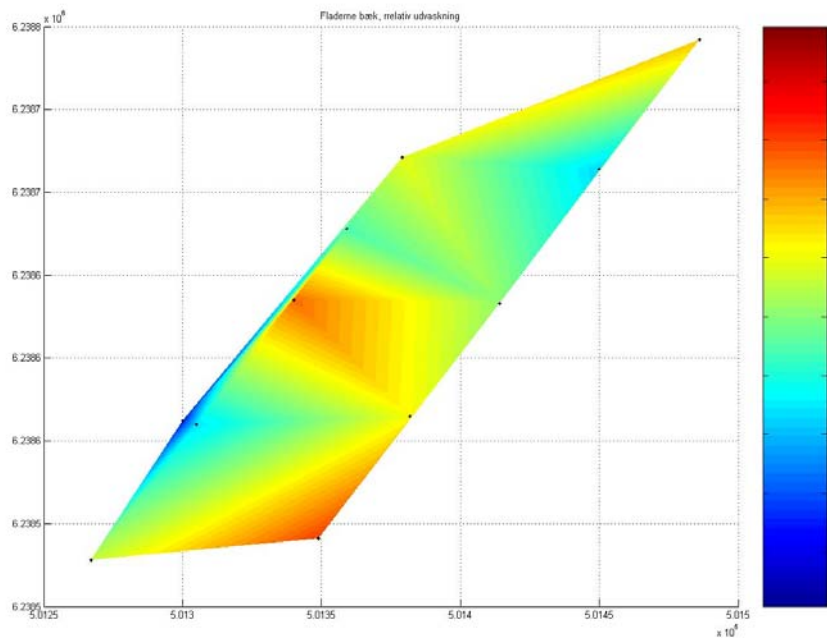
Figur 14.6. Fladerne bæk. Spredningen i korreleret udvaskning i de to profillinier og for marken som helhed.



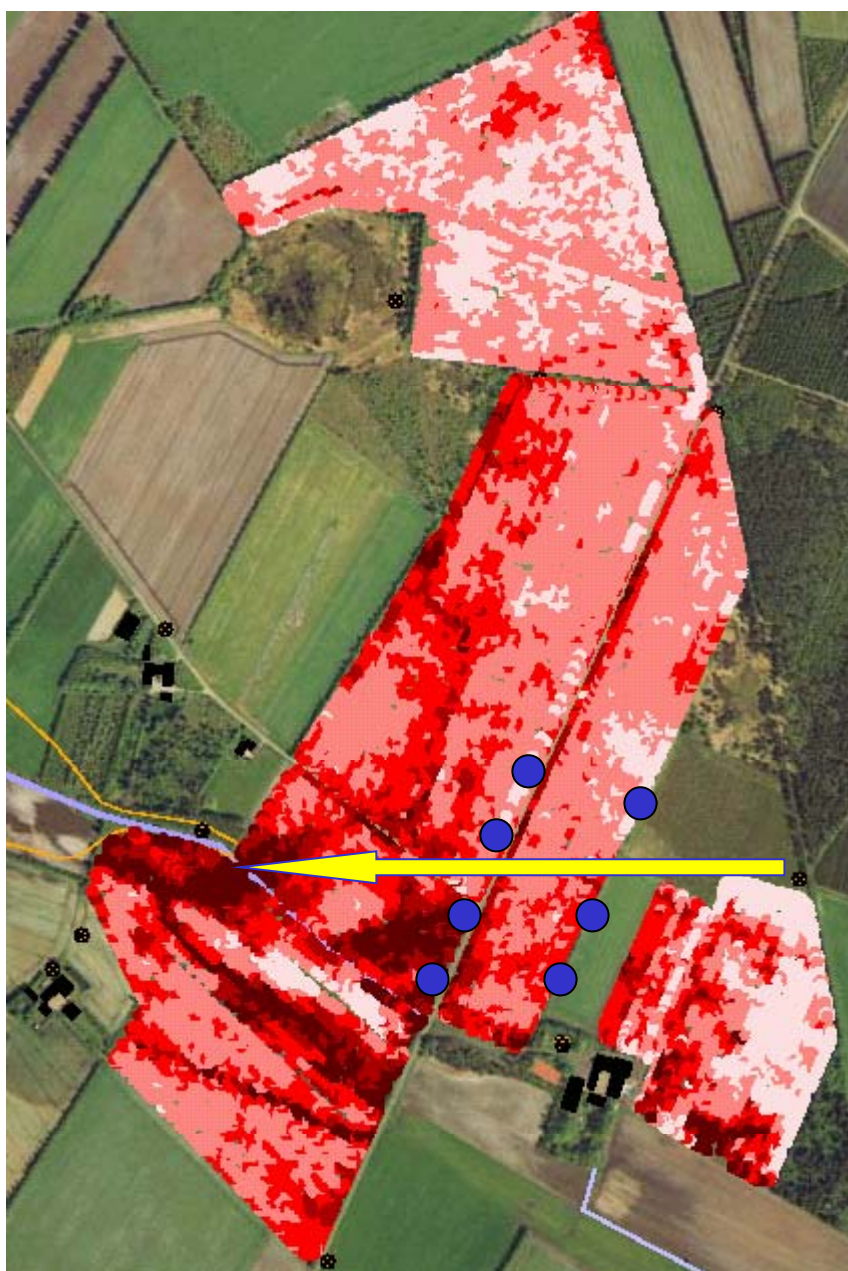
Figur 14.7. Fladerne bæk. Geografisk fordeling af humusindholdet på verifikationsmarken.



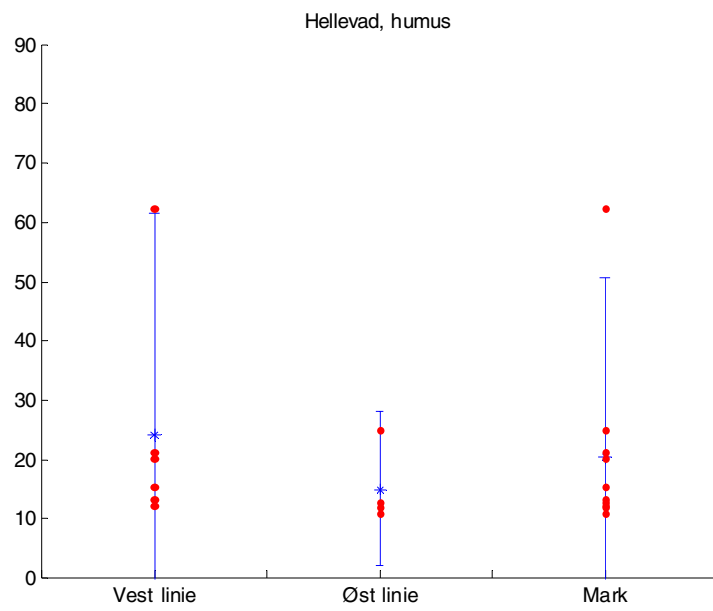
Figur 14.8. Fladerne bæk. Geografisk fordeling af ler- og siltindholdet på verifikationsmarken.



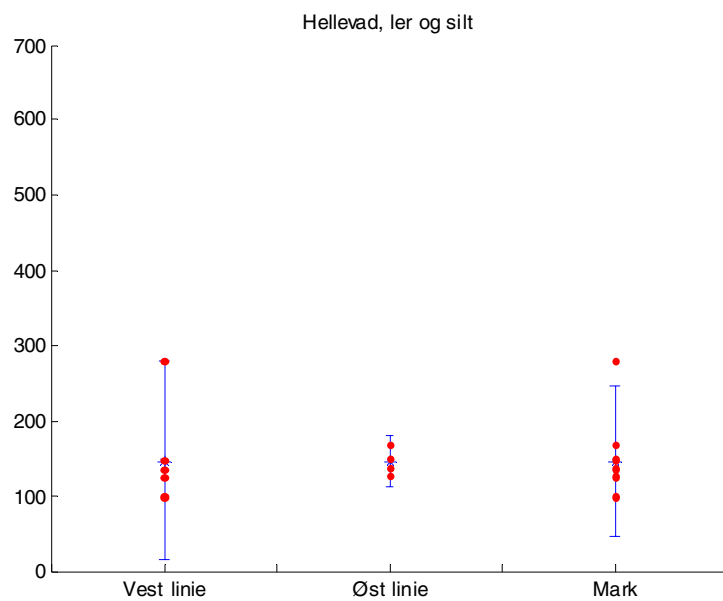
Figur 14.9. Fladerne bæk. Geografisk fordeling af korreleret relativ udvaskning på verifikationsmarken.



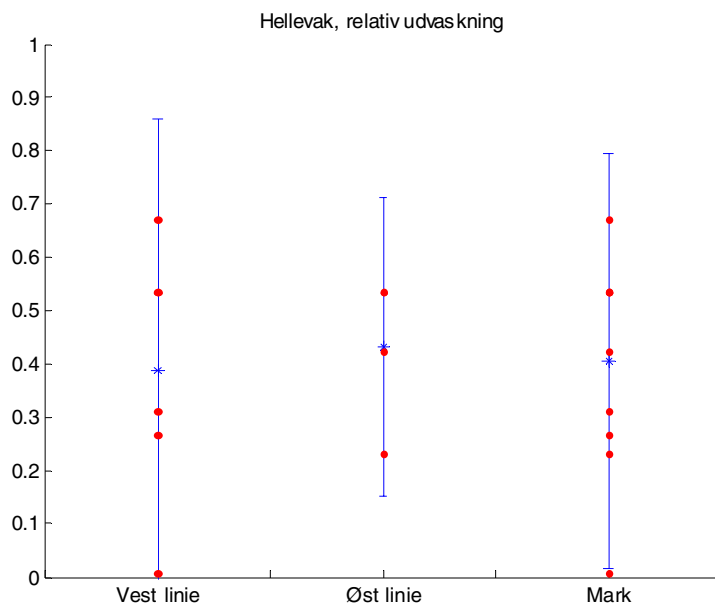
Figur 14.10. Fladerne bæk. EM38 målinger, boringernes placeringer og grundvandets strømningretning.



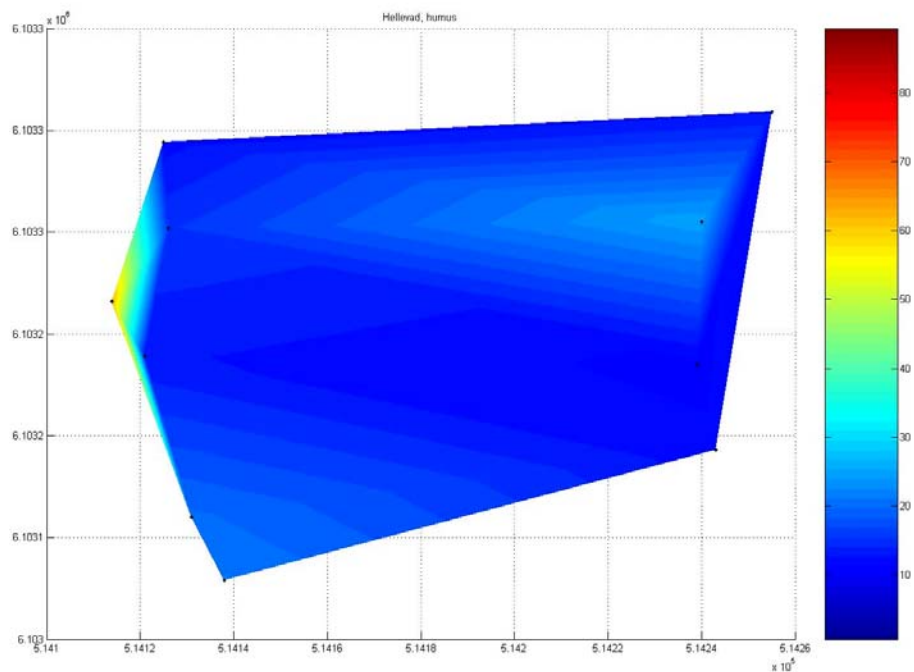
Figur 14.11. Hellevad. Spredningen i humusindhold i de to profillinier og for marken som helhed.



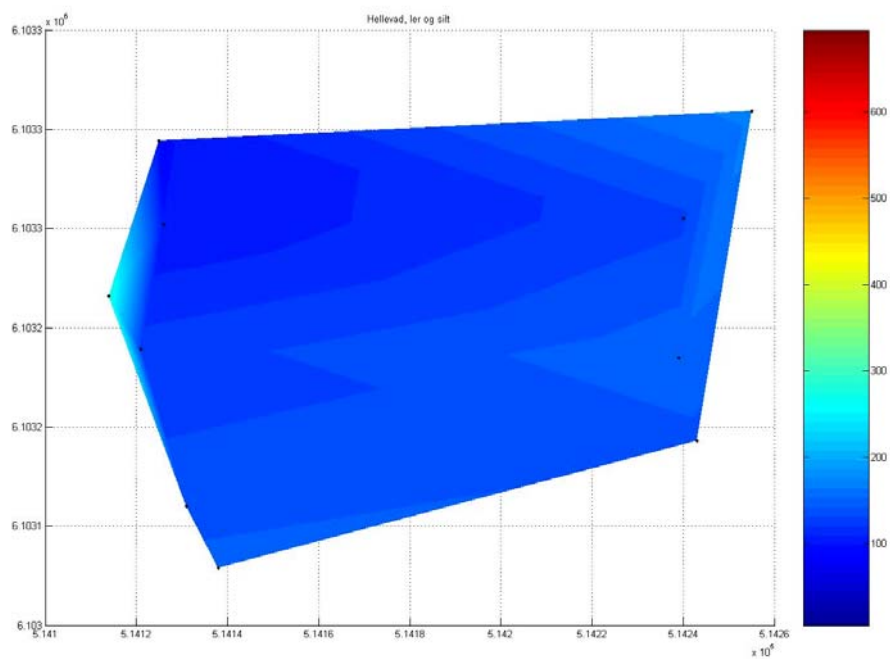
Figur 14.12. Hellevad. Spredningen i ler- og siltindhold i de to profillinier og for marken som helhed.



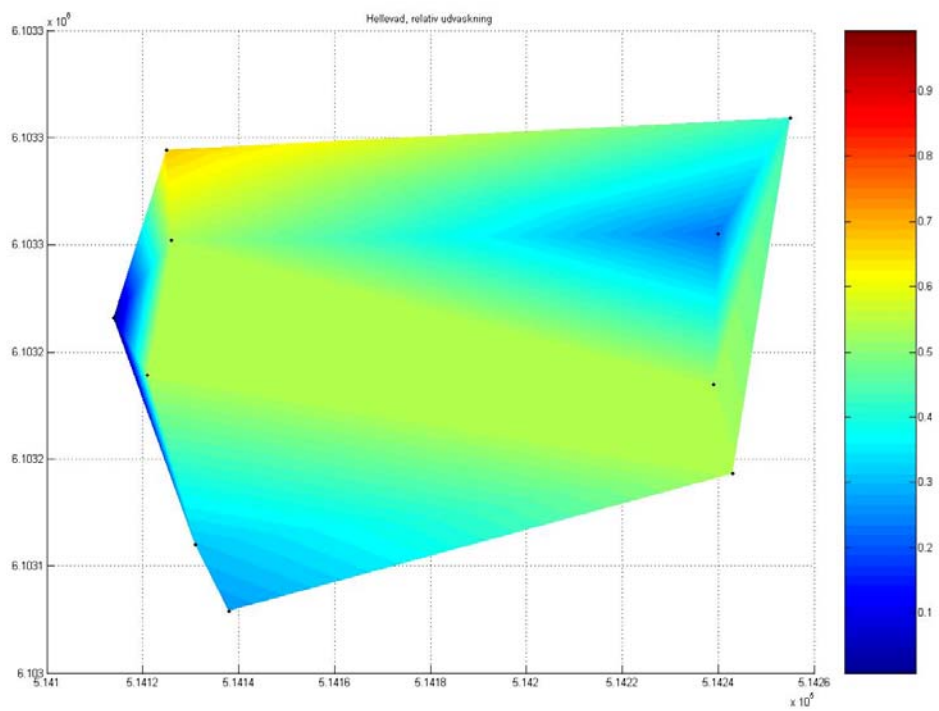
Figur 14.13. Hellevad. Spredningen i korreleret udvaskning i de to profilinier og for marken som helhed.



Figur 14.14. Hellevad. Geografisk fordeling af humusindholdet på verifikationsmarken.



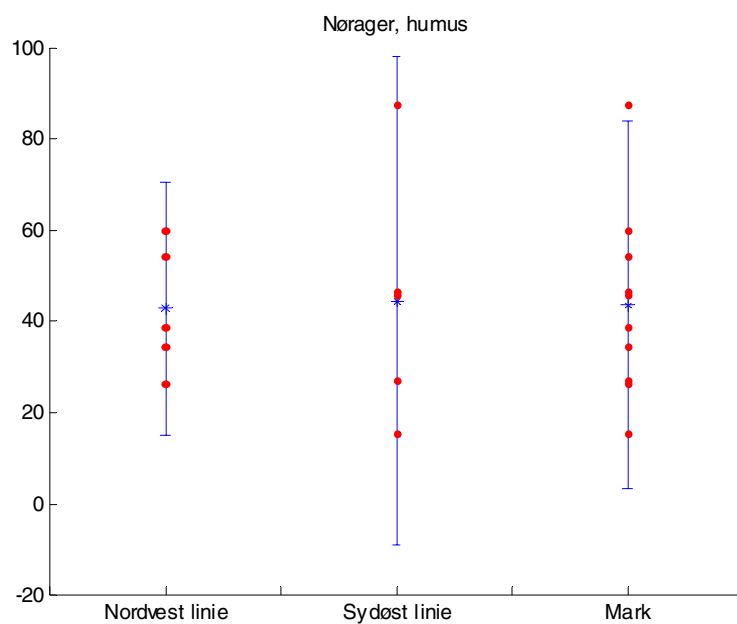
Figur 14.15. Hellevad. Geografisk fordeling af ler- og siltindholdet på verifikationsmarken.



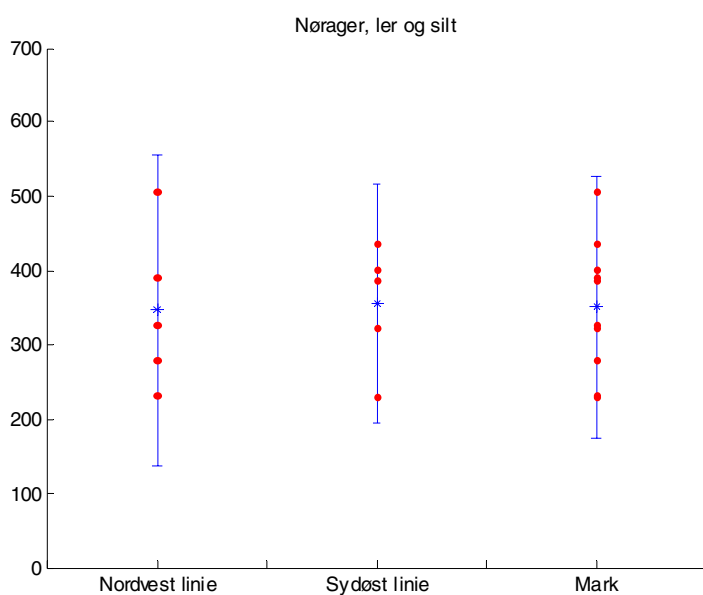
Figur 14.16. Hellevad. Geografisk fordeling af korreleret relativ udvaskning på verifikationsmarken.



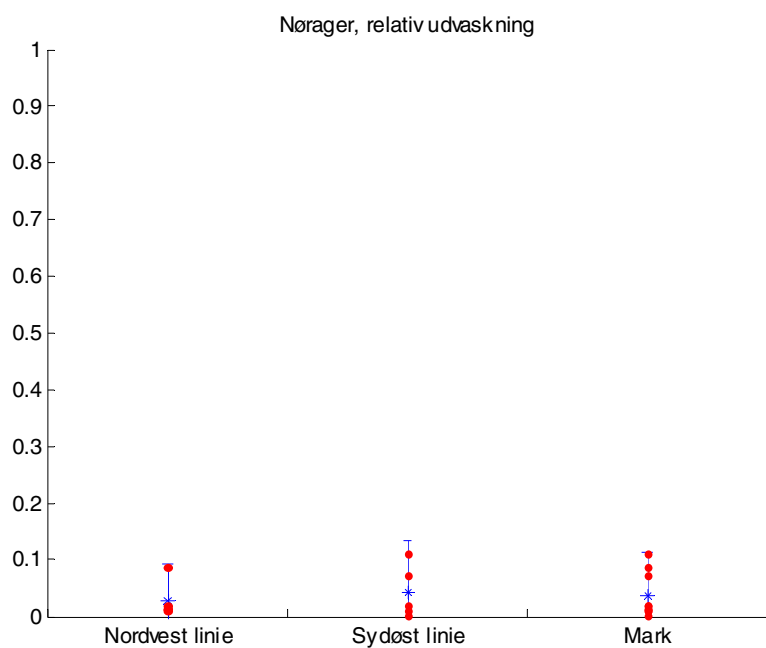
Figur 14.17. Hellevad. EM38 målinger, boringernes placeringer og grundvandets strømningensretning.



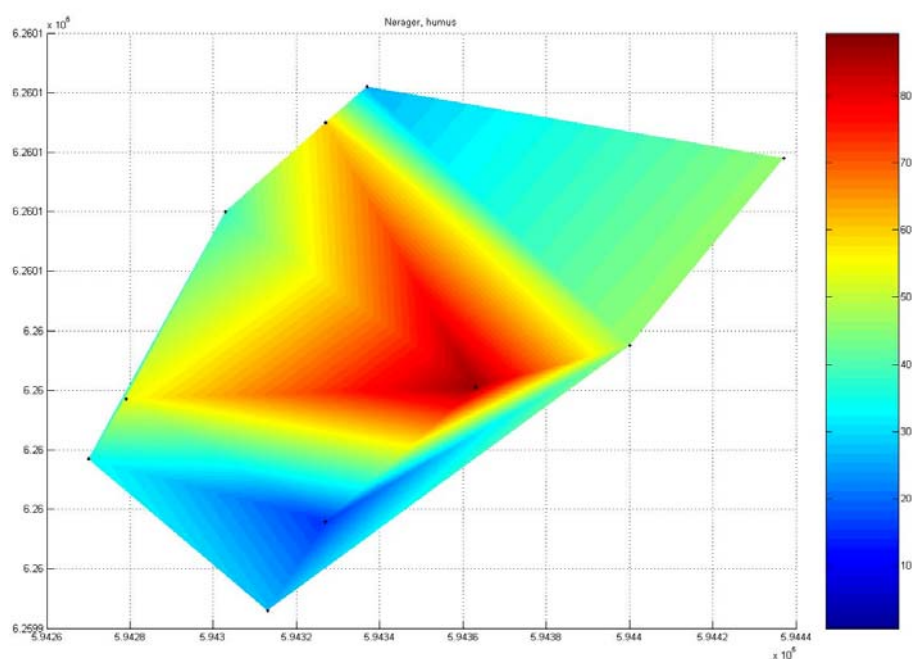
Figur 14.18. Nørager mark. Spredningen i humusindhold i de to profillinier og for marken som helhed.



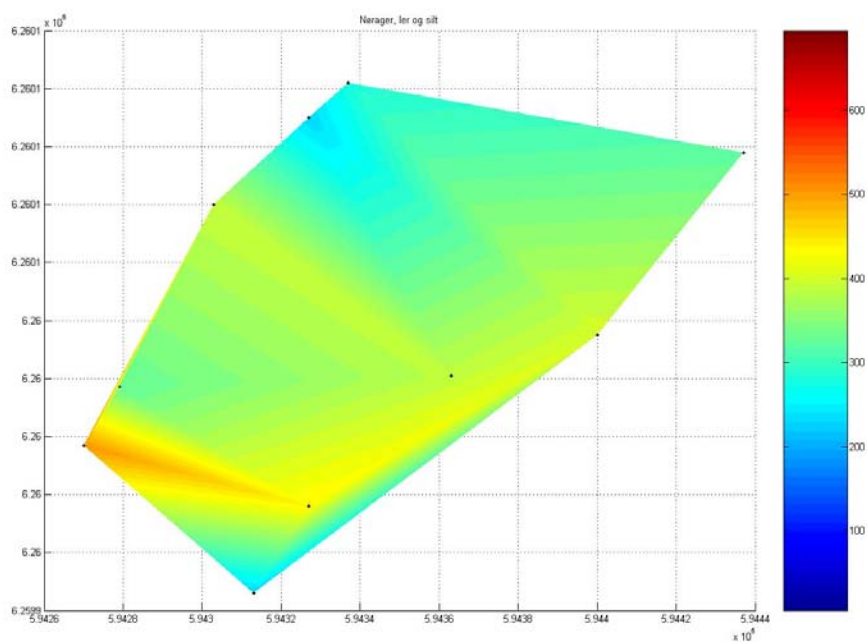
Figur 14.19. Nørager mark. Spredningen i ler- og siltindhold i de to profillinier og for marken som helhed.



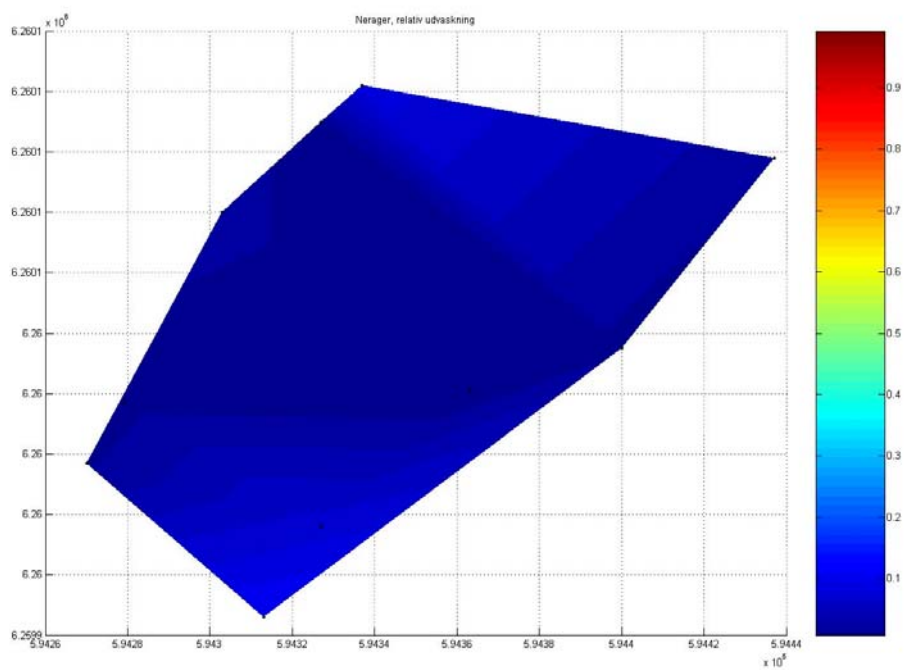
Figur 14.20. Nørager mark. Spredningen i korreleret udvaskning i de to profillinier og for marken som helhed.



Figur 14.21. Nørager mark. Geografisk fordeling af humusindholdet på verifikationsmarken.



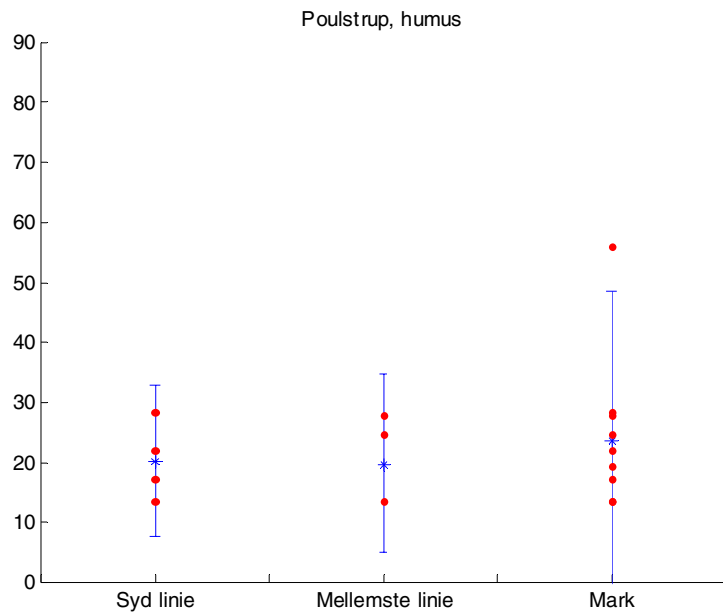
Figur 14.22. Nørager mark. Geografisk fordeling af ler- og siltindholdet på verifikationsmarken.



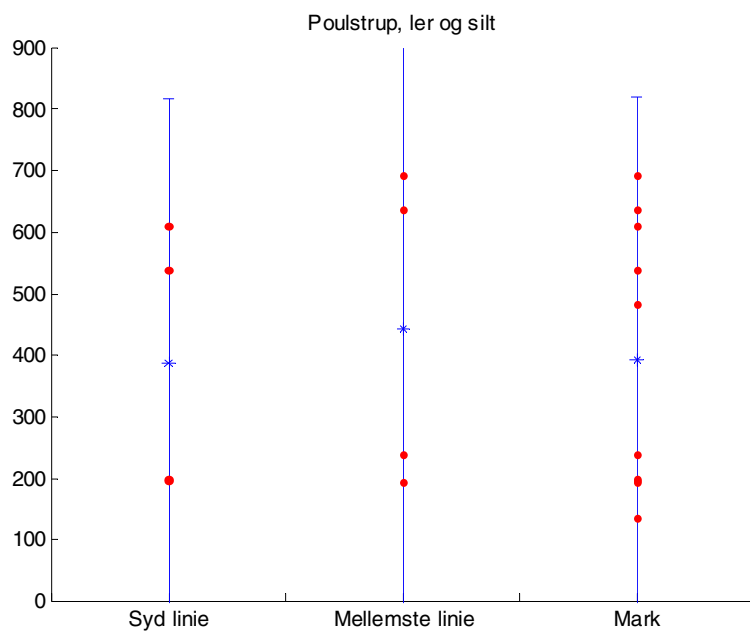
Figur 14.23. Nørager mark. Geografisk fordeling af korreleret relativ udvaskning på verifikationsmarken.



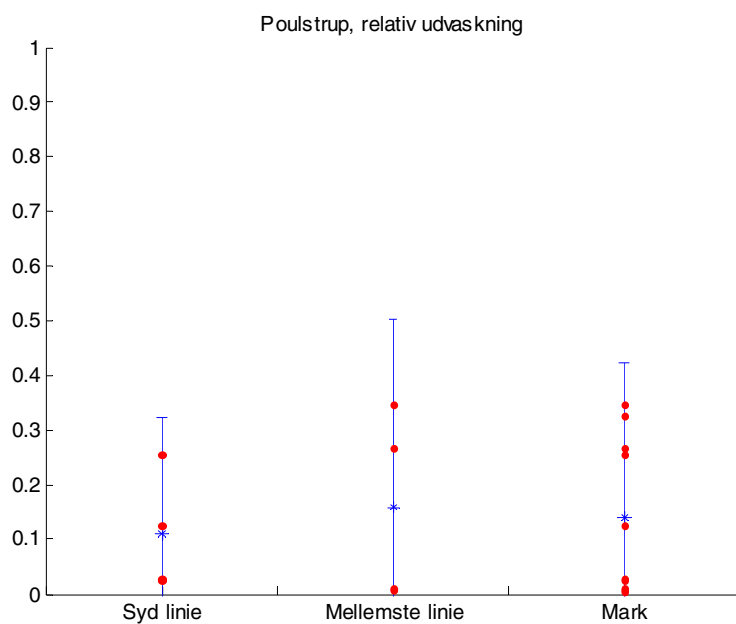
Figur 14.24. Nørager mark. EM38 målinger, boringernes placeringer og grundvandets strømning. retning.



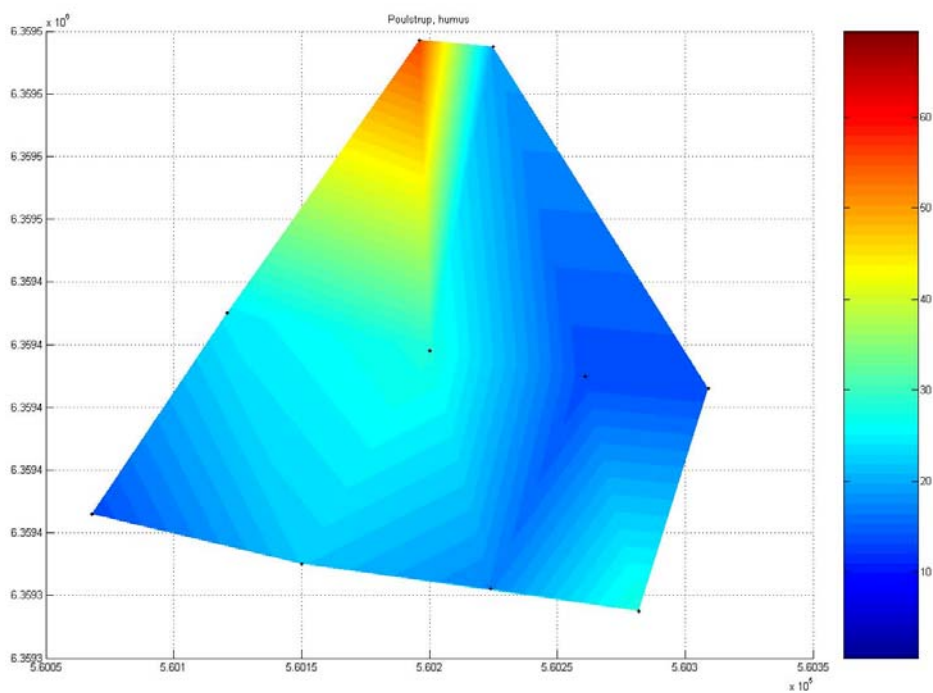
Figur 14.25. Poulstrup. Spredningen i humusindhold i de to profillinier og for marken som helhed.



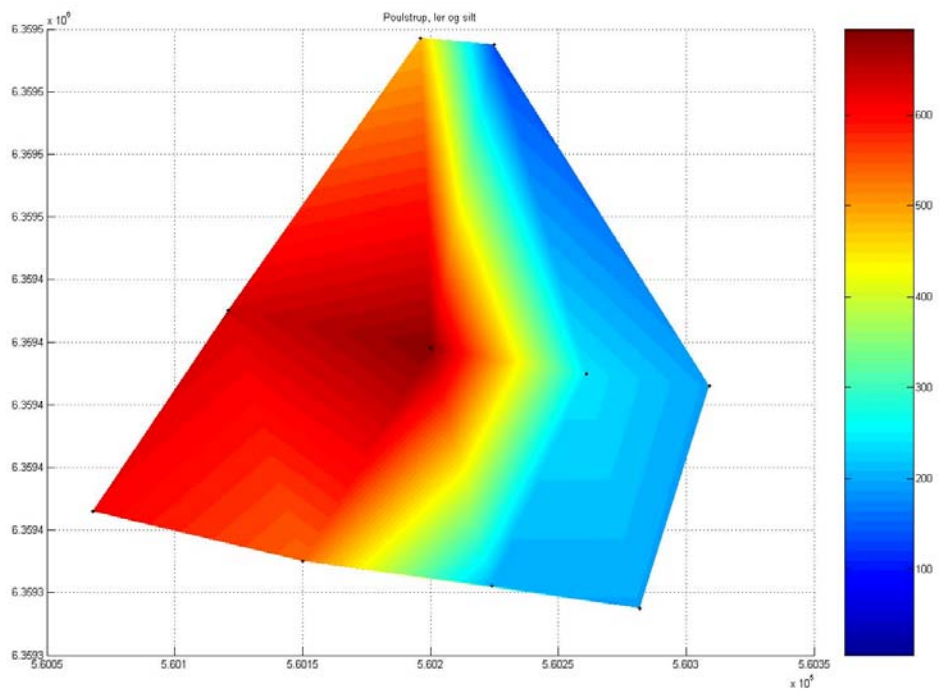
Figur 14.26. Poulstrup. Spredningen i ler- og siltindhold i de to profillinier og for marken som helhed.



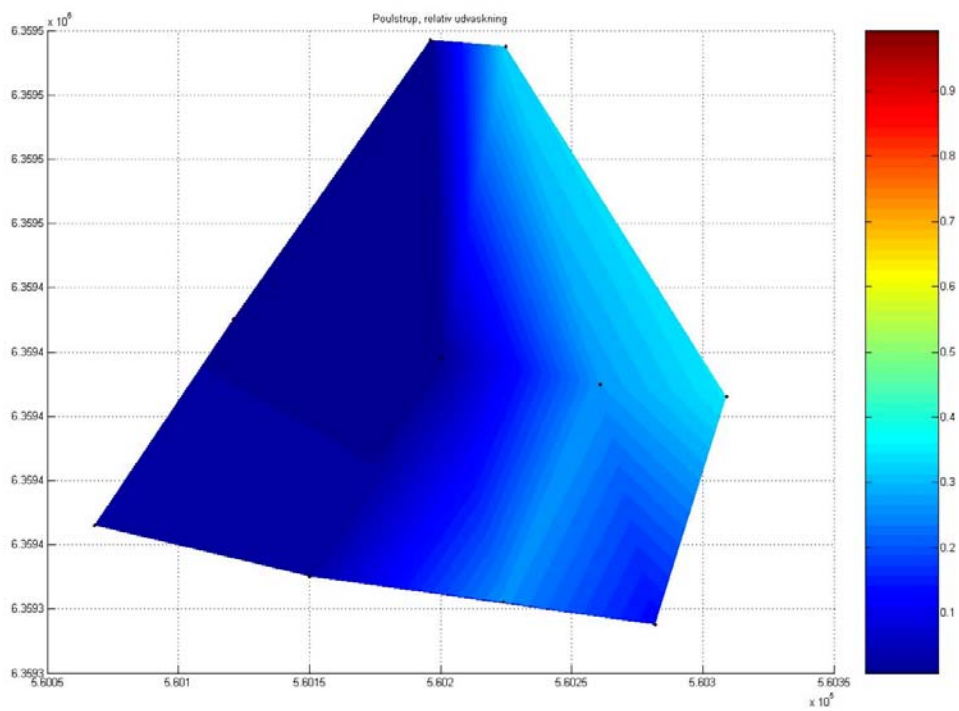
Figur 14.27. Poulstrup. Spredningen i korreleret udvaskning i de to profilinier og for marken som helhed.



Figur 14.28. Poulstrup. Geografisk fordeling af humusindholdet på verifikationsmarken.



Figur 14.29. Poulstrup. Geografisk fordeling af ler- og siltindholdet på verifikationsmar-
ken.



Figur 14.30. Poulstrup. Geografisk fordeling af korreleret relativ udvaskning på verifikationsmarken.



Figur 14.31. Poulstrup. EM38 målinger, boringernes placeringer og grundvandets strømningensretning.

Tabel 14.3. Måleprogram for pesticider på verifikationsmarkerne.

Analyserede stoffer		
2,4,5-T	Dicamba	
2,4-D	Dichlobenil	MCPA
2,4-dichlorphenol	Dichlorprop	Mechlorprop
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	Dimethoat	Metamitron
2,6-Dichlorprop	Dinoseb	Methabenzthiazuron
4-chlor-2-methylphenol	Diuron	Metribuzin
4-Chlorprop	DNOC	Metsulfuron methyl
Atrazin	Ethofumesat	Pendimethalin
Bentazon	Fenpropiomorph	Pentachlorphenol
Bromoxynil	Hexazinon	Pirimicarb
Carbofuran	Hydroxyatrazin	Propiconazol
Chloridazon	Hydroxycarbofuran	Propyzamid
Chlorsulfuron	Hydroxysimazin	Simazin
Cyanazin	Hydroxy-terbutylazin	Terbutylazin
Desethylatrazin	Isoproturon	Toxynil
Desethylterbutylazin	Lenacil	Trifluralin
Desisopropylatrazin	Linuron	

Table 14.4. Anvendte pesticider på verifikationsmarkerne, og angivelse af om der er analyseret for indhold af dem, samt hvorvidt de er fundet ved analysen.

POULSTRUP 1997-2002	NØRAGER MARK 1999-2002
Aktivstoffer	Aktivstoffer
clopyralid	ioxynil+bromoxynil
clopyralid+fluroxypyr+ioxynil	pendimethalin
difenzoquat metilsulfat	propyzamid
fenoxaprop-p-ethyl	prosulfocarp
glyphosat	terbuthylazin
ioxynil+bromoxynil	tribenuron-methyl
Isoproturon	
metsulforon-methyl	
pendimethalin	
propiconazol+fenpropimorf	
prosulfocarp	
tribenuron-methyl	
FLADERNE BÆK 1997-2002	HELLEVAD 1997-2002
Aktivstoffer	Aktivstoffer
aclonifen	azoxystrobin
diquat-dibromid	bentazon
esfenvalerat	cyprodinil+propiconazol
fluazifop-p-butyl	fluroxypyr
fluroxypyr	ioxynil+bromoxynil
glyphosat	Isoproturon
lambda-cyhalothrin	mcpa+bentazon
linuron	metsulforon-methyl
mancozeb	pendimethalin
mcpa+bentazon	propiconazol+
metribuzin	tribenuron-methyl
propiconazol+fenpropimorf	trifluralin
tribenuron-methyl+thifensulfuron-methyl	
Anvendt ikke analyseret	
Anvendt ikke fundet	
Anvendt fundet	

