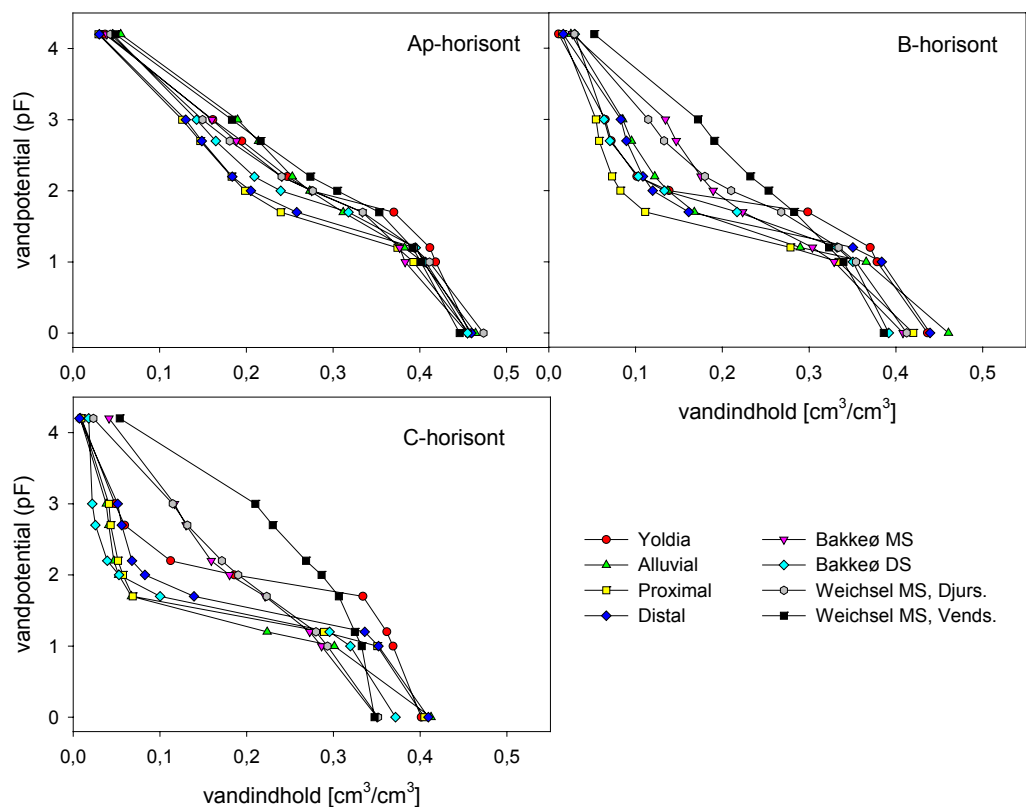


Bilag 5. Hydrauliske parametre - Repræsentativitet – DJF: Ole Hørbye Jacobsen, Bo Vangso Iversen, Christen Børgesen

Hydraulisk ledningsevne

I databaser findes der kun meget begrænsede data vedrørende hydrauliske parametre. Derfor kan man ikke ud fra målingerne i projektet udtale sig direkte om repræsentativiteten. De hydrauliske parametre i Ap-horisonten er i høj grad styret af jordens indhold af organisk stof. I de underliggende horisonter er det i højere grad partikelstørrelsesfordelingen, der er bestemmende. En analyse af repræsentativiteten af tekstur og humusindhold giver derfor et godt fingerpeg om repræsentativiteten af de hydrauliske parametre.

Figur 5.1 viser vandretentionsmålinger for de forskellige landskabselementer målt i Ap-, B- og C-horisonten. Sammenligner man de tre horisonter er der en tydelig tendens til, at jo dybere man kommer ned i profilen desto mere afviger de tre landskabselementer relaterende til Wei-

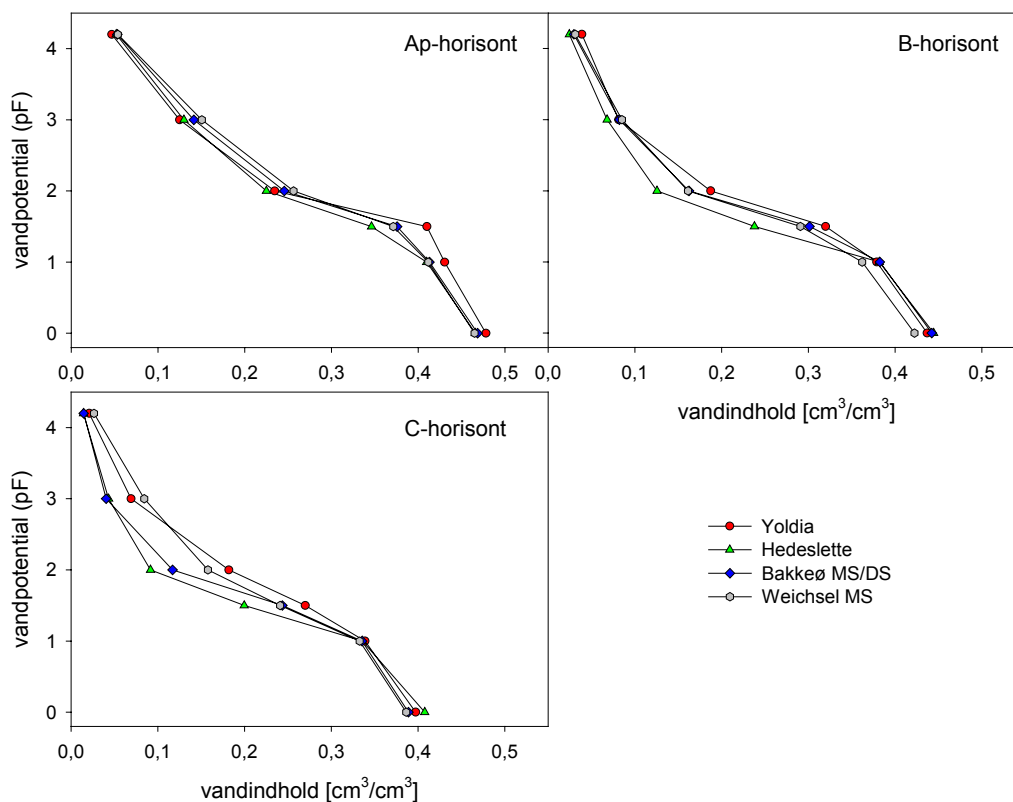


chsel morænesand sig

Figur 5.1. Vandretentionsmålinger for de forskellige landskabselementer. De enkelte punkter er middelværdier for samtlige målinger i Ap-, B- og C-horisonterne fra hver af de tre lokaliteter, der knytter sig til hvert landskabselement. A er muldhorisonten, Ap er den del af muldhorisonten som udgør pløjelaget, B er udfældningshorisonten under muldlage. Under B ligger den relativt påvirkede C horisont.

fra landskabselementerne relaterende til smeltevandssand. Det samme gør sig til dels gældende for målingerne fra Yoldiafladen. I Ap-horisonten er det høje indhold af organisk stof med til at udviske effekten af forskellene i teksturfordelingen mellem de forskellige landskabselementer. I C-horisonten træder teksturfordelingen mellem landskabselementerne tydeligt

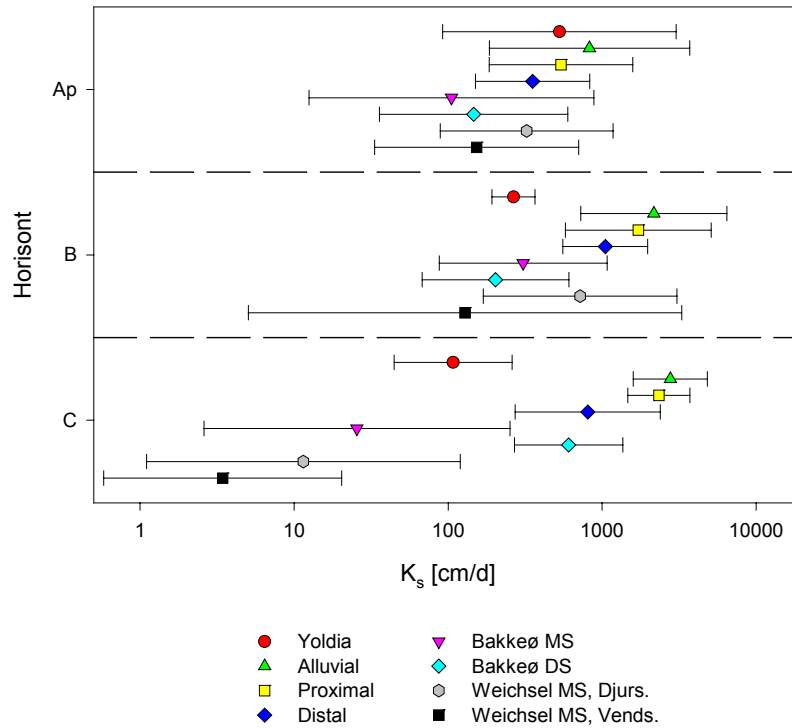
frem. De dårligt sorterede morænesandjorde har en jævn afdræning svarende til en ligelig pore størrelsesfordeling i jorden. De tre landskabselementer på hedesletten (Alluvial, Proximal og Distal) samt smeltevandssand på bakkeø har en kraftig afdræning til omkring pF 1,7, hvilket svarer til et højt indhold af grovporer ($>60 \mu\text{m}$) i jorden. Den finsandede, velsorterede Yoldiajord afdrænes markant mellem pF 1,7 og pF 2,2 svarende til en meget ligelig pore størrelsesfordeling i området mellem 20 og $60 \mu\text{m}$ (ækvivalent porediameter). I B-horisonten (udfældningshorisonten) er tendensen til en adskillelse mellem smeltevandssand, morænesand og Yoldiafladen knap så udtalt som i C-horisonten, hvilket sandsynligvis forklares ved et moderat indhold af organisk stof i disse horisonter.



Figur 5.2. Vandretentionsmålinger for forskellige landskabselementer i relation til kvadratnettsprofilerne. De enkelte punkter er middelværdier for målinger i Ap-, B- og C-horisonterne. "Hedeslette" indeholder landskabselementerne Proximal, Distal og Alluvialkegle.

For vandretentionsmålinger fra kvadratnettsprofil punkterne (figur 5.2) er forskellen mellem de forskellige horisonter knap så markant. Der ses dog en svag tendens til at målinger for Yoldiafladen samt Weichsel morænesand afviger mere fra hedesletten jo dybere man kommer ned i profilet.

Figur 5.3 viser værdierne for den mættede hydrauliske ledningsevne (K_s) for de forskellige landskabselementer målt i Ap-, B- og C-horisonten på projektets lokaliteter. Billedet svarer meget til vandretentionsmålingerne med en mere markant forskel mellem landskabselementerne hørende til morænesand og landskabselementerne hørende til smeltevandssand jo dybere, man kommer ned i profilet. I C-horisonten skiller Weichsel MS og Bakkeø MS sig tydeligt ud fra Alluvialkegle samt Proximal og Distal hedeslette. Samtidig er der en tendens til at variabiliteten mellem målingerne på morænesandslokaliteterne stiger med dybden, hvorimod variabiliteten mellem de tilsvarende målinger på hedesletten falder.



Figur 5.3. Mættet hydraulisk ledningsevne (K_s) for de forskellige landskabselementer målt på store kolonner (6280 cm^3). Punkterne er middelværdier for samtlige målinger i Ap-, B- og C-horisonterne fra de tre lokaliteter, der knytter sig til hvert landskabselement. Fejllinierne er ± 1 standard afvigelse.

De målte retentionskurver, samt mættet og umættet hydraulisk ledningsevne er optimeret i et neuralt netværk for at finde sammenhængen mellem de simple jordegenskaber og målte hydrauliske data.

Der er optimeret for forskellige kombinationer af jordegenskaber for at finde de der er mest betydningsfulde (mindste Root Mean Square Error). Den bedste forklaring med færrest mulige parametre blev opnået ved at benytte retentionskurve, kornstørrelsesfordeling, volumenvægt, organisk kulstofindhold, dybde og landskabselement. I det følgende forklares disse inputparametre til det neurale netværk.

De hydrauliske forhold i jorden er i projektet beskrevet ved de hydrauliske funktioner foreslået af Jarvis, (1991) baseret på Brooks and Corey, (1964) og Mualem, (1976). Funktionsudtrykkene beskriver et dobbeltdomæne. Retentionskurven beskrives ved

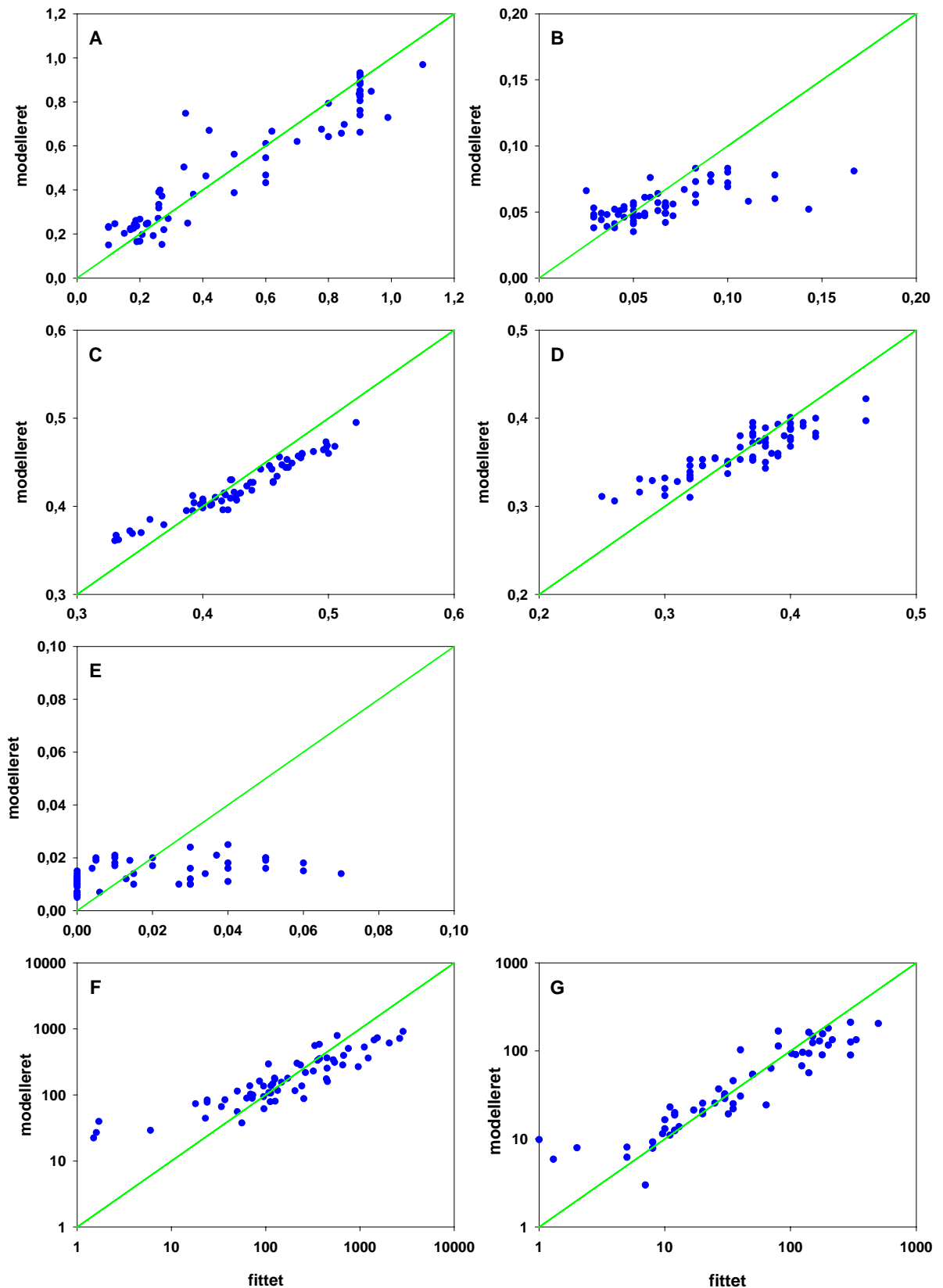
$$S_e = \begin{cases} \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_b - \theta_r} \right) = \left(\frac{h}{h_b} \right)^\lambda & h \leq h_b \\ \left(\frac{\theta - \theta_b}{\theta_s - \theta_b} \right) = \left(1 - \frac{h}{h_b} \right) & h > h_b \end{cases}$$

hvor S_e er effektiv mætning, θ er volumetrisk vandindhold, h er trykpotentialet og λ er en porøstørrelsesfordelingsfaktor. Subskripterne r, s og b står for residual, mættet og grænsen mellem de to domæner. Hydraulisk ledningsevne beskrives ved

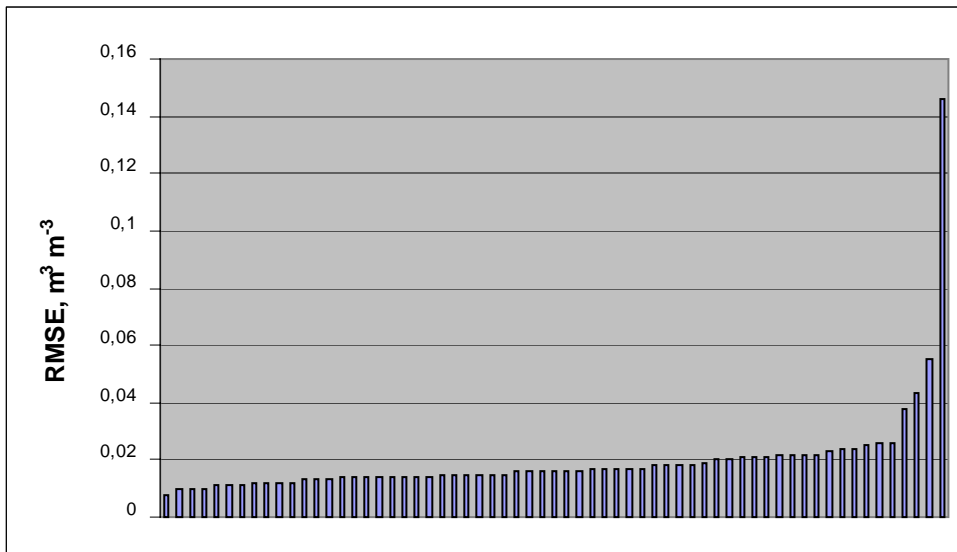
$$k(S_e) = \begin{cases} k_b(S_e)^n & h \leq h_b \\ k_b + (k_s - k_b)(S_e)^{n^*} & h > h_b \end{cases}$$

hvor k er den umættede hydrauliske ledningsevne [cm day^{-1}], $n = 2 + 2^{1/2}$ og n^* er en empirisk parameter (sat til 5 som foreslået af Jarvis, (1991)).

I figur 5.4 vises hvor godt parametrene blev optimeret. Resultatet ser tilfredsstillende ud for de fleste parametre. Residual vandindhold er ikke særligt godt bestemt, men da pesticidudvaskning kun foregår, når jorden er fugtig er det heller ikke den vigtigste. For nogen af parametrene er der ret stor usikkerhed på målingerne og således vil variationsintervallet på outputtet fra det neurale netværk være mindre end de fittede målte data. Desuden er parametrene indbyrdes korreleret således at når den ene parameter er lav er en korreleret parameter måske lidt højere og kompenserer for det. Det ses da også af figur 5.5 at vi for langt de fleste målte horisonter har en meget lav Root Mean Square Error.



Figur 5.4. Hydrauliske modelparametre. Figuren viser sammenhængen mellem parametrene "fittede" til målte data fra KUPA-profilerne og de tilsvarende parametre modelleret ved neurale netværk. A: pore størrelsefordelingskoefficient (λ); B: reciproke grænsetension mellem mikro- og makroporer ($1/h_b$); C: porøsitet (θ_s); D: vandindhold ved tension h_b (θ_b); E: residualt vandindhold (θ_r); F: mættet hydraulisk ledningsevne (k_s); G: hydraulisk ledningsevne ved tension h_b (k_b).



Figur 5.5. Root Mean Square Error mellem de målte retentionsdatapunkter og de som er prædikterede med "neuralt netværk" plottede i stigende rækkefølge.

Referencer

Brooks, R. H. and Corey, A. T., 1964: Hydraulic properties of porous media. Hydraulic Paper #3, Colorado State University, Ft. Collins, Co.,

Jarvis, N., 1991: MACRO - A Model of Water Movement and Solute Transport in Macroporous Soils. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Soil Sciences. Reports and Dissertations 9.

Mualem, Y., 1976: A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Resour. Res. 12:513-522