

Rutiner för att uppskatta modellparametrar

I detta dokument beskrivs parametreringen av den underliggande modellen MACRO 5.2 (Larsbo & Jarvis, 2003) utifrån de val som görs i MACRO-DB. Ett flertal av dessa parametreringsrutiner har beskrivits och testats av Moeys et al. (2012).

Fysikaliska och hydrauliska egenskaper

Kornstorleksfördelning

Kornstorleksfördelningen som MACRO parametreras för bestäms utifrån den valda texturklassen (se tabell 1).

Tabell 1. Ler-, silt-, och sandhalt för olika texturklasser.

Texturklass	Lera (%)	Silt (%)	Sand (%)
1	8	13	79
2a	14	32	54
2b	22	51	27
3	18	75	7
4	46	27	27

Organisk kolhalt

Den organiska kolhalten i matjorden bestäms utifrån den valda mullhaltsklassen (se tabell 2). Den organiska kolhalten för övriga horisonter sätts till konstanta värden: 30-60 cm 0.5 %, 60-100 cm 0.3%, 100-200 cm 0.1 %.

Tabell 2. Organisk kolhalt för matjord av olika mullhaltsklass.

Mullhaltsklass	Mullhaltsklass för matjorden	Organisk kolhalt i matjorden (%)
u	Mulfattig (mf) eller Något mullhaltig (nmh)	1,3
n	Måttligt mullhaltig (mmh)	2,6
h	Mullrik (mr), Mycket mullrik (mycket mr) eller Mineralblandad mulljord (mulljotd)	5,2

Vattenhållande förmåga

För jordmatrisen uppskattas parametrarna i van Genuchten (1980) funktion för vattenretention (parametrarna α , n och det mättade vatteninnehållet θ_S) genom att använda de kontinuerliga pedotransferfunktioner (PTF) som utarbetats av Wösten *et al.* (1999) från HYPRES-databasen, under antagandet att $m = 1 - 1/n$ och att det residuala vatteninnehållet θ_R är noll.

I egenskap av en modal funktion, kan inte van Genuchten-ekvationen återspegla effekterna av jordens makroporer på jordens vattenbindande förmåga. Därför används inte θ_S som en parameter i MACRO. Istället används den "nominella" mättade vattenhalten, tillsammans med α och n för att uppskatta vattenhalten vid visningsgränsen (θ vid en tryckpotential på -150 m) och $\theta_{S(m)}$, den mättade vattenhalten i jordmatrisen. Den vattenpotential som definierar gränsen mellan mikroporer och makroporer, ψ_m , sattes till -10 cm, som föreslagits i en litteraturstudie (Jarvis, 2007).

Skrymdensitet

Skrymdensiteten, γ (g/cm³), uppskattas genom

$$\gamma = H_z \{ 10^{0.3546 + 0.1173 \log SOC - 0.000954 C - 0.167 SOC^{0.5}} \} \quad (1)$$

där SOC är den organiska kolhalten (%), C lerhalten (%) och H_z en djupfaktor som sätts till 1 för 0-60 cm, 1,05 för 60-100 cm och 1,1, för 100+ cm.

Markstruktur

Parametrar som är relaterade till makroporer i jord uppskattas genom en kombination av konstanter (parametrar som inte varierar med lokal eller jordegenskaper) och klass- och kontinuerliga PTFer.

Den volymetriska makroporositeten, ε_{MA} , bestäms med hjälp av klass-PTFen som presenteras i tabell 3. Denna PTF utvecklades från expertkunskap och är baserad på USDAs jordartsklasser, FAOs horisontbeteckningar (FAO-ISRIC, 1990) och aktuell jordbearbetning. ε_{MA} summeras med $\theta_{S(m)}$ för att få den totala porositeten i jorden.

Tabell 3. Klasspedotransferfunktion för att uppskatta makroporositet i MACRO (horisontbeteckningar följer FAO (FAO-ISRIC, 1990)).

Jord	Horisont	¹ Textur		
		Fin	Medium	Grov
Matjord	² A _T '	0.050		
	³ A _P '	0.030	0.040	0.050
Alv	⁴ Övre 'B' eller 'E'	0.0160	0.0160	0.050
	⁵ Nedre 'B' eller 'E'	0.008	0.008	0.050
	'BC'	0.002	0.004	0.040
	'C'	0.002	0.004	0.030

¹Fin är lera, siltig lera, siltig lera (loam från USDAs textur-triangel), Grov är sand och "loamy" sand, Medium är alla andra klasser

² Harvat och plöjt övre jordlager

³ Plöjt men inte harvat

⁴ Mittpunktsdjupet av horisonten är <50 cm

⁵ Mittpunktsdjupet av horisonten är >50 cm

Den effektiva diffusionslängden, d , som reglerar utbytet av vatten och lösta ämnen mellan makroporer och mikroporer och den kinematiska exponenten, n^* , som återspeglar storleksfördelning, tortuositet (slingrighetsfaktor) och konnektivitet för makroporer, samt även kontrollerar flödes hastigheten i makroporsområdet, erhålls från den klass-PTF som presenteras i Tabell 4, vilken särskiljer fyra olika klasser med olika grad av förutsättningar för makroporflöde.

Tabell 4. Klasspedotransferfunktioner för att skatta parametrar relaterade till struktur. Den aktuella flödesklassen väljs med hjälp av beslutsträdet som presenterats av Jarvis et al. (2009).

Flödesklass	¹ Effektiv diffusionslängd, d [mm]	Kinematisk exponent, n^* [-]
I (ingen)	1	6
II (svag)	15	4
III (måttlig)	50	3
IV (stark)	150	2

¹ Den effektiva diffusionslängden (d) tilldelas värdet 3 mm i det övre harvade lagret för odlingsbar jord oberoende av klass.

Förutsättningen för makroporflöde i varje enskild horisont bestäms med hjälp av ett beslutsträd som beskrivs i detalj, och framgångsrikt har testats av Jarvis *et al.* (2009). Beslutsträdet baseras på USDAs jordartsklasser, FAOs horisontbeteckningar, aktuell jordbearbetning (ingen eller reducerad plöjning, konventionell plöjning eller harvning) och halt av organiskt kol. Beslutsträdet utnyttjar också ett underliggande beslutsträd för att förutsäga mängden bioporer (maskhål) (Lindahl *et al.*, 2009) utifrån klimat, markanvändning, textur-klass samt närvaro av begränsningsfaktorer (såsom horisonter utan pedogenetiska kännetecken eller som har grov struktur, ligger under grundvattenytan, har hög skrymdensitet).

Totalt 72 olika varianter av jordprofiler parametriserades för fem horisonter vardera där horisonttyp bestämdes utifrån modermaterial (se tabell 5) ned till ett djup av 200 cm. Horisonternas tjocklek ökar med djupet och är av samma tjocklek för horisonter inom samma djup hos samtliga jordprofiler (se tabell 6).

Tabell 5. Horisontindelning för olika modermaterial (horisontbeteckningar följer FAO (FAO-ISRIC, 1990)).

Modermaterial	Horisontbeteckning				
	Horisont 1	Horisont 2	Horisont 3	Horisont 4	Horisont 5
Berg	At	Ap	B	R1	R2
Isälvssediment	At	Ap	B	C1	C2
Ler/silt	At	Ap	B	BC	C
Morän	At	Ap	B1	B2	BC
Sedimentärt berg	At	Ap	B	R1	R2
Älv- och svämsediment	At	Ap	B	BC	C

Tabell 6. Horisonternas tjocklek.

Horisontnummer	Tjocklek (cm)
1	6
2	24
3	30
4	40
5	100

Jordprofilerna representerar realistiska kombinationer av modermaterial, textur och mullhaltsklass samt förekomst eller frånvaro av artificiell dränering på jordbruksmark i Sverige (se tabell 7). De MACRO-parametervärden som associeras med varje flödesklass (Tabell) bestämdes för varje jordprofil med hjälp av expertkunskap baserat på omfattande erfarenheter från kalibrering och validering av modellen mot experimentella data (exempelvis Jarvis, 2007; Köhne *et al.*, 2009a;b).

Tabell 7. Jordprofilernas fysikaliska och hydrauliska egenskaper. Artificiell dränering anges i de fall förekomst påverkar hydrologisk klass. Flödesklass ges för samtliga horisonter (enligt färgkod i tabell 4).

Profil-nummer	Modermaterial	Textur-klass	Mullhalts-klass	Artificiell dränering	Hydrologisk klass	Horisont-nummer				
						1	2	3	4	5
1	Berg	1	h		3					
2	Berg	3	h		3					
3	Berg	4	h		3					
4	Berg	2a	h		3					
5	Berg	2b	h		3					
6	Berg	1	n		3					
7	Berg	3	n		3					
8	Berg	4	n		3					
9	Berg	2a	n		3					
10	Berg	2b	n		3					
11	Berg	1	u		3					
12	Berg	3	u		3					
13	Berg	4	u		3					
14	Berg	2a	u		3					
15	Berg	2b	u		3					
16	Isälvs sediment	1	h		1					
17	Isälvs sediment	1	n		1					
18	Isälvs sediment	1	u		1					
19	Ler/silt	4	h	Nej	2					
20	Ler/silt	4	n	Nej	2					
21	Ler/silt	4	u	Nej	2					
22	Morän	1	h		2					
23	Morän	3	h	Nej	2					
24	Morän	3	h	Ja	3					
25	Morän	4	h	Ja	3					
26	Morän	2a	h	Nej	2					
27	Morän	2b	h	Nej	2					
28	Morän	2b	h	Ja	3					
29	Morän	1	n		2					
30	Morän	3	n	Nej	2					
31	Morän	3	n	Ja	3					
32	Morän	4	n	Ja	3					
33	Morän	2a	n	Nej	2					
34	Morän	2b	n	Nej	2					
35	Morän	2b	n	Ja	3					
36	Morän	1	u		2					
37	Morän	3	u	Nej	2					
38	Morän	3	u	Ja	3					
39	Morän	4	u	Ja	3					
40	Morän	2a	u	Nej	2					
41	Morän	2b	u	Nej	2					
42	Morän	2b	u	Ja	3					
43	Sedimentärt berg	1	h		1					

44	Sedimentärt berg	3	h	1	
45	Sedimentärt berg	4	h	1	
46	Sedimentärt berg	2a	h	1	
47	Sedimentärt berg	2b	h	1	
48	Sedimentärt berg	1	n	1	
49	Sedimentärt berg	3	n	1	
50	Sedimentärt berg	4	n	1	
51	Sedimentärt berg	2a	n	1	
52	Sedimentärt berg	2b	n	1	
53	Sedimentärt berg	1	u	1	
54	Sedimentärt berg	3	u	1	
55	Sedimentärt berg	4	u	1	
56	Sedimentärt berg	2a	u	1	
57	Sedimentärt berg	2b	u	1	
58	Älv- och svämsediment	1	h	4	
59	Älv- och svämsediment	3	h	4	
60	Älv- och svämsediment	4	h	4	
61	Älv- och svämsediment	2a	h	4	
62	Älv- och svämsediment	2b	h	4	
63	Älv- och svämsediment	1	n	4	
64	Älv- och svämsediment	3	n	4	
65	Älv- och svämsediment	4	n	4	
66	Älv- och svämsediment	2a	n	4	
67	Älv- och svämsediment	2b	n	4	
68	Älv- och svämsediment	1	u	4	
69	Älv- och svämsediment	3	u	4	
70	Älv- och svämsediment	4	u	4	
71	Älv- och svämsediment	2a	u	4	
72	Älv- och svämsediment	2b	u	4	

Dränering

Parametrisering gällande dränering utgår från bottenrandvillkoret och utformningen av dräneringssystem, vilka bestäms utifrån jordprofilernas modermaterial och i vissa fall även textur samt förekomst eller frånvaro av artificiell dränering. Dessa sammanfattas i följande fyra hydrologiska klasser:

- **Klass 1** representerar jordar med fri dränering till djupt liggande grundvatten. Som bottenrandvillkor utnyttjas en hydraulisk enhetsgradient, inga dräneringsrör simuleras.
- **Klass 2** och **klass 3** representerar jordar med svagt genomsläppliga modermaterial som tillåter både perkolation till grundvatten och avrinning till ytvatten (via underjordsdränering och/eller lateralt markflöde). En grundvattenyta återfinns i profilen och bottenrandvillkoret ges av en perkulations-hastighet definierad som en linjär funktion av höjden till grundvattenytan. **Klass 3** är dränerade jordar som har lägre genomsläpplighet i alven och/eller i modermaterialet jämfört med **klass 2** vilket betyder att grundvattnet stiger högre i markprofilen.
- **Klass 4** jordar representerar antingen ogenomsläppliga substrat (d.v.s. ogenomtränglig lera) eller jordar lokaliserade i låglänt terräng i landskapet (d.v.s. utströmningsområden). Bottenrandvillkoret är således nollflöde. Avrinning simuleras via dränering.

De 72 simulerade jordprofilernas hydrologiska klass ges i tabell 7 ovan.

Ett 'effektivt' dräneringsavstånd, L , beräknas för varje jord som tillhör en av de hydrologiska klasser som inkluderar avrinning till ytvatten (klasser 2, 3 och 4), enligt den metodik som introducerades av Hooghoudt (1941):

$$L = \sqrt{\frac{8K_2dh + 4K_1h^2}{q_{eff}}} \quad (2)$$

$$d = \frac{D}{\left(\frac{8D}{\pi L}\right) \ln\left(\frac{D}{u}\right) + 1} \quad (3)$$

där d är ett reducerat 'effektivt' jorddjup under dräneringsbasen, q_{eff} är önskat avrinningsflöde, h är önskad höjd till grundvattenytan ovanför dräneringsbasen, D är det egentliga jorddjupet mellan dräneringsdjupet och botten av profilen vilken sattes till 1 m, K_1 och K_2 är de viktade medelvärdena för mättad hydraulisk konduktivitet över jorddjupen h respektive D och u är den våta perimetern för dräneringskanalen. Det kan noteras från ekvationer 2 och 3 att L beror av d och d av L . Avstånd mellan dräneringsrör, L , beräknas därför iterativt när $D > 0$.

L är ett 'effektivt' dräneringsavstånd. För hydrologiska klasser 3 och 4 har fältdränering installerats (exempelvis parallella rör- eller tegeldragningar eller öppna diken som omger fältet). För klass 2 simuleras ett 'effektivt' dräneringssystem som ska efterlikna den verkliga situationen med lateralt mättat flöde utmed ett sluttande plan ovanför ett långsamt genomsläppligt substrat i riktning mot diken och vattendrag. I frånvaron av parallella dräneringsrör kan avståndet mellan fiktiva dräneringsrören, L , istället kopplas till den effektiva arean tillhörande en kvadratisk dräneringsbassäng (Larsbo och Jarvis, 2003).

Den våta perimetern för dräneringskanalen, vilken är okänd, är låst till 0.2 m, även om den i själva verket kan variera mellan ca 0.1 och 0.5 m beroende på typen av dräneringssystem.

Grundvattenytans önskade höjd, h , väljs som det minsta värdet av antingen dräneringsdjupet eller 0.7 m. Med andra ord; vi förutsätter att för att erhålla uthållighet i ett jordbrukssystem (åtminstone för sådana där pesticider typiskt skulle utnyttjas), så måste dräneringen (antingen anlagt eller naturligt) vara tillräckligt bra för att förhindra att grundvattenytan stiger till markytan vid den önskade avbördningshastigheten.

Den designade avbördningen/avrinningen beräknas enligt:

$$q_{eff} = P - q_{out} \quad (4)$$

där P är grundvattenbildning och q_{out} är en genomsnittlig perkolation vid jordprofilens bas under samma tidsperiod. Perkolationen, q_{out} , är självklart låst till noll för klass 4, men det krävs ett positivt värde för klasser med svagt genomsläppliga substrat (2 och 3). Givet det bottenrandvillkor som används i MACRO för denna hydrologiska grupp, så kan q_{out} uttryckas som en linjär funktion som beror av grundvattenytans genomsnittliga höjd ovanför jordprofilens bas, under naturliga dräneringsförhållanden (d.v.s. utan anlagd dränering), H :

$$q_{out} = B_{grad}H \quad (5)$$

där B_{grad} är den parameter (tidskonstant) i MACRO-modellen som kontrollerar perkolation till grundvattnet. I MACRO-DB estimeras B_{grad} enligt:

$$B_{grad} = \frac{p_{gw}R}{H} \quad (6)$$

där R är perkolationen (överskott av nederbörd efter faktisk evapotranspiration) vid fältkapacitet och p_{gw} är andelen överskottsvatten som perkolerar till grundvattnet (bidrar till grundvattenbildningen). Sålunda kan ekvation 4 skrivas om på följande sätt:

$$q_{eff} = P - p_{gw}R \quad (7)$$

Parametern R beror av klimatet och den har uppskattats genom enkel vattenbalansmodellering. För enkelhets skull sätts p_{gw} och H till 0.5 respektive 0.5 m för klass 2 och till 0.25 respektive 1.5 m för klass 3. Av detta följer att i samma klimatzon så är B_{grad} 6 gånger så stor för klass 2 som för klass 3. Tabell visar värdena på R och korresponderande värden för B_{grad} (BGRAD) för varje klimatzon. Denna parametrering ger grovt sett en fördelning mellan perkolation till grundvatten av avrinning till ytvatten i enlighet med erfarenhet.

Tabell 8. Uppskattade värden på R (mm/dag) och BGRAD (1/timme) för svagt permeabla substrat

Klimatzon	Beskrivning	R (mm/dag)	BGRAD (1/timme)	
			Klass 2	Klass 3
1a	Skåne och Hallands slättbygd, Skånedelen	1.47	$6.1 \cdot 10^{-5}$	$1.05 \cdot 10^{-5}$
1b	Skåne och Hallands slättbygd, Hallandsdelen	1.47	$6.1 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
2a	Sydsvenska mellanbygden, skånedelen	1.47	$6.1 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
2b	Sydsvenska mellanbygden, Blekinge- och Kalmardelen	1.47	$6.1 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
3	Öland och Gotland	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
4	Östgötaslätten	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
5a	Vänerslätten, södra delen	1.47	$6.1 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
5b	Vänerslätten, norra delen	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
6	Mälär- och Hjälmabygden	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
7a	Sydsvenska höglandet, västra delen	1.47	$6.1 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
7b	Sydsvenska höglandet, östra delen	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
8	Östsvenska dalbygden	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
9	Västsvenska dalbygden	1.47	$6.1 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
10	Södra Bergslagen	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
11	Västsvenska dalsjöområdet	1.91	$8 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$
12	Norra Bergslagen	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
13	Östra Dalarna och Gästrikland	1.14	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$7.9 \cdot 10^{-6}$
14	Kustlandet i nedre Norrland	1.25	$5.2 \cdot 10^{-5}$	$8.7 \cdot 10^{-6}$
15	Kustlandet i övre Norrland	1.25	$5.2 \cdot 10^{-5}$	$8.7 \cdot 10^{-6}$
16	Nordsvenska mellanbygden	1.25	$5.2 \cdot 10^{-5}$	$8.7 \cdot 10^{-6}$
17	Jämtländska silurområdet	1.25	$5.2 \cdot 10^{-5}$	$8.7 \cdot 10^{-6}$
18	Fjäll- och moränområdet	1.25	$5.2 \cdot 10^{-5}$	$8.7 \cdot 10^{-6}$

P ska återspegla en typisk maxgräns för den mängd vatten som kan fylla på grundvattenmagasinet under en dag, vilken som helst, och kommer därför att vara starkt beroende av djupet till grundvattenytan i jorden (kortvariga flödestoppar i ytliga jordlager kommer att "dämpas" med djupet). Därför har P satts till:

$P = 20; z < 0.5$

$P = R; z > (30-R)/20$

I övriga fall: $P = 30 - 20z$ (8)

där z är djupet till dräneringsbasen från markytan (i meter) och P och R ges i enheten mm dag^{-1} . Detta enkla uttryck antyder att P varierar mellan ett maximum på 20 mm dag^{-1} för ytliga, laterala flöden (d.v.s. dräneringsdjup på 0.5 m eller mindre) till ett minimum som motsvarar R om dräneringsbasen ligger mycket djupare än 1 m under markytan.

Hydraulisk konduktivitet

Den mättade hydrauliska konduktiviteten i jordmatrisen $K_{S(m)}$ (d.v.s. jordens hydrauliska konduktivitet vid ψ_m) uppskattas med en ny PTF:

$$K_{S(m)} = C \theta_{S(m)} n^l \quad (9)$$

där C och l är konstanter som härletts från experimentella data från Jarvis *et al.* (2002) och satts till 0.186 mm h^{-1} respektive $10.73 [-]$. $\theta_{S(m)}$ och n är vatteninnehållet vid -10 cm och van Genuchten parametrarna som beräknats med hjälp av Wösten *et al.* (1999) pedotransfer funktioner.

Ett enkelt uttryck för makroporers mättade hydrauliska konduktivitet $K_{S(MA)}$ kan härledas från 'capillary bundle'-modellen för hydrauliska egenskaper hos makroporer i jord som beskrivs i Jarvis (2008):

$$K_{S(MA)} = (B \varepsilon_{MA}) / n^* \quad (10)$$

där ' B ' är en sammansatt 'matchningsfaktor' som tar hänsyn till både fysikaliska konstanter och till geometrin hos makroporsystemet. ' B ' har satts till 6000 mm.h^{-1} .

Genomsläppligt bergsubstrat

Som ett specialfall, tilldelas hydrauliska parametrar för genomsläppligt bergsubstrat (R-horisonter) konstanta värden, under antagandet om hög potential för makroporflöde (d.v.s. klass IV), som visats av Roulier *et al.* (2006): $d = 150 \text{ mm}$; $K_{S(MA)} = 30 \text{ mm.h}^{-1}$; $K_{S(m)} = 0.04 \text{ mm.h}^{-1}$; $\theta_{S(m)} = 0.1 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$; $\alpha = 0.0004 \text{ cm}^{-1}$; $n = 1.8$; $n^* = 2$; $\varepsilon_{MA} = 0.01 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$.

Ämnestransport

Förutom den effektiva diffusionslängden, har ämnestransportparametrar satts till konstanter (identiska för alla jordar). Diffusionskoefficienten i vatten har satts till $1.9 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$, blandningsdjupet vilket kontrollerar ett ämnen fördelas till makroporer eller mikroporer vid markytan, har satts till 1 mm . Ingen hänsyn togs till uteslutande av anjoner. Dispersiviteten har satts till 3.4 cm , vilket är medelvärdet för ett urval av 116 prover taget från Vanderborght och Vereeckens (2007) databas, gällande experiment som utförts vid konstanta flöden lägre än 1 mm.h^{-1} , vilket borde exkludera påverkan från dispersion på grund av makroporflöde. Slutligen, den andel av löst ämne som tas upp av grödors rötter med vattnet har satts till 1 (d.v.s. helt passivt upptag).

Ämnesegenskaper

Fastläggning

Ämnets fastläggning beskrivs i modellen genom dess sorptionskoefficient (K_f) som beräknas utifrån ämnets benägenhet att adsorbera till mullhalten i marken. Metoden beaktar att oorganiska komponenter i marken också bidrar till adsorptionen när mullhalten är låg t.ex. i alven (Jarvis, 2018). K_f värdet beräknas som:

$$K_f = f_{oc} k_{foc(ref)} (f_{oc(ref)})^{1-m} (\min(f_{oc}, 0.02))^{m-1} \quad (11)$$

där f_{oc} är den organiska kolhalten (kg kg^{-1}), $k_{foc(ref)}$ är referensvärdet för k_{foc} från databasen med ämnesegenskaper, och $f_{oc(ref)}$ är den organisk kolhalt vid vilken ämnets k_{foc} är uppmätt och m är en empirisk exponent. Det antas att $f_{oc(ref)} = 0.015 \text{ kg kg}^{-1}$ (dvs att det värde för k_{foc} som rapporteras i databasen för ämnesegenskaper är uppmätt vid ett typiskt värde på f_{oc} i matjorden om 0.015 kg kg^{-1}). Minimum-funktionen i ekvation 11 används för att sätta en lägre gräns för reduktionen av k_{foc} i matjordar med högre organisk kolhalt ($>0.02 \text{ kg kg}^{-1}$) eftersom organiskt material tenderar att täcka mineralytorna och dominera fastläggning i sådana jordar. Parameters m uppskattas genom:

$$m = \min(1, 0.7 + 0.002 k_{foc(ref)}) \quad (12)$$

Grödparametrar

Grödparametrar för vårsäd (tabell 9) har satts så att de delvis i enlighet med FOCUS (2001) och är delvis baserade på information om tålighet mot torka och rotdjup från Allen *et al.* (1998). Inga andra grödor simuleras. Det bör noteras att det maximala rotdjup som visas i tabell 9 reduceras om det finns en begränsande jordhorisont i jordprofilen i enlighet med de beslutsregler som finns i MACRO_DB (Jarvis *et al.*, 1997).

En horisont anses begränsa rotgenomträngning om:

(‘C’ eller ‘R’ horisont) eller

(‘B’ eller ‘BC’) och (texturklass = ‘grov’)

Tabell 9. Grödparametrar (konstanta oavsett gröda).

Parameter	Värde
Max bladyteindex (LAIMAX)	5
Bladyteindex vid skörd (LAIHARV)	1
Transpiration adaptability factor transpirationsanpassningsfaktor (BETA)	0,2
Kritiskt tryck för transpirationsreducering (WATEN)	65%
Max rot djup (m) (ROOTMAX)	1,1
Max interceptionsförmåga (mm) (CANCAP)	2
Kvot av evaporation av interceperat vatten och transpiration (ZALP)	1,0
Rotfördelning (RPIN)	67%
Formfaktor, tillväxt (CFORM)	1,6
Formfaktor, mognad (DFORM)	0,3
Bladyteindex på specificerad dag (LAIMIN)	0,01
Rotdjup på ZDATEMIN (m) (ROOTINIT)	0,01
Kritiskt luftinnehåll för reducering av transpiration (m^3m^{-3}) (CRITAIR)	0,05

Referenser

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation & Drainage Paper 56.
- FAO-ISRIC. (1990). Guidelines for profile description (3rd edition, revised), Food & Agricultural Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 70 pp.
- FOCUS. (2001). FOCUS Surface water scenarios in the EU evaluation process under 91/414/EEC, EC document reference SANCO/4802/2001-rev 2, 245 pp.
- Hooghoudt, S.B. (1940). Bijdrage tot de kennis van enige natuurkundige grootheden vad de grond. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, 46, 515-707 (in Dutch).
- Jarvis, N.J., Hollis, J.M., Nicholls, P.H., Mayr, T., Evans, S.P. (1997). MACRO_DB: a decision-support tool to assess the fate and mobility of pesticides in soils. *Environmental Modelling & Software*, 12: 251-265.
- Jarvis, N.J., Zavattaro, L., Rajkai, K. Reynolds, W.D. Olsen, P-A., McGechan, M., Mecke, M., Mohanty, B., Leeds-Harrison, P.B., Jacques, D. (2002). Indirect estimation of near-saturated hydraulic conductivity from readily available soil information. *Geoderma*, 108: 1-17.
- Jarvis, N.J. (2007). A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. *European Journal of Soil Science*, 58: 523-546.
- Jarvis, N. (2018). Meta-analysis of pesticide sorption in subsoil. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37: 755-761.
- Larsbo, M., Jarvis, N. (2003). MACRO5.0. A model of water flow and solute transport in macroporous soil. Technical description. *Emergo 2003:6, Studies in the Biogeophysical Environment*, SLU, Dept. Soil Sci., Uppsala, 47 pp.

Moeys, J., Larsbo, M., Bergström, L., Brown, C.d., Coquet, Y., Jarvis, N.J. (2012). Functional test of pedotransfer functions to predict water flow and solute transport with the dual-permeability model MACRO. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16:2069-2083.

Roulier, S., Baran, N., Mouvet, C., Stenemo, F., Morvan, X., Albrechtsen, H-J., Clausen, L., Jarvis, N. (2006). Controls on atrazine leaching through a soil-unsaturated fractured limestone sequence at Brevilles, France. *Journal of Contaminant Hydrology*, 84:81-105.

van Genuchten, M.T. (1980) A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 892-898.

Vanderborght, J., Vereecken, H. (2007). Review of dispersivities for transport modeling in soils. *Vadose Zone Journal*, 6: 29-52.

Wösten, J.H.M., Lilly, A., Nemes, A., Le Bas, C. (1999). Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*, 90: 169-185.