



UPPSALA
UNIVERSITET



LUND
UNIVERSITY

Får ytvatten mer vittringsprodukter än skogen?

*Martin Erlandsson Lampa
Vattenmyndigheten Norra Östersjöns distrikt*

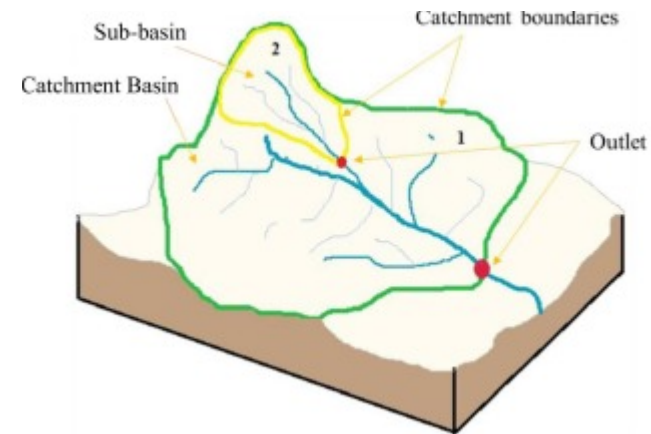
*Stephan Köhler, Kevin Bishop (SLU), Harald Sverdrup (University of Iceland), Salim Belyazid
(Stockholms Universitet)*

Kritisk belastning

Kritisk belastning = Vittring – Kritiskt läckage

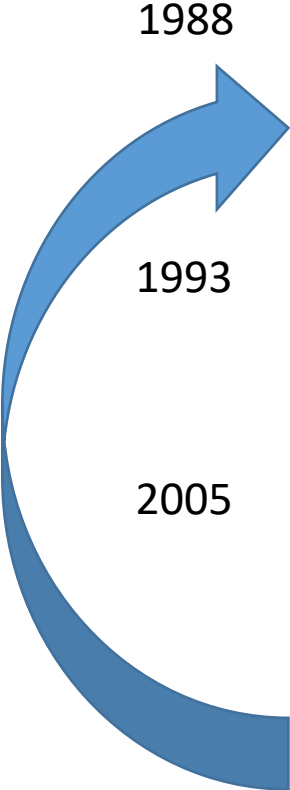


Markförsurning: Vittringen beräknas explicit ur modellerna PROFILE/ForSAFE

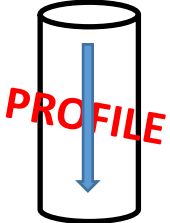


Vattenförsurning: Vittringen beräknas indirekt ur försurningsmodellen MAGIC

PROFILE/SAFE/ForSAFE-familjen



1988



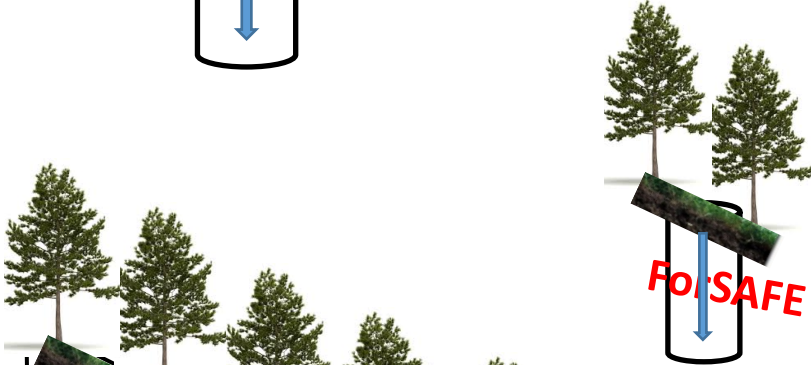
Steady-state-modell av markvittring (Sverdrup & Warfvinge)

1993



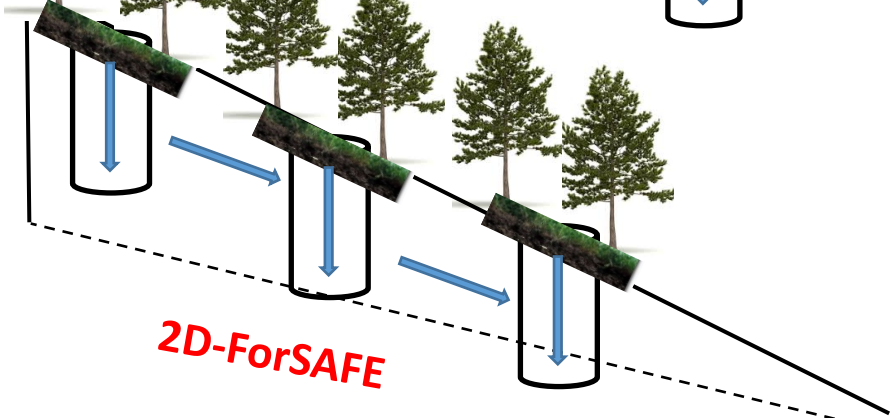
Dynamisk markkemi-modell (Warfvinge et al.)

2005



Kopplad skogsekosystem-modell (Wallman et al.)

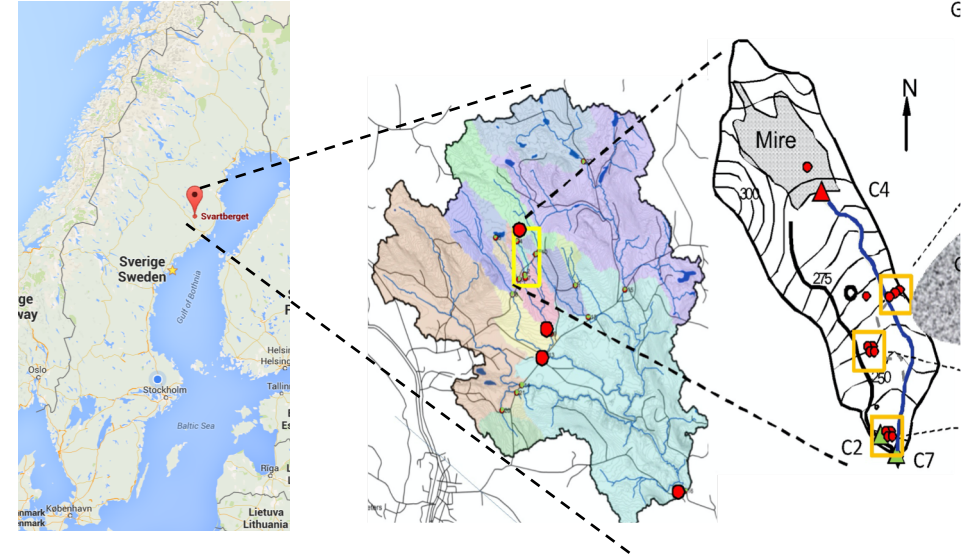
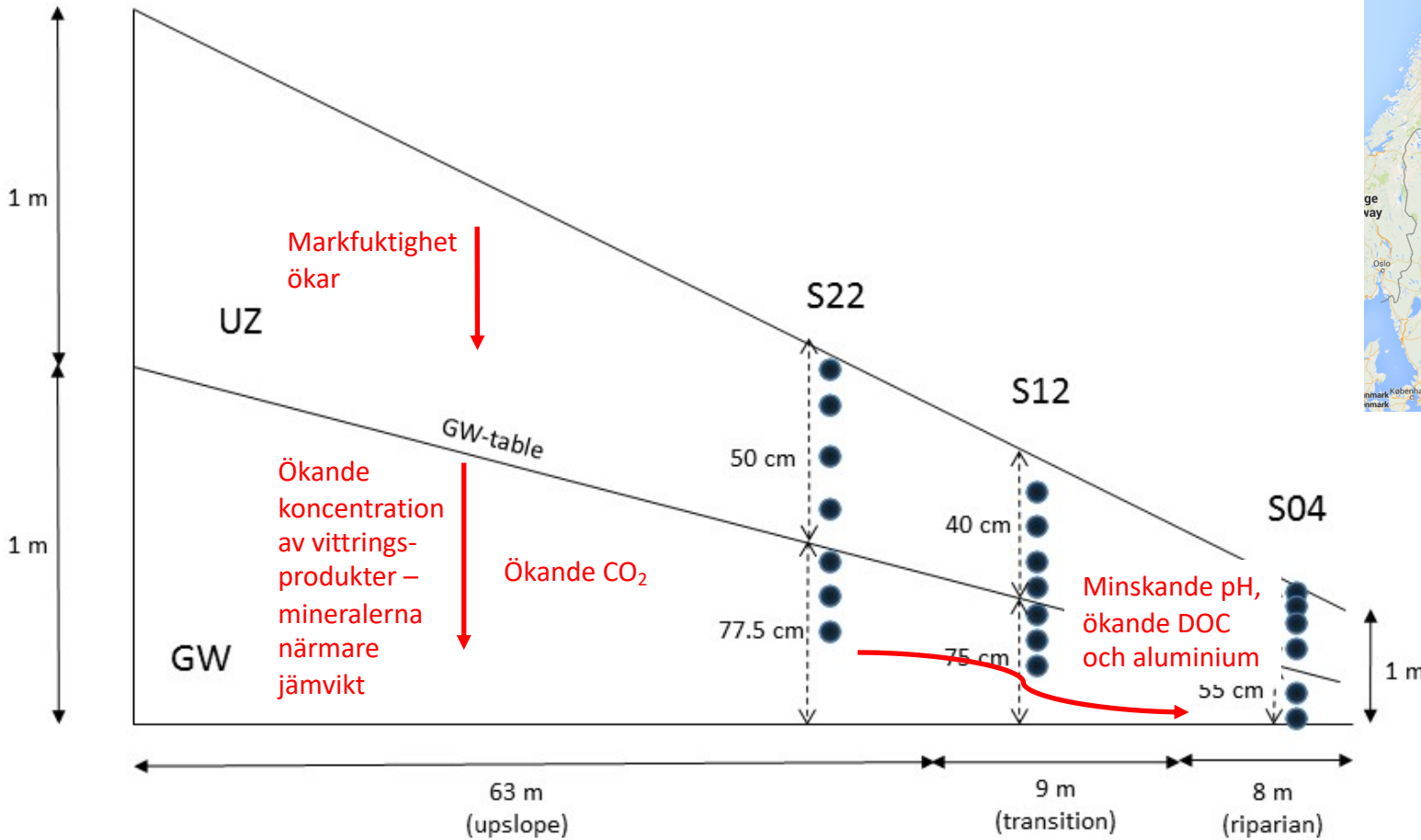
2016



Tvådimensionell skogs-ekosystem-modell (Zanchi)

Fältområde – "S-transekten"

Norra Sverige - Krycklans avrinningsområde - Svartbergets källflöden



Vittringen påverkas av:

- pH
- Baskajoner
- Al
- Si
- Organiska syror
- CO₂
- Kornstorlek
- Markfuktighet

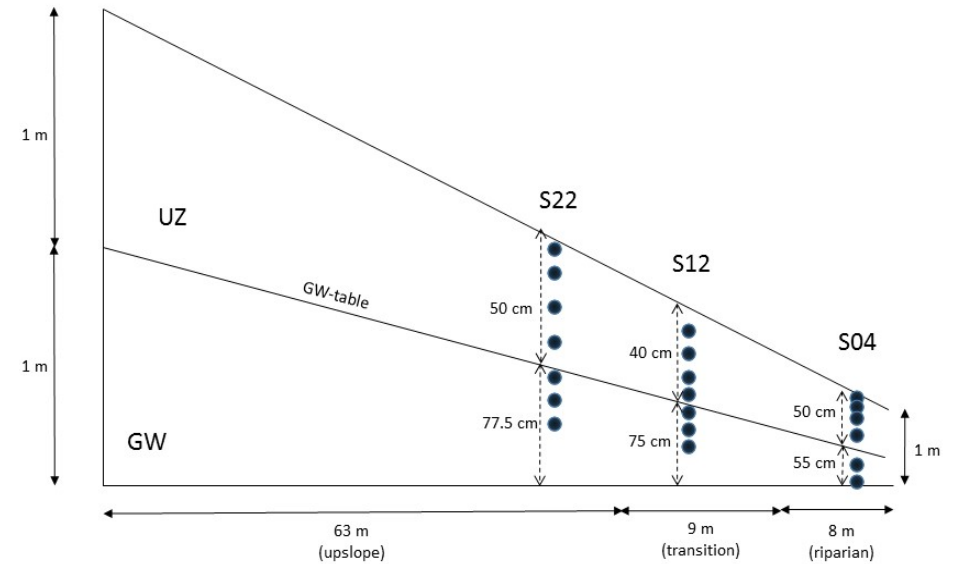
Two papers from the QWARTS project:

- I. Erlandsson, M., Oelkers, E.H., Bishop, K., Sverdrup, H., Belyazid, S., Ledesma, J.L.J. and Köhler, S.J. *Spatial and temporal variations of base cation release from chemical weathering on a hillslope scale*. Chemical Geology 441 (1-13), 2016.
 - Jämförelse mellan olika modeller för vittringskinetik
 - Rumslig fördelning av vittring i en skogsslänt

- II. Erlandsson, M., Sverdrup, H., Bishop, K., Belyazid, S., Ameli, A.A. and Köhler, S.J. *Catchment export of base cations: Improved mineral dissolution kinetics influence the role of water transit time*. Accepted for publication in SOIL.
 - Tillämpning av nya PROFILE-ekvationer, anpassade för den mättade zonen
 - Modellering av markvattenkemin längs en endimensionell flödesväg

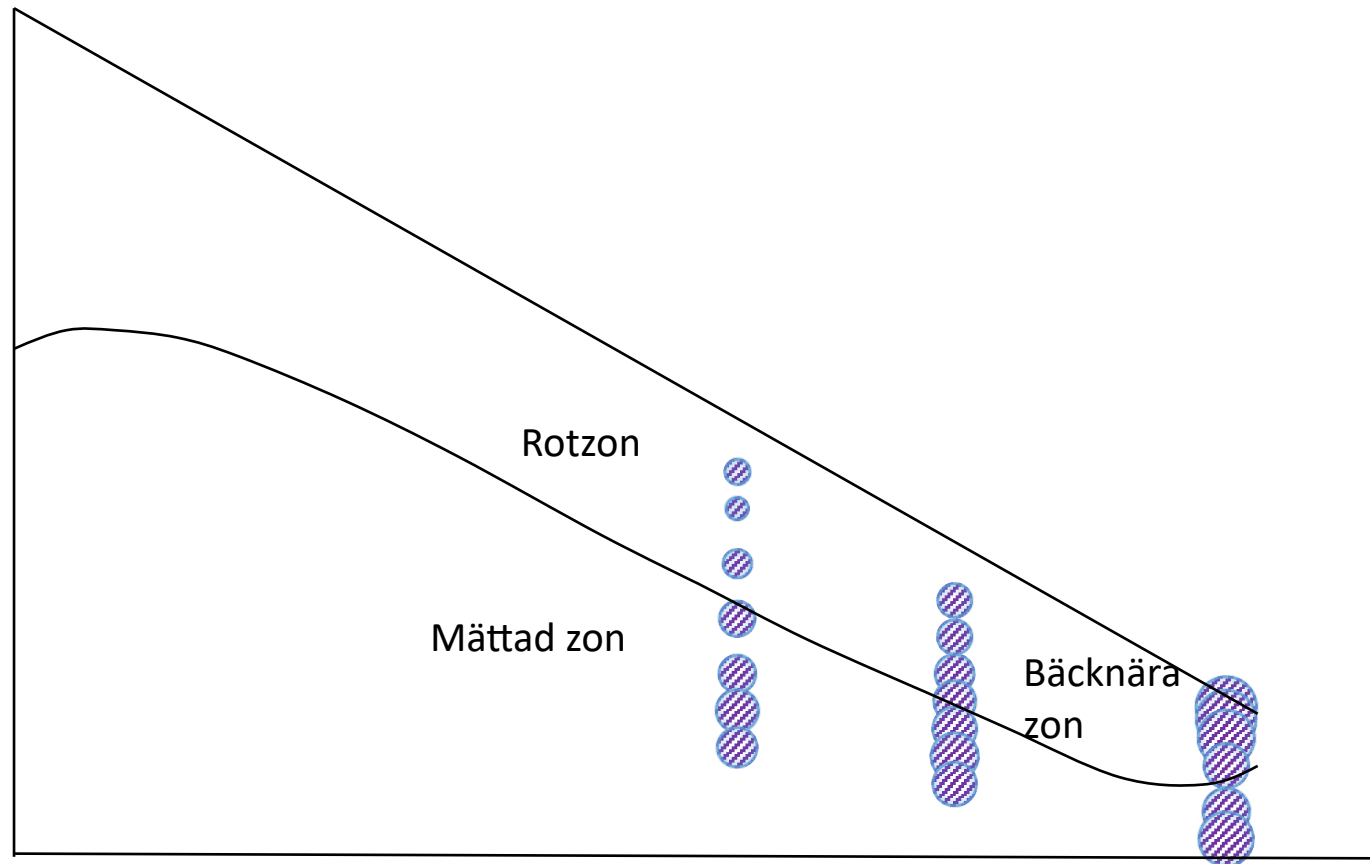
I: Var sker vittringen i en skogsslänt?

- Steg 1: Ta all observerad markvattenkemi, beräkna aktiviteter, stoppa in dessa i ekvationerna från vittringsmodellerna, beräkna den areaspecifika vittringshastigheten.



I: Rumslig variation i vittringshastighet

Mineralareaspecifik vittringshastighet från PROFILE

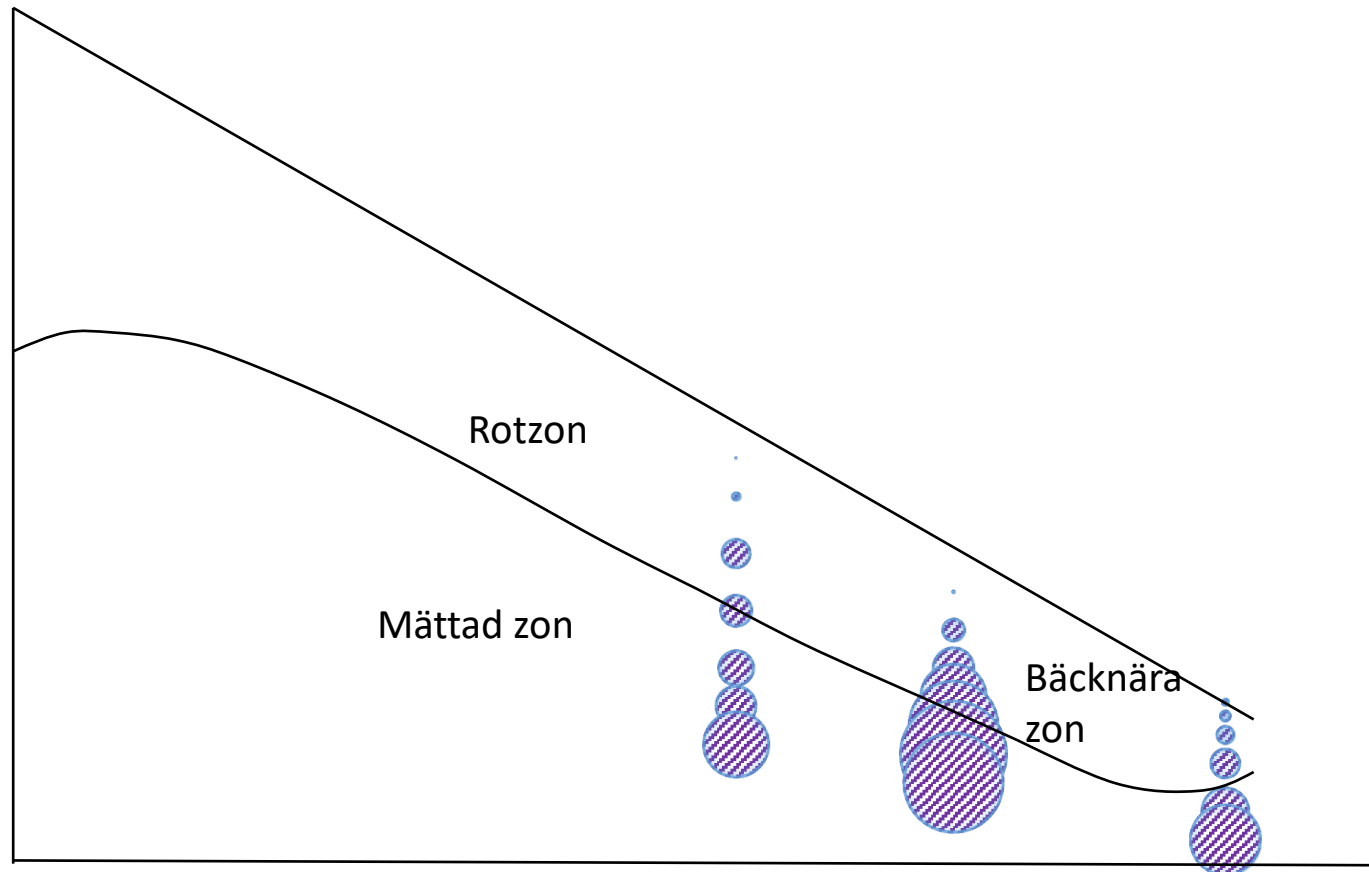


I: Var sker vittringen i en skogsslänt?

- Steg 3: Beräkna ytarealen för samtliga mineral i marken (K-fältspat, plagioklas, hornblände, biotit, pyroxen och and apatit). Multiplicera denna med den areaspecifika vittringshastigheten för att få det totala flödet av baskatjoner från olika delar av slänten ($\text{eq[BC]} \cdot \text{yr}^{-1} \cdot \text{dm}^{-3}[\text{soil}]$)

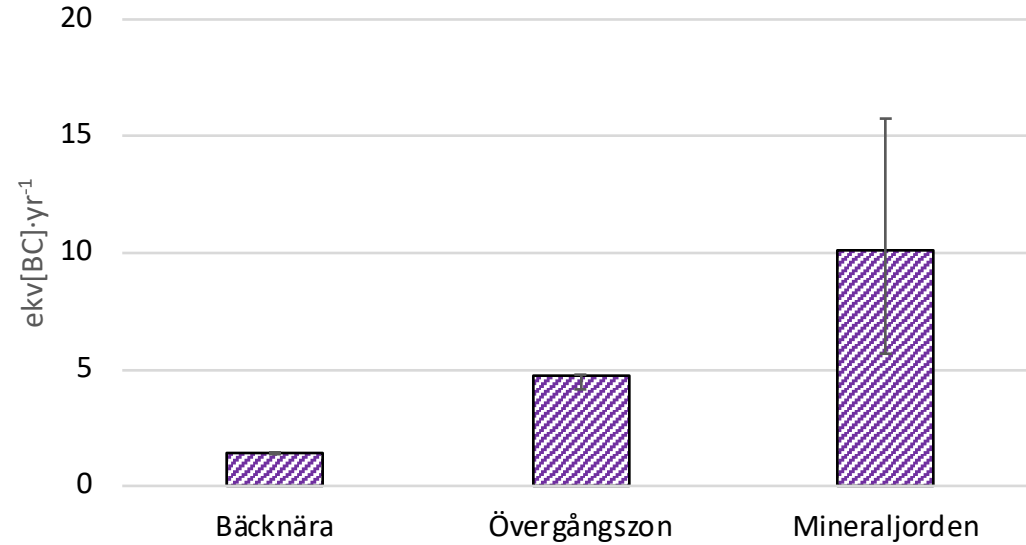
I: Rumslig variation i vittringshastighet

Baskatjonflödet från tre modeller

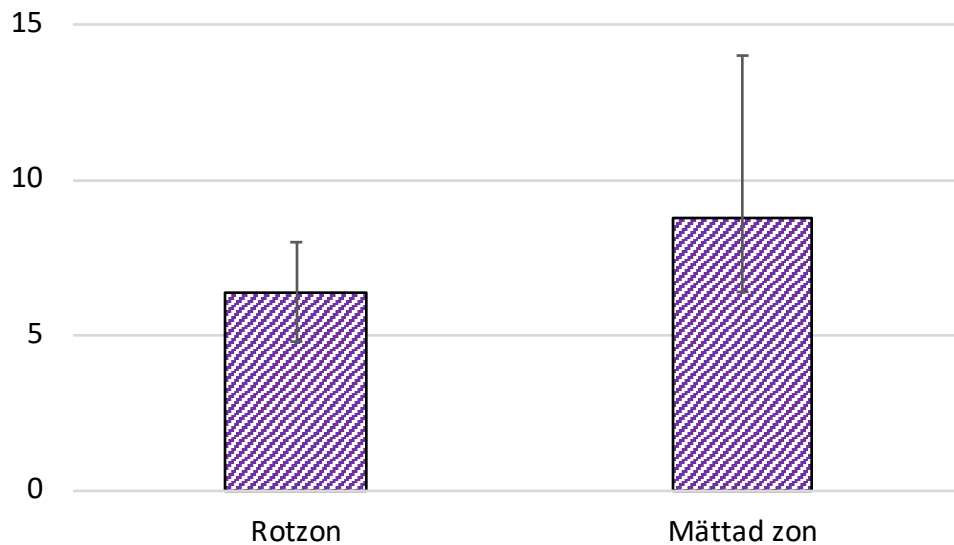


I: Var vittrar det?

*Bäcknära/
Övergångs-
zon/Upslope*



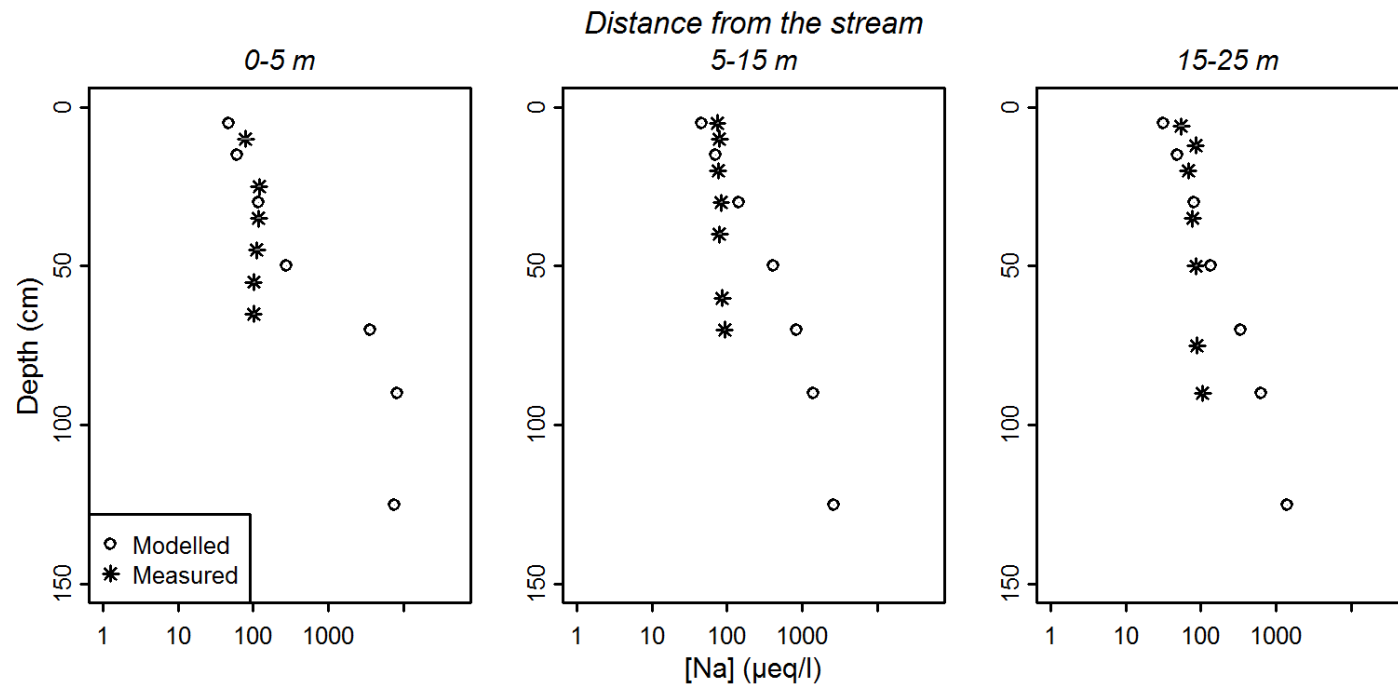
*Omättade/
Mättade zonen*



*55-65% av vittringen från den
mättade zonen – ej
växttillgängligt*

II: Reviderade ekvationer i PROFILE

- PROFILE anpassat för den omättade zonen – överskattar vittringen i den mättade zonen
- Särskilt för höga koncentrationer av Na^+



II: Reviderade ekvationer i PROFILE

Rate =

$$10^{(pK_H + E_H \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right))} \cdot \{H^+\}^{n1} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\{BC\}}{BC_{lim}}\right)^{m1} \cdot \left(1 + \frac{\{Al^{3+}\}}{Al_{lim}^{3+}}\right)^{p1}} +$$

[H⁺-term]

$$10^{(pK_{H2O} + E_{H2O} \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right))} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\{BC\}}{BC_{lim}}\right)^{m2} \cdot \left(1 + \frac{\{Al^{3+}\}}{Al_{lim}^{3+}}\right)^{p2}} +$$

[H₂O-term]

$$10^{(pK_{CO2} + E_{CO2} \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right))} \cdot P_{CO2}^{n3} +$$

[CO₂-term]

$$10^{(pK_R + E_R \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right))} \cdot \frac{\{R^-\}^{n4}}{\left(1 + \frac{\{R^-\}}{R_{lim}^-}\right)^{n4}} .$$

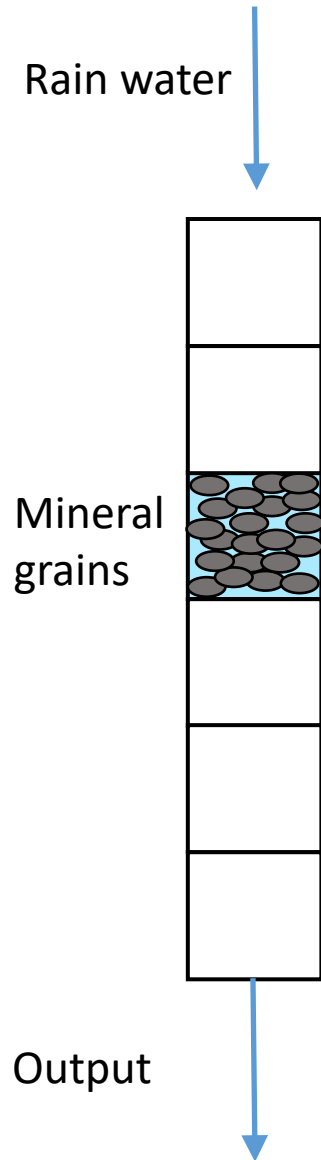
[R⁻-term]

II: Reviderade ekvationer i PROFILE

Rate =

$$\begin{aligned}
 & 10^{(pK_H + E_H) \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right)} \cdot \{H^+\}^{n1} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\{BC\}}{BC_{lim}}\right)^{m1} \cdot \left(1 + \frac{\{Al^{3+}\}}{Al_{lim}^{3+}}\right)^{p1} \cdot \left(1 + K_{Si} \left(\frac{\{Si\}}{Si_{lim}}\right)^{q1}\right)} + & \text{[H}^+\text{-term]} \\
 & 10^{(pK_{H2O} + E_{H2O}) \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right)} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\{BC\}}{BC_{lim}}\right)^{m2} \cdot \left(1 + \frac{\{Al^{3+}\}}{Al_{lim}^{3+}}\right)^{p2} \cdot \left(1 + K_{Si} \left(\frac{\{Si\}}{Si_{lim}}\right)^{q2}\right)} + & \text{[H}_2\text{O-term]} \\
 & 10^{(pK_{CO2} + E_{CO2}) \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right)} \cdot \frac{P_{CO2}^{n3}}{1 + K_{CO2} \cdot P_{CO2}^{n3}} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\{BC\}}{BC_{lim}}\right)^{m3} \cdot \left(1 + \frac{\{Al^{3+}\}}{Al_{lim}^{3+}}\right)^{p3} \cdot \left(1 + K_{Si} \left(\frac{\{Si\}}{Si_{lim}}\right)^{q3}\right)} + & \text{[CO}_2\text{-term]} \\
 & 10^{(pK_R + E_R) \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right)} \cdot \frac{\{R^-\}^{n4}}{\left(1 + \frac{\{R^-\}}{R_{lim}^-}\right)^{n4}} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\{BC\}}{BC_{lim}}\right)^{m4} \cdot \left(1 + \frac{\{Al^{3+}\}}{Al_{lim}^{3+}}\right)^{p4} \cdot \left(1 + K_{Si} \left(\frac{\{Si\}}{Si_{lim}}\right)^{q4}\right)} + & \text{[R}^-\text{-term]} \\
 & 10^{(pK_{OH} + E_{OH}) \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_{ref}} \right)} \cdot \{OH^-\}^{n1} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\{BC\}}{BC_{lim}}\right)^{m5} \cdot \left(1 + \frac{\{Al^{3+}\}}{Al_{lim}^{3+}}\right)^{p5} \cdot \left(1 + K_{Si} \left(\frac{\{Si\}}{Si_{lim}}\right)^{q5}\right)} & \text{[OH}^-\text{-term]}
 \end{aligned}$$

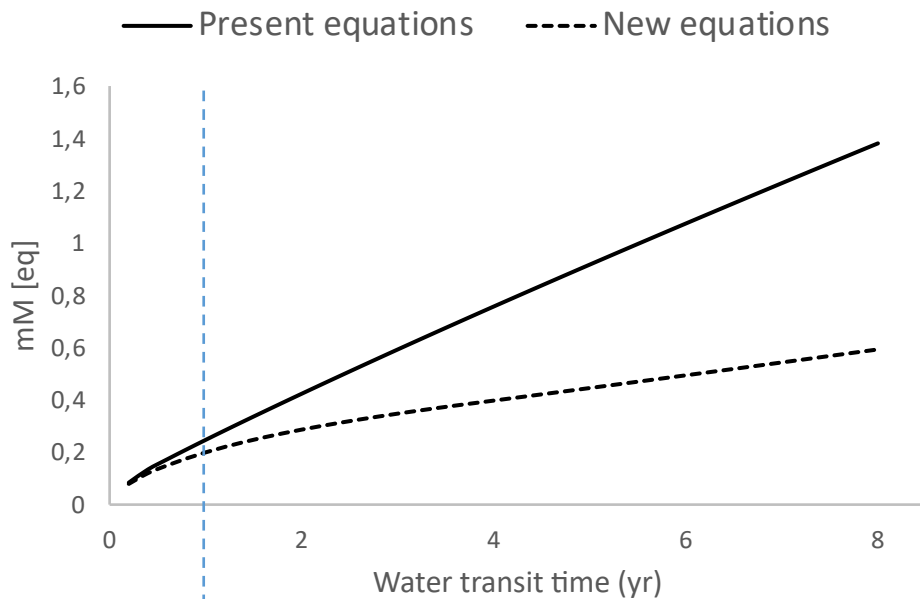
II: En 1D-modell längs en flödesväg



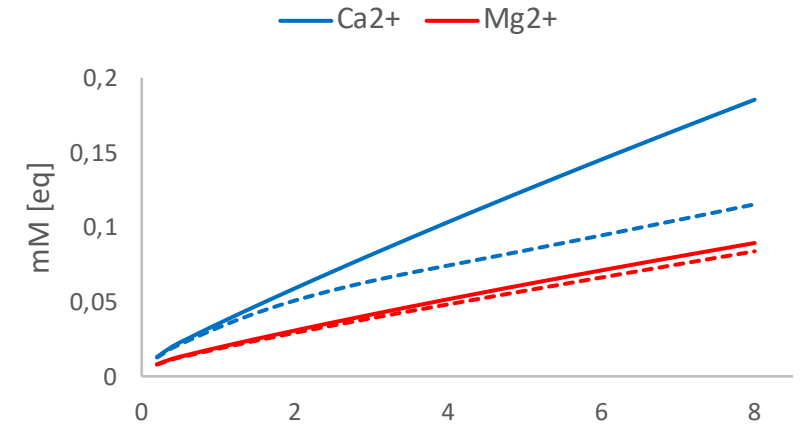
- Endast vittringsprocesser – inget växtupptag eller jonbyte
- Homogen jord – konstant DOC, CO_2 och kornstorlek
- Simuleringar med både de ursprungliga och reviderade PROFILE-ekvationerna
- Ger ett (platsspecifikt) samband mellan markvattenkoncentrationer av baskatjoner och vattnets uppehållstid i marken

II: Koncentrationer vs. uppehållstid

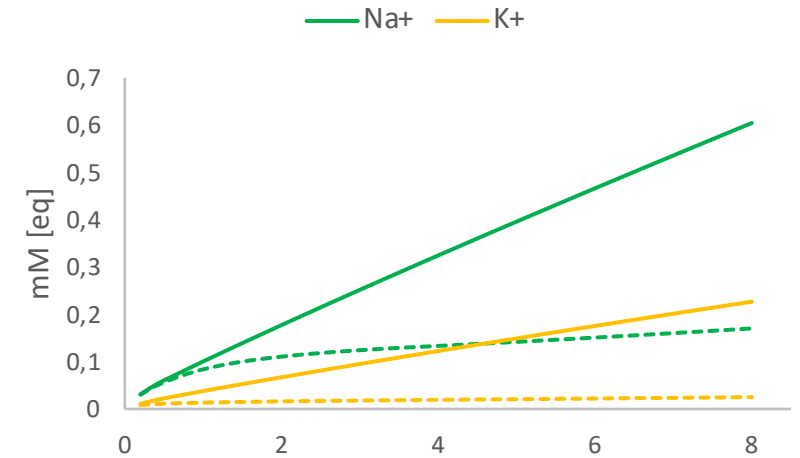
Total baskatjonkoncentration:



Ca²⁺, Mg²⁺:

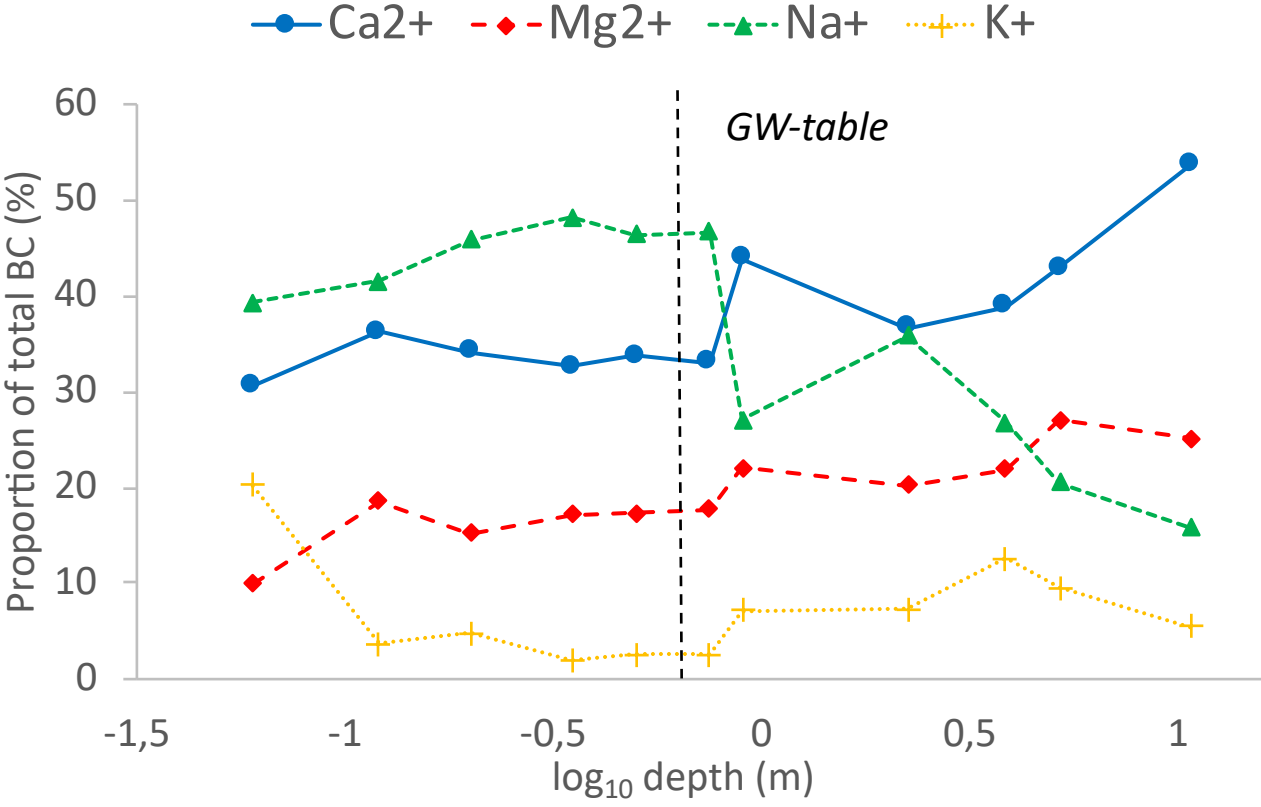


Na⁺, K⁺:



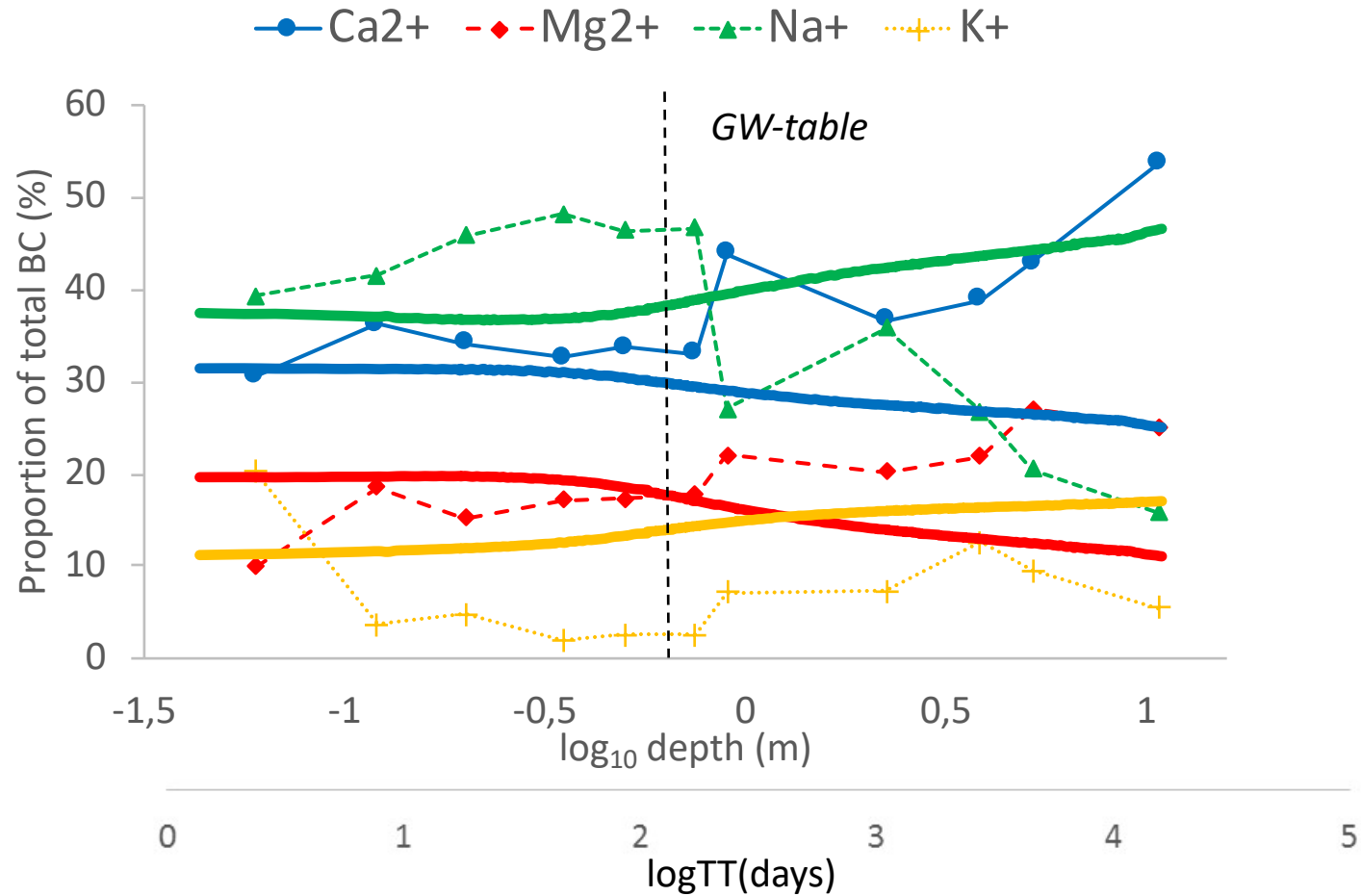
Rotzonen Mättade zonen

II: Baskatjonkvoter från en 10 m djupprofil

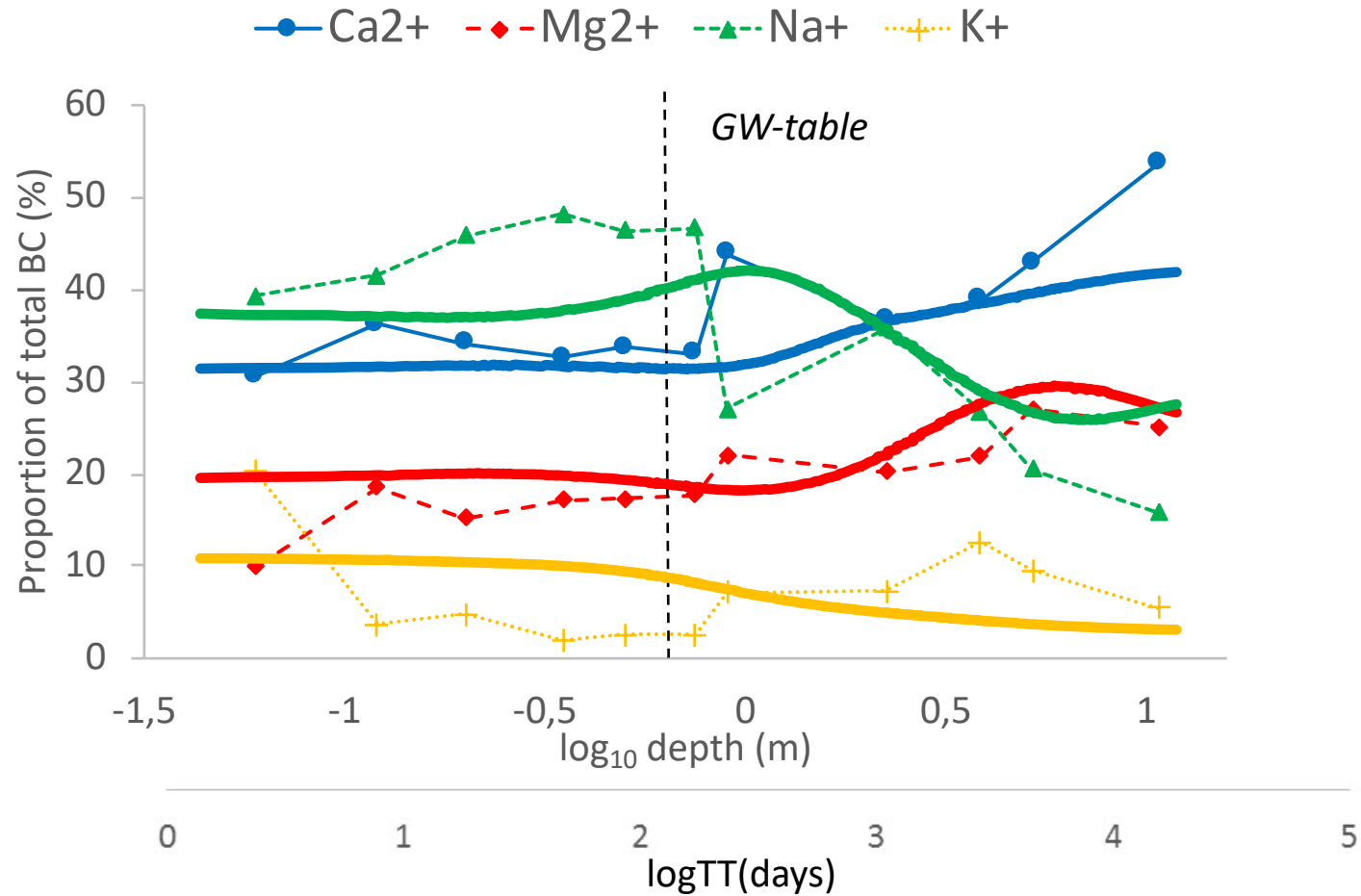


*BC-ratios
vs. soil depth*

II: Baskatjonkvoter från en 10 m djupprofil - *ursprungsekvationen från PROFILE*

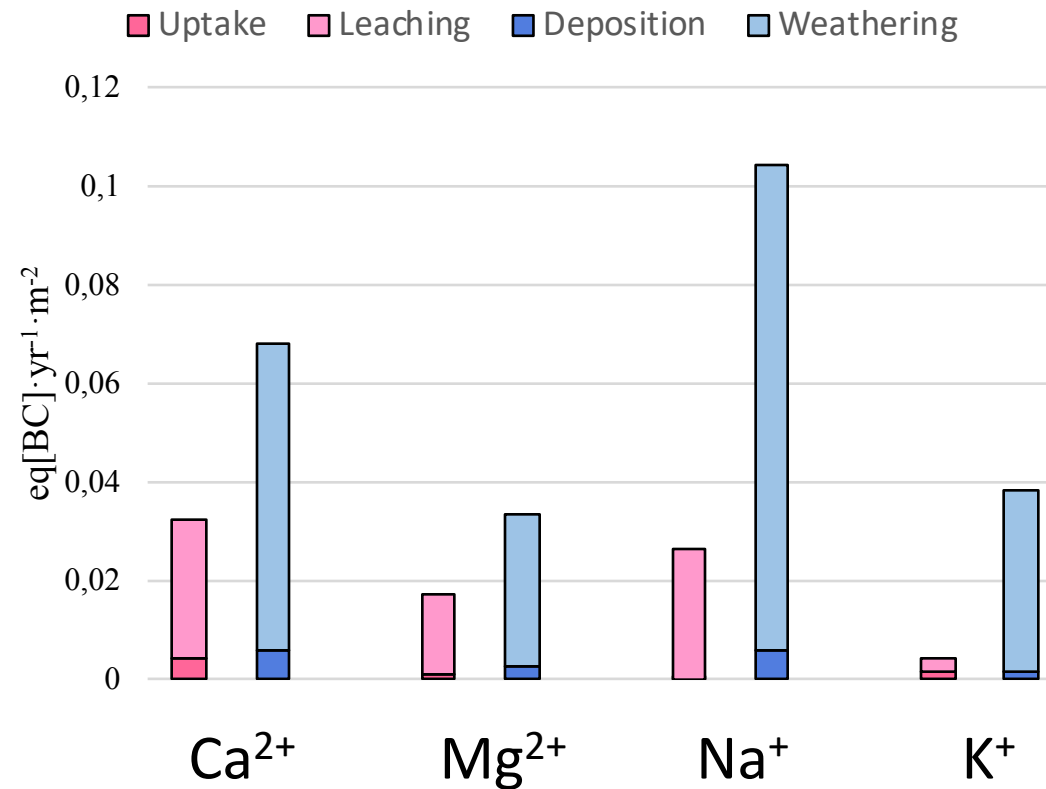


II: Baskatjonkvoter från en 10 m djupprofil - reviderade *PROFILE*-ekvationer



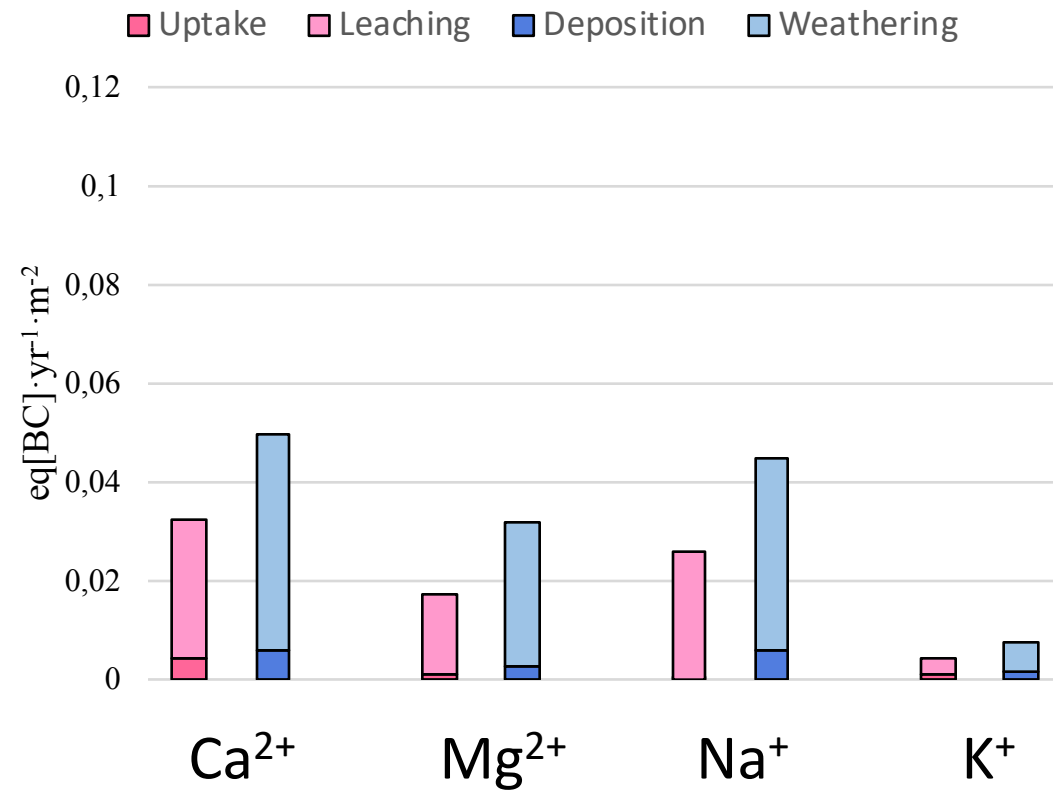
II: Massbalans för baskatjoner

*Ursprungliga
PROFILE-
ekvationerna*

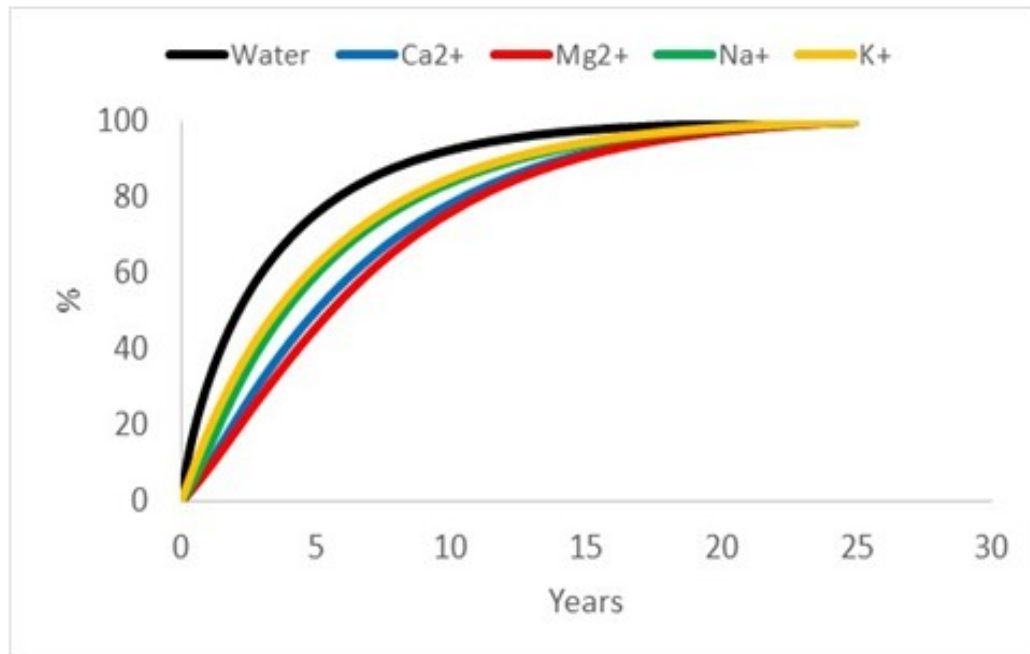


II: Massbalans för baskatjoner

*Reviderade PROFILE-
ekvationer*



II: Betydelsen av “gammalt” vatten



De 10% av det avrinnande vattnet som har längst uppehållstid i marken bidrar med:

- 20 % av transporten av envärda katjoner (Na⁺ och K⁺)
- 30 % av transporten av tvåvärda katjoner (Ca²⁺ och Mg²⁺)

Vad har vi uppnått?

- Vi har modeller för både hydrologi och vittring för 2D-modellering vittringsprodukter till avrinningen
- Behöver tillämpas på fler platser
- Behöver generalisera för att skala upp till avrinningsområdes skala, och i förlängningen regional och nationell nivå