

Charakterisierung des Herdes einer organischen Belastung mithilfe der Software OREOS®

Einsatz im schweizerischen Kontext

ChloroForum – 19. März 2014 – Bern



helenedemougeotrenard@eode.ch

www.eode.ch

+41 (0)79 671 96 22

Inhalt

- 1) Kontext
- 2) Theoretische Grundlagen
- 3) Test der Software an einem konkreten Fall
- 4) Persönliche Einschätzung der Software
- 5) Weitere Informationen

1) Kontext

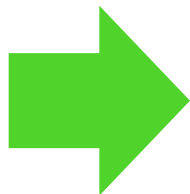
Fragen bei Feststellung einer Belastung durch organische Stoffe:

- Ist reine organische Phase (NAPL) vorhanden?
- Wie gross ist ihr Anteil im Untergrund?
- Wie ist ihre (räumliche) Ausdehnung im Untergrund?
- Ist die Phase mobil?
- Wie setzt sich die Phase zusammen (Anteile der verschiedenen enthaltenen Verbindungen)?
- Wie hoch sind die Konzentrationen der Verbindungen in den übrigen Phasen?
- *Werden die Stoffe biologisch abgebaut?*
- *Werden die Stoffe verfrachtet (transportiert)?*

1) Schweizerischer Kontext

Hilfsmittel zur Charakterisierung einer organischen Belastung

- Leitfaden CKW (ChloroNet 2008, aktualisiert 2009)
- Online-Tool zur Berechnung der Verteilung von CKW in den verschiedenen Phasen des Untergrundes (ChloroNet)
- Virtueller Eluattest: Rechnerische Herleitung der Konzentration einer organischen Substanz im Wasser ausgehend vom Gesamtgehalt der Substanz in einer Feststoffprobe (Vollzugshilfe «Analysenmethoden im Abfall- und Altlastenbereich», BAFU, Stand 2013)
- Arbeitshilfe «Probenahme und Analyse von Porenluft» (BAFU 1998)
- *TransSim: Simulationsmodell zur Abschätzung des Transports organischer Schadstoffe im Grundwasser und in der Atmosphäre (1D, 1 Verbindung)*



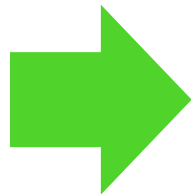
**Berechnungen OHNE reine organische Phase
mit nur 1 Verbindung**

1) Schweizerischer Kontext

Organische Phase (NAPL) vorhanden?

Basis: gemessene Konzentration einer Verbindung im Wasser (C_w)

- | | | |
|---|---|------------------------------|
| ■ $C_w > 10$ % der Wasserlöslichkeit | ➔ | Präsenz höchstwahrscheinlich |
| ■ $C_w 1\text{--}10$ % der Wasserlöslichkeit | ➔ | Präsenz wahrscheinlich |
| ■ $C_w 0,1\text{--}1$ % der Wasserlöslichkeit | ➔ | Präsenz möglich |



Faustregel
Wie sieht es bei Schadstoffgemischen aus?

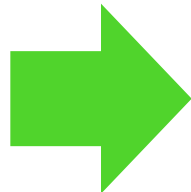
Leitfaden CKW, ChloroNet 2008

1) Kontext

Die Software OREOS® erlaubt es, die Verteilung der Belastung zwischen den Phasen (Wasser – Luft – Boden – NAPL) zu präzisieren

Ausgehend von den gemessenen Konzentrationen der Bestandteile i in Feststoffproben:

- Bestimmung, ob organische Phase vorhanden ist oder nicht;
- falls ja, Ermittlung ihrer Menge (Sättigung) und Mobilität
- falls ja, Berechnung ihres Volumens, ihrer Masse und Zusammensetzung (Molanteil und Konzentration des Bestandteils i in der NAPL)
- Berechnung der Verteilung der organischen Schadstoffe in den übrigen Phasen in Form von Konzentrationen und Massen in Feststoffproben
- Bestimmung des Volumenanteils jeder Phase in den Proben
- Berechnung der Konzentration des Bestandteils i in der NAPL)



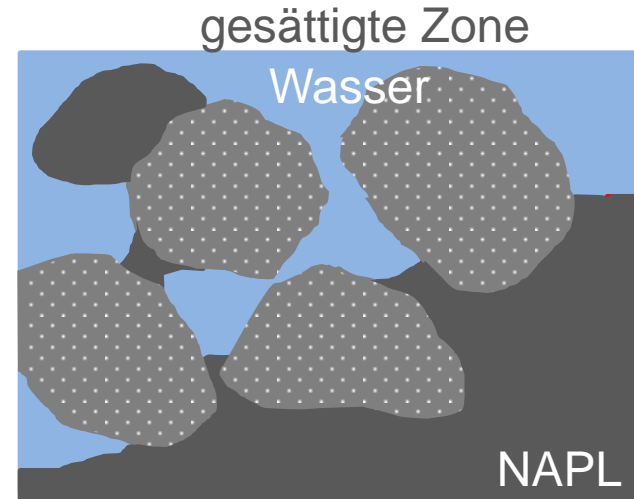
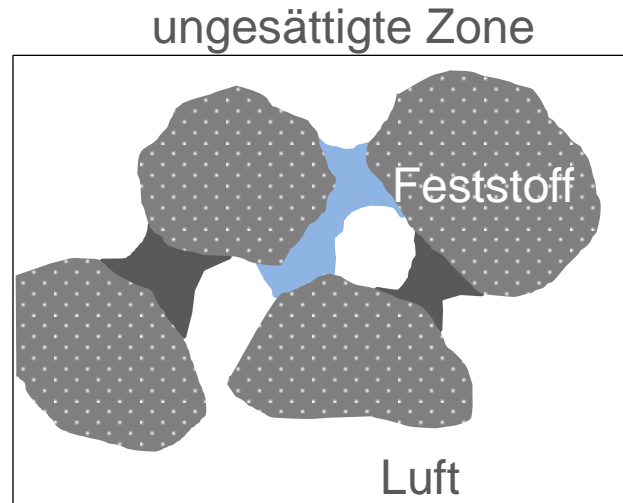
**MIT reiner organischer Phase
für Gemische organischer Schadstoffe**

2) Theoretische Grundlagen

Verteilungstheorie

Mariner et al., 1997

Oreos User's Guide, Burgeap, 2012

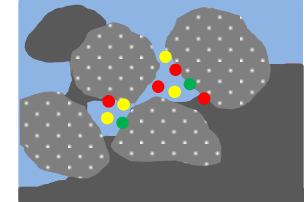
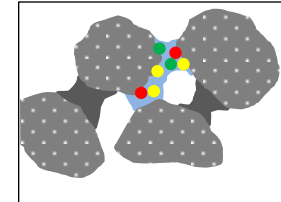


- Berechnungen bei Gleichgewichtsbedingungen für ideale Gemische
- Beziehungen der Verteilung organischer Schadstoffe zwischen zwei Phasen
- Massenerhaltungsgleichungen für die Bestandteile
- Volumenerhaltungsgleichung für die Bodenprobe
- Zustandsgleichungen – Dichte der verschiedenen Phasen

2) Theoretische Grundlagen

Adsorptionsisotherme – Verteilung der Verschmutzung zwischen Wasser und Feststoffen (adsorbiert an organischem Kohlenstoff)

$$C_s^i = K_{oc}^i \cdot f_{oc} \cdot C_w^i$$



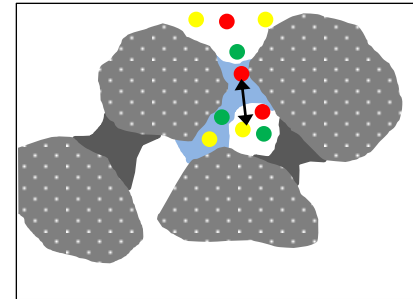
C_s^i	an organischem Bodenmaterial adsorbierte Konzentration des Bestandteils i	adsorbierte Masse des Bestandteils i im Verhältnis zur festen Masse der Probe
C_w^i	Konzentration des Bestandteils i im Wasser	Masse des Bestandteils i im Verhältnis zum Wasservolumen der Probe
K_{oc}^i	Koeffizient für die Verteilung des Bestandteils i zwischen fester Phase und Wasser	adsorbierte Masse des Bestandteils i im Verhältnis zur Masse von CO geteilt durch die im Wasservolumen der Probe gelöste Masse des Bestandteils i
f_{oc}	Massenanteil von organischem Kohlenstoff	Masse an organischem Kohlenstoff im Verhältnis zur Feststoffmasse in der Probe

- Geringe Temperaturabhängigkeit, aber sehr hohe pH-Sensibilität
- Lineares Verhältnis, falls $f_{oc} > 0,001$ und falls Massenanteil von Ton $> 3-7 \%$
- Andernfalls nicht linear, da signifikante Adsorption an Ton und mineralischen Oberflächen

2) Theoretische Grundlagen

Henry-Gesetz – Verteilung der Verschmutzung zwischen Luft und Wasser

$$C_a^i = K_H^i \cdot C_w^i$$



C_a^i Konzentration des Bestandteils i in der Bodenluft Masse des Bestandteils i im Verhältnis zum Luftvolumen der Probe

C_w^i Konzentration des Bestandteils i im Wasser Masse des Bestandteils i im Verhältnis zum Wasservolumen der Probe

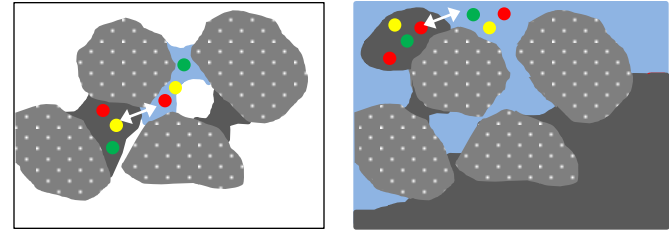
K_H^i Henry-Konstante ohne Dimension

- Lineares Verhältnis zwischen der Konzentration des Bestandteils i in der Bodenluft und seiner Konzentration im Wasser
- Starke Temperaturabhängigkeit

2) Theoretische Grundlagen

Raoult'sches Gesetz – Verteilung der Verschmutzung zwischen Wasser und NAPL

$$C_w^i = x_i \cdot S_i$$

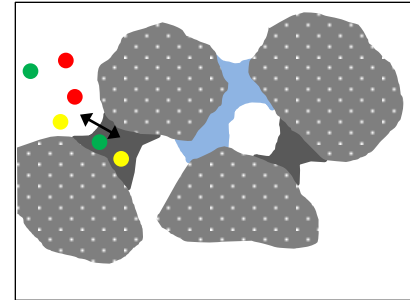


- | | | |
|---------|---|---|
| C_w^i | Konzentration des Bestandteils i im Wasser | Masse des Bestandteils i im Verhältnis zum Wasservolumen der Probe |
| x_i | Molanteil des Bestandteils i in der NAPL | Mol des Bestandteils i im Verhältnis zur Gesamtzahl Mol in der NAPL |
| S_i | Löslichkeit des reinen Bestandteils i im Wasser | Masse des Bestandteils i im Verhältnis zum Wasservolumen der Probe |
- C_w^i entspricht der tatsächlichen Löslichkeit des Bestandteils i, wenn bei Vorhandensein mehrerer Substanzen die Wasserphase und die NAPL im Gleichgewicht sind
 - Verhältnis nur gering temperaturabhängig

2) Theoretische Grundlagen

Raoult'sches Gesetz – Verteilung der Verschmutzung zwischen Luft und NAPL

$$P_i = x_i \cdot P_{vapi}$$



P_i Dampfdruck des Bestandteils i in der Bodenluftphase

Masse des Bestandteils i im Verhältnis zum Luftvolumen der Probe und zum Quadrat der Temperatur

x_i Molanteil des Bestandteils i in der NAPL

Mol des Bestandteils i im Verhältnis zur Gesamtzahl Mol in der NAPL


P_{vapi} Dampfdruck des reinen Bestandteils i (Sättigungsdampfdruck)

Masse des Bestandteils i im Verhältnis zum Luftvolumen der Probe und zum Quadrat der Temperatur

- Starke Temperaturabhängigkeit (Dampfdruck abhängig von der Temperatur in der OREOS-Datenbank)

2) Theoretische Grundlagen

Gleichung für die Erhaltung der Masse des Bestandteils i in der Feststoffprobe


$$M_t^i = M_w^i + M_a^i + M_{napl}^i + M_s^i$$

$$\rho_t \cdot C_t^i = \varphi_w \cdot C_w^i + \varphi_a \cdot C_a^i + \varphi_{napl} \cdot C_{napl}^i + \varphi_s \cdot \rho_s \cdot C_s^i$$

ρ_t Gesamtdichte der Probe, Masse im Gesamtvolumen der Probe

C_t^i Gesamtkonzentration des Bestandteils i in der Probe, Masse des Bestandteils i in der Gesamtmasse der Probe

C_{napl}^i Konzentration des Bestandteils i in der NAPL, Masse des Bestandteils i im NAPL-Volumen

φ_{napl} NAPL-Volumen im Gesamtvolumen der Probe

ρ_s Dichte des Feststoffs in der Probe, Feststoffmasse im Gesamtvolumen der Probe

2) Theoretische Grundlagen

Volumenerhaltungsgleichung für eine Bodenprobe

$$\left. \begin{aligned} \varphi_s + \varphi_w + \varphi_a + \varphi_{napl} &= 1 \\ \varphi &= \varphi_w + \varphi_a + \varphi_{napl} \end{aligned} \right\} \varphi_s = 1 - \varphi$$

φ_s Anteil des Bodenvolumens am Gesamtvolumen der Probe

φ_w Anteil des Wasservolumens am Gesamtvolumen der Probe

φ_a Anteil des Luftvolumens am Gesamtvolumen der Probe

φ_{napl} Anteil des NAPL-Volumens am Gesamtvolumen der Probe

φ Gesamtporosität der Probe: Anteil des Hohlraumvolumens am Gesamtvolumen der Probe

2) Theoretische Grundlagen

Zustandsgleichungen – Dichten der verschiedenen Phasen

$$\rho_n = \frac{\sum_i m_{napli}}{\sum_i V_{napli}} = \frac{\sum_i m_{napli}}{\sum_i m_{napli} / \rho_i}$$

Dichte der NAPL (Gemisch der Bestandteile i)

$$\rho_w \approx \rho_{H_2O}$$

Dichte der Wasserphase

$$\rho_a \approx \rho_{air\ sec} = 1.225 \text{ g/L}$$

Dichte der trockenen Luft bei 15 °C und 1 atm

ρ_n	Dichte der NAPL (Gemisch der Bestandteile i)
m_{napli}	Masse des Bestandteils i in der NAPL
V_{napli}	Volumen des Bestandteils i in der NAPL
ρ_i	Flüssigdicke des reinen Bestandteils i

2) Theoretische Grundlagen

Berechnungen

- Anzahl der Gleichungen ist proportional zur Anzahl organischer Bestandteile
- Auflösung des Gleichungssystems durch ein numerisches Verfahren
- Beginn der Berechnungen unter der Annahme, dass die Bodenproben keine organische Phase enthalten → Gleichung für die Erhaltung der Masse ohne NAPL (virtueller Eluattest – Vollzugshilfe BAFU):

$$C_w^i = \frac{C_t^i \cdot \rho_t}{\varphi_w + K_H^i \cdot (\varphi - \varphi_w) + f_{oc} \cdot K_{oc}^i \cdot \rho_s \cdot (1 - \varphi)}$$

- Für weitere Berechnungen Anwendung des Kriteriums für das Vorhandensein organischer Phase:

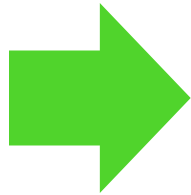
$$\sum_i \frac{C_w^i}{S_i} \geq 1$$

3) Test der Software an einem konkreten Fall

Ausgangsdaten

Konzentrationen an organischen Substanzen in den Bodenproben

- 24 Bodenproben (toniger Lehm, Mergel, Kalk) aus 0–20 m Tiefe
- In den Feststoffen gemessene Konzentrationen von CKW, PAK, HT-Index, PCB, C5-C10, BTEX (mg/kg ms)
- Grundwasser in ~ 10 m Tiefe (7 Proben aus GZ)



Problem der Sammelindizes

Unvollständige Analyse der Proben aus den tiefsten Schichten

Eigenschaften der Bestandteile in der Datenbank (DB)

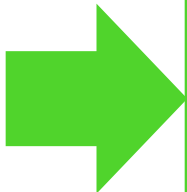
- 1 in der DB nicht vorhandene Substanz → 1,2-Dibromethan < LOQ → gelöscht
- Keine (Flüssig-)Dichte bei 25 °C und keine Wasserlöslichkeit für gewisse PAK → nachgeschlagen in Wikipedia und in DB erfasst

3) Test der Software an einem konkreten Fall

Ausgangsdaten

Physikalische Bodeneigenschaften

- Gesamtporositäten unbekannt (Volumen Hohlräume/Gesamtvolumen) ➡ plausible Werte von **www.wwhypda.org**
- Wassergehalte (Volumenanteile Wasser) ➡ gemessene Werte für einige Proben, Extrapolationen auf übrige Proben
- Massenanteile von organischem Kohlenstoff ➡ gemessene Werte für einige Proben, Extrapolationen auf übrige Proben
- Trockenmassegehalte (Massenanteile) ➡ üblicherweise vom Analyselabor geliefert, aber hier nicht verfügbar ➡ 90 % des Standardwertes für alle Proben

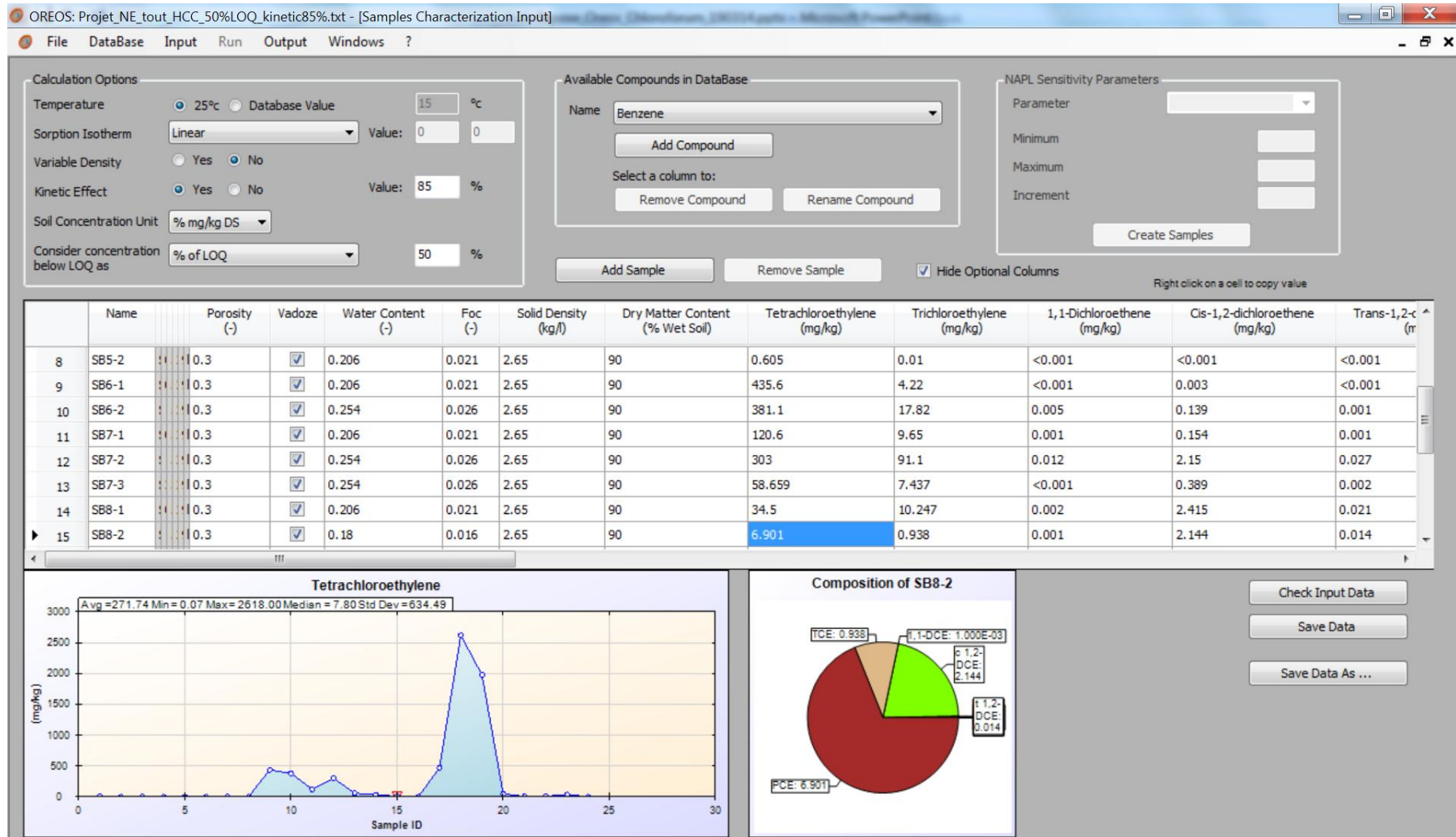


Trockenmassegehalt beim Labor anfordern

Einige petrophysische Analysen der verschiedenen Bodentypen durchführen
Berechnung einer Porosität ausgehend von den übrigen Bodeneigenschaften
mithilfe der im OREOS Benutzerhandbuch beschriebenen Beziehungen
Erarbeitung einer kollaborativen Datenbank?

3) Test der Software an einem konkreten Fall

Ausgangsdaten



3) Test der Software an einem konkreten Fall

Datenbank der Eigenschaften organischer Bestandteile

OREOS: Projet_NE_tout_HCC_50%LOQ_kinetic85%.txt - [Compound DataBase: db_oreos.txt]

File DataBase Input Run Output Windows ?

	Name	Short Name	Molecular Formula	Molecular Weight (g/mol)	Liquid Density at 25°C (kg/l)	Liquid Density at chosen T° (kg/l)	Water Solubility at 25°C (mg/l)	Water Solubility at chosen T° (mg/l)	Vapor Pressure at 25°C (kPa)	Vapor Pressure at chosen T° (kPa)
103	2,3,4-Trimethylpentane	2,3,4-TMPENT	C8H18	114.23	0.716	0.724	2.3	1.407	3.61	3.613
104	n-Heptane	n-Heptane	C7H16	100.2	0.682	0.690	2.24	2.318	6.13	6.075
105	n-Octane	n-Octane	C8H18	114.22	0.699	0.706	0.43	0.452	1.88	1.872
106	n-Nonane	n-nonane	C9H20	128.2	0.715	0.723	0.122	0.128	0.59	0.593
107	n-Decane	n-Decane	C10H22	142.3	0.728	0.736	0.052	0.055	0.19	0.190
108	n-Dodecane	n-Dodecane	C12H26	170.3	0.745	0.752	3.70E-03	0.004	0.018	0.018
109	n-hexadecane	n-hexadecane	C16H34	226.4	0.77	0.777	9.00E-04	0.001	1.91E-04	0.000
110	n-Eicosane	n-Eicosane	C20H42	282.5	0.7886	0.790	1.90E-03			0.000
111	Acenaphthene	ACE	C12H10	154.21	1.2194	1.047	3.89		3.33E-04	1.9E-04
112	Acenaphthylene	ACY	C12H8	152.2	0.899		16.1		1.22E-04	
113	Anthracene	ANT	C14H10	178.23	1.252	1.094	0.0434		8.76E-07	1.8E-07
114	Benzo(a)anthracene	BaA	C18H12	228	1.274		9.40E-03		6.67E-10	
115	Benzo(a)pyrene	BaP	C20H12	252.3	1.351		1.6E-03		7.32E-10	
116	Benzo(b)fluoranthene	BbF	C20H12	252.27			1.2E-03		6.67E-08	
117	Benzo(g,h,i)perylene	BghiP	C22H12	276	1.329		2.60E-04		1.33E-11	
118	Benzo(k)fluoranthene	BkF	C20H12	252.27			8.00E-04		1.2901E-10	
119	Chrysene	CHY	C18H12	228.26	1.274	1.278	1.9E-03		8.30E-10	1.1E-10
120	Dibenzo(a,h)anthracene	dBaA	C22H14	278.35	1.282		5.99E-04		1.33E-11	
121	Fluoranthene	FLT	C16H10	202.22	1.252	1.165	0.26		1.23E-06	1.5E-06
122	Fluorene	FLU	C13H10	166.2	1.203	1.380	1.98		4.26E-05	5.0E-05
123	Indeno(1,2,3-CD)pyrene	IndPYR	C22H12	276.29			6.2E-2 (20°)		1.33E-11	
124	1-Methylnaphthalene	1-MNAPH	C11H10	142.2	1.0202	1.024	25.8		8.93E-03	9.0E-03
125	2-Methylnaphthalene	2MNAPH	C11H10	142.2	1.0058	1.005	24.6		7.33E-03	7.9E-03
126	Naphthalene	NAPH	C10H8	128.16	1.162	1.030	31		1.13E-02	3.5E-02
127	Phenanthrene	PHE	C14H10	178.23	1.179	1.119	1.15		1.61E-05	7.3E-05

Load Compound DataBase

3) Test der Software an einem konkreten Fall

Berechnungen (run)

OREOS: Projet_NE_tout_HCC_50%LOQ_kinetic85%.txt - [Calculation]

File DataBase Input Run Output Windows ?

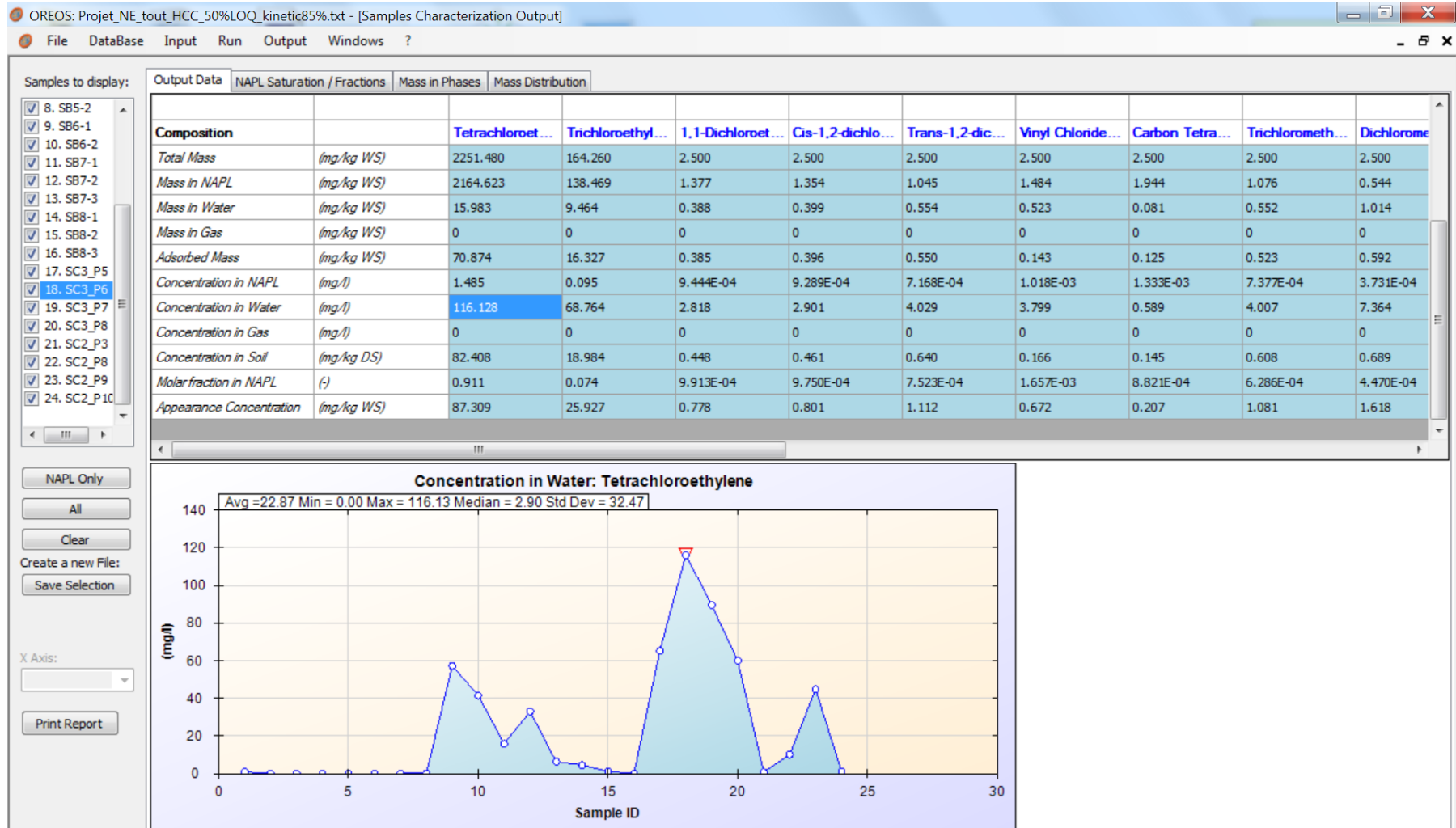
Start Maximum Number of Iterations 100 File: Projet_NE_tout_HCC_50%LOQ_kinetic85%.txt
Cancel Tolerance 1E-06 Finished

	Name	Test	Nit	INFO	Residual	NAPLSat
1	SB1-1	6.448E-03	0	1	0	0
2	SB1-2	1.573E-04	0	1	0	0
3	SB2-1	4.448E-04	0	1	0	0
4	SB2-2	6.844E-05	0	1	0	0
5	SB4-2	1.454E-04	0	1	0	0
6	SB4-3	9.835E-05	0	1	0	0
7	SB5-1	4.849E-04	0	1	0	0
8	SB5-2	5.379E-04	0	1	0	0
9	SB6-1	0.383	0	1	0	0
10	SB6-2	0.281	0	1	0	0
11	SB7-1	0.109	0	1	0	0
12	SB7-2	0.243	0	1	0	0
13	SB7-3	0.045	0	1	0	0
14	SB8-1	0.034	0	1	0	0
15	SB8-2	8.601E-03	0	1	0	0
16	SB8-3	5.306E-05	0	1	0	0
17	SC3_P5	0.548	0	1	0	0
18	SC3_P6	24.223	5	1	2.336E-05	1.048
19	SC3_P7	20.776	8	1	2.815E-05	1.005
20	SC3_P8	0.723	0	1	0	0
21	SC2_P3	6.068E-03	0	1	0	0
22	SC2_P8	0.098	0	1	0	0
23	SC2_P9	0.438	0	1	0	0
24	SC2_P10	0.023	0	1	0	0

2 Proben mit NAPL Sättigungen ~ 1 %

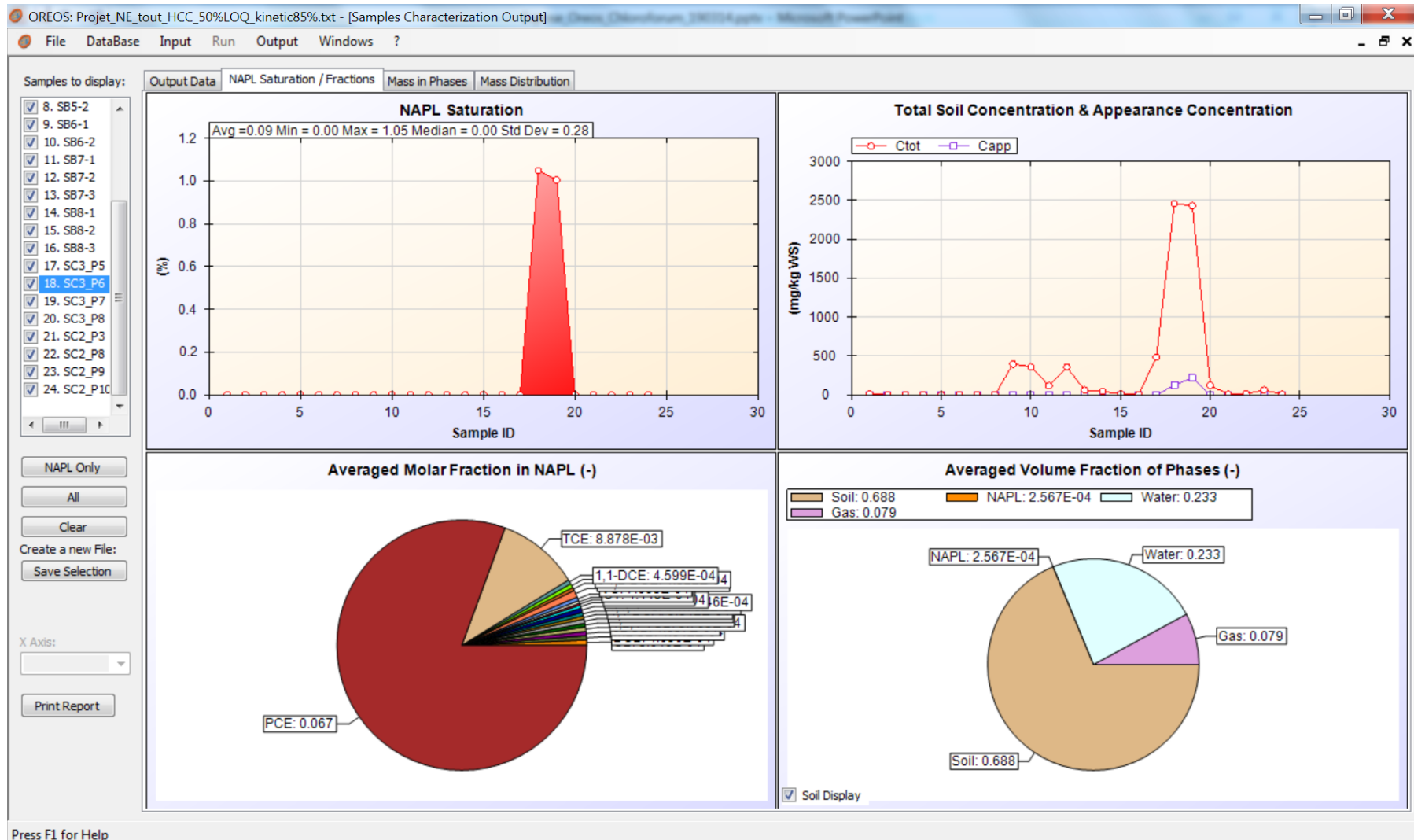
3) Test der Software an einem konkreten Fall

Resultate – 1



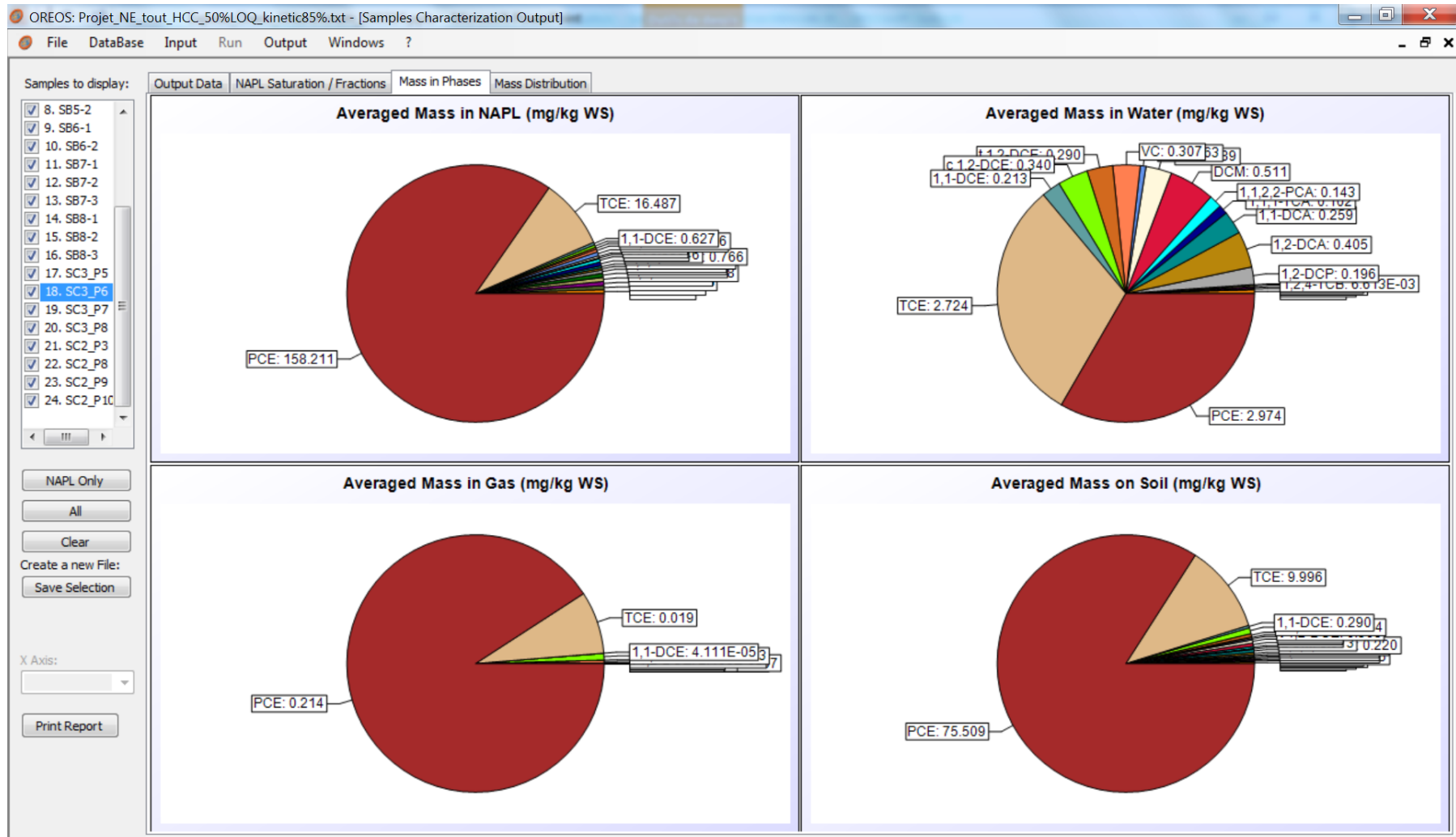
3) Test der Software an einem konkreten Fall

Resultate – 2



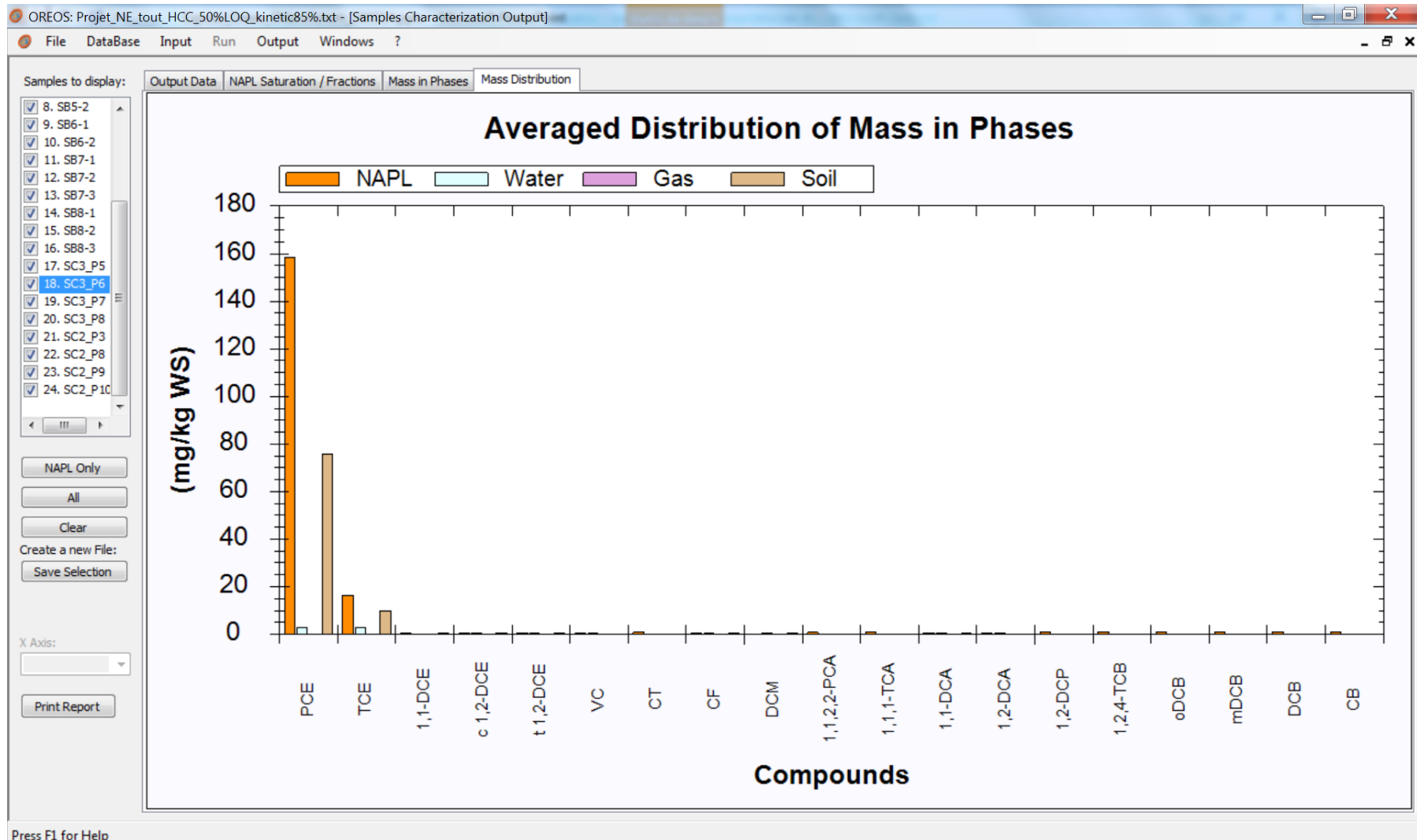
3) Test der Software an einem konkreten Fall

Resultate – 3



3) Test der Software an einem konkreten Fall

Resultate – 4



Press F1 for Help

3) Test der Software an einem konkreten Fall

Validitätskontrolle

Vergleich der im Wasser gemessenen Konzentrationen und den mit OREOS berechneten Werten

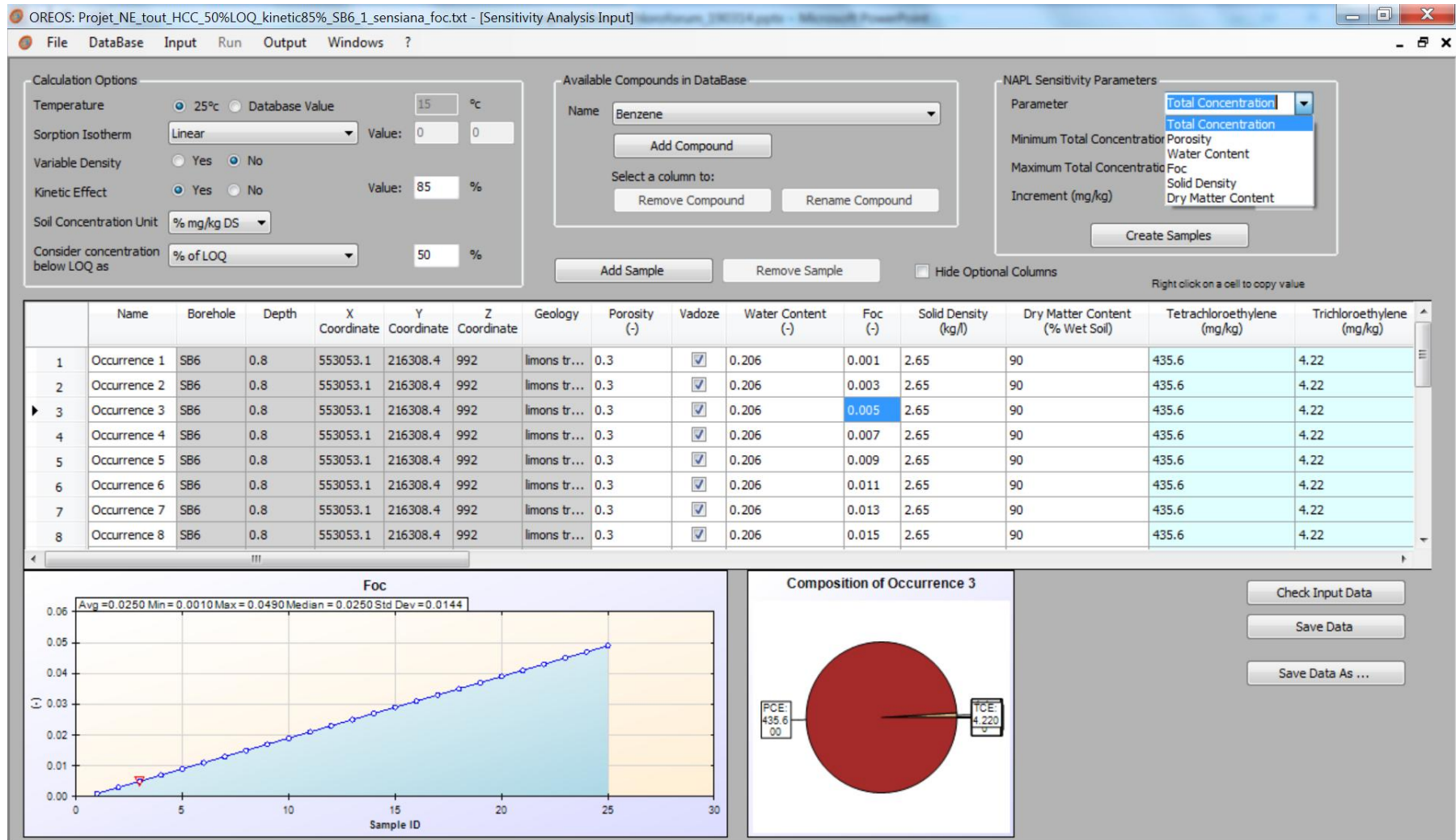
	somme en 10 ⁻⁶ mol/L	PER μg/L	TRI μg/L	1,1-DCE μg/L	cis-1,2-DCE μg/L	-1,2-DCE μg/L	CV μg/L
Conc_Eau_Mesurées	1181	126800	52200	13	1500	12.3	0.4
Conc_Eau_Calculées	1889	136915	79323	3136	3221	4364	4264
Eau_Calculées_85%KE	1644	116128	68764	2818	2901	4029	3799

Erklärung der beobachteten Abweichungen:

- Lokales Ungleichgewicht (kinetischer Effekt auf 85 % gesetzt)
- Biologischer Abbau (niedrigere Molsumme der Verbindungen in der Wasserprobe)
- Unterschiedliche Träger (Wasser aus 1,28 m Tiefe, Boden aus 2 m Tiefe)
- In den Berechnungen ausgeklammerte Substanzen (Einfluss auf die Zusammensetzungen der verschiedenen Phasen)
- Schadstofftransportmechanismen ausgeklammert
- Annäherungsberechnungen (Parameter der Literatur entnommen)

3) Test der Software an einem konkreten Fall

Sensitivitätsanalyse – Einfluss von foc auf die Resultate



3) Test der Software an einem konkreten Fall

Sensitivitätsanalyse – Einfluss von foc auf die Resultate

OREOS: Projet_NE_tout_HCC_50%LOQ_kinetic85%_SB6_1_sensiana_foc.txt - [Calculation]

File DataBase Input Run Output Windows ?

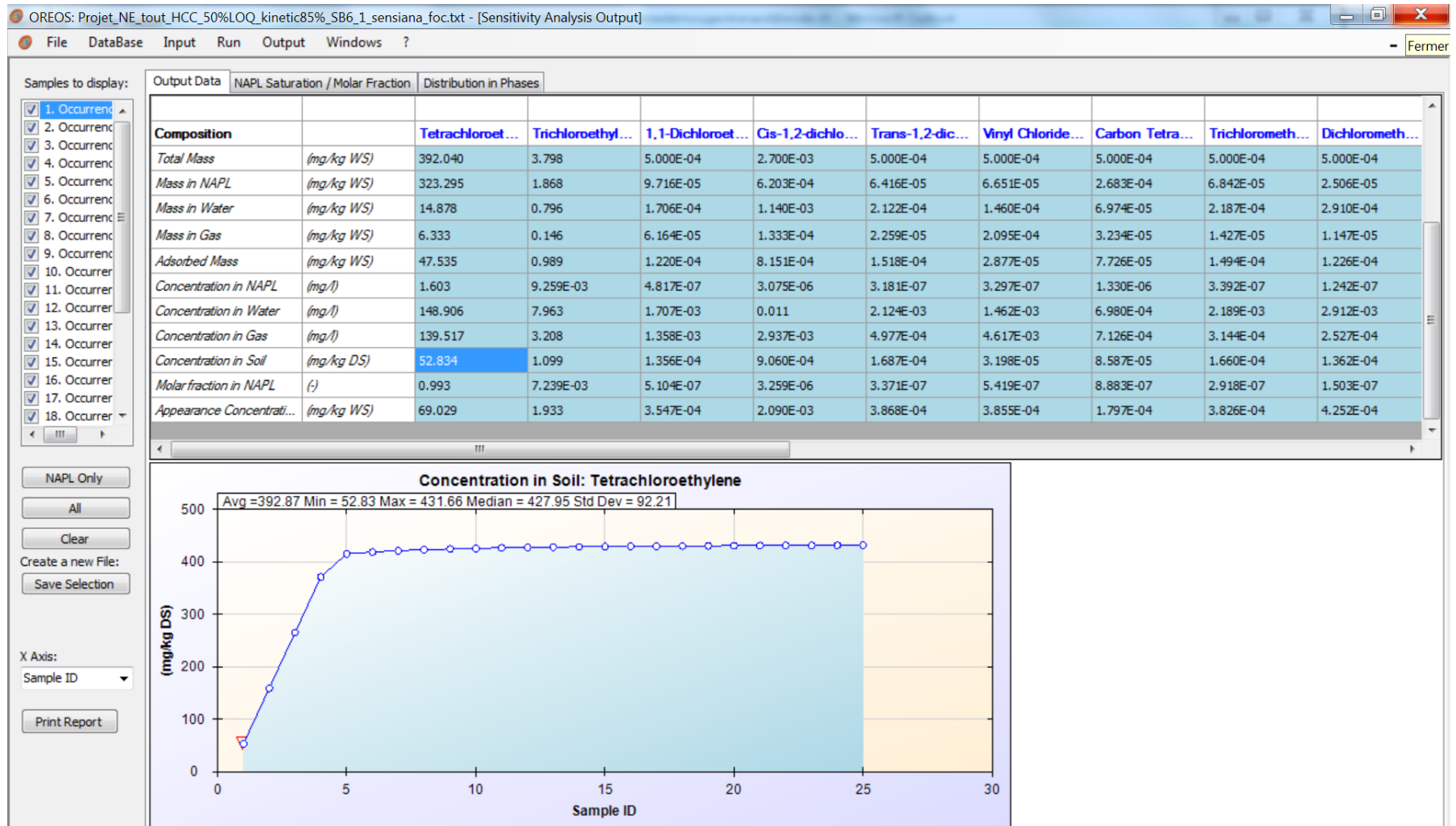
Start Maximum Number of Iterations 100 File: Projet_NE_tout_HCC_50%LOQ_kinetic85%_SB6_1_sensiana_foc.txt
Cancel Tolerance 1E-06 Finished

	Name	Test	Nit	INFO	Residual	NAPLSat
1	Occurrence 1	5.672	5	1	3.888E-04	0.139
2	Occurrence 2	2.382	9	1	4.694E-04	0.098
3	Occurrence 3	1.507	14	1	5.551E-09	0.057
4	Occurrence 4	1.103	5	1	2.903E-04	0.016
5	Occurrence 5	0.869	0	1	0	0
6	Occurrence 6	0.717	0	1	0	0
7	Occurrence 7	0.611	0	1	0	0
8	Occurrence 8	0.532	0	1	0	0
9	Occurrence 9	0.471	0	1	0	0
10	Occurrence 10	0.422	0	1	0	0
11	Occurrence 11	0.383	0	1	0	0
12	Occurrence 12	0.350	0	1	0	0
13	Occurrence 13	0.323	0	1	0	0
14	Occurrence 14	0.299	0	1	0	0
15	Occurrence 15	0.279	0	1	0	0
16	Occurrence 16	0.261	0	1	0	0
17	Occurrence 17	0.246	0	1	0	0

NAPL mit den niedrigsten foc-Werten

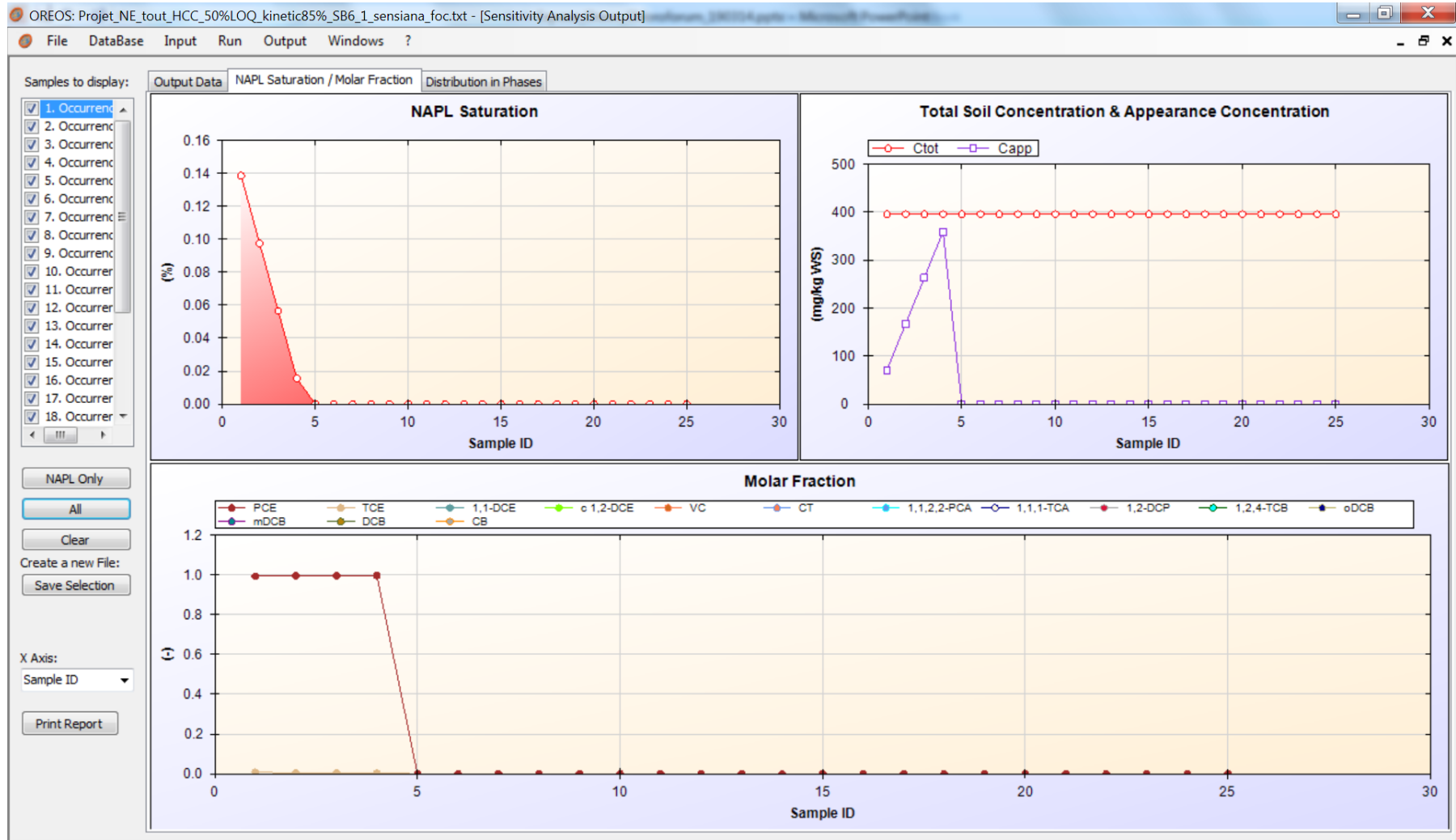
3) Test der Software an einem konkreten Fall

Sensitivitätsanalyse – Einfluss von foc auf die Resultate



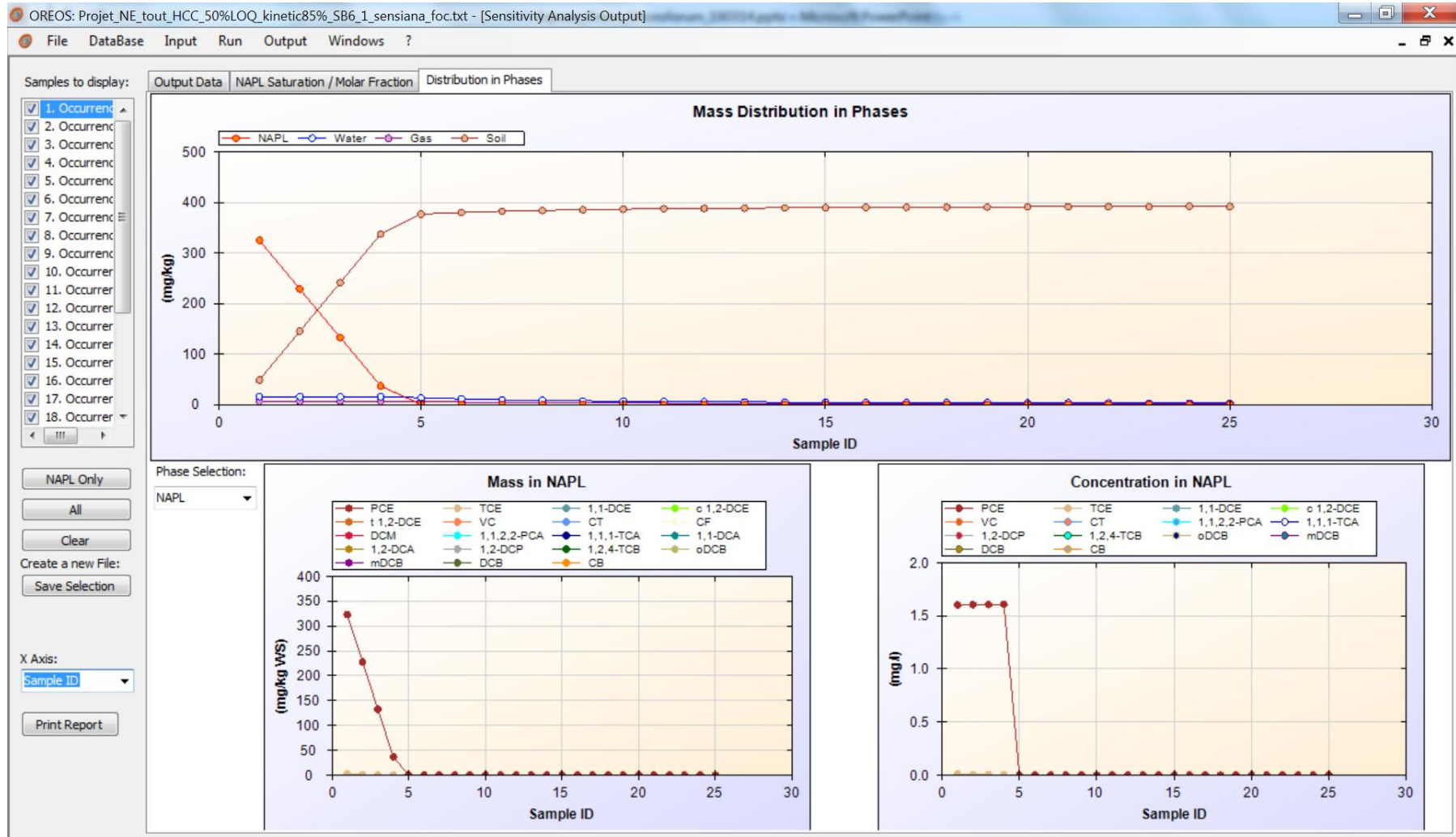
3) Test der Software an einem konkreten Fall

Sensitivitätsanalyse – Einfluss von foc auf die Resultate



3) Test der Software an einem konkreten Fall

Sensitivitätsanalyse – Einfluss von foc auf die Resultate



4) Persönliche Einschätzung der Software

Vorteile

- Gründliche Berechnung der Schadstoffverteilung unter den verschiedenen Phasen im Gleichgewicht (keine Rechenfehler)
- Rasche Verarbeitung grosser Datenmengen (Statistiken)
- Datenbank der Eigenschaften der häufigsten organischen Stoffe (erweiterbar)
- Nutzung der Resultate zur kartografischen Darstellung von Verschmutzungsherden, zur Abschätzung der Volumen, zur Modellierung des Schadstofftransports usw.
- Hilfreiche grafische Darstellung der Ausgangsdaten und der Berechnungsergebnisse
- Interessante Sensitivitätsanalyse zur Untersuchung des Einflusses der Untergrundeigenschaften auf die Schadstoffverteilung in den verschiedenen Phasen
- Benutzerfreundlichkeit
- Sinnvolle Ergänzung der in der Schweiz verfügbaren Hilfsmittel bei Vorhandensein von NAPL und Gemischen von organischen Schadstoffen (aber auch einsetzbar, wenn keine NAPL vorhanden ist)

4) Persönliche Einschätzung der Software

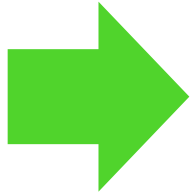
Einsatz im Rahmen der schweizerischen Vorschriften

- Besseres Verständnis der Verteilung einer organischen Belastung
- Hilfe bei der Abgrenzung des Herdes (NAPL)
- Einsatz zum Zeitpunkt der Detailuntersuchung hilfreich
- Unterstützung bei der Wahl der Sanierungsverfahren
- Einsatz in der Voruntersuchung liefert Angaben zum Vorhandensein weiterer, nicht analysierter organischer Verbindungen
- Vergleich der berechneten Konzentrationen im Wasser und in der Luft mit den Referenzwerten nach AltIV ► es gelten dieselben Vorsichtsmassnahmen wie in Bezug auf virtuelle Eluattests (Vollzugshilfe BAFU 2013, S. 62)

4) Persönliche Einschätzung der Software

Robuste Hypothesen

- Berechnungen unter Gleichgewichtsbedingungen (trotz möglicher Option «kinetischer Effekt»)
- Ideale Gemische



**Gilt für alle auf dem Markt erhältlichen Lösungen
Liefert dennoch Antworten auf die üblichen Fragen**

Einschränkungen

- Physikalische Bodeneigenschaften müssen bekannt sein
- Alle vorhandenen organischen Substanzen müssen quantifiziert werden
- Problematik der globalen Untersuchung von Verbindungen (HT-Index, C5-C10, PCB)
- Interpretation der Resultate erfordert ein umfassendes Verständnis des Verhaltens organischer Schadstoffe im Untergrund

Weitere Informationen

- www.oreos-software.com
oreos@burgeap.fr

- Sébastien Kaskassian - Directeur de projet r&d
s.kaskassian@burgeap.fr
Tel. +33 (0)4.37.91.20.55 / +33 (0)6.82.58.32.99

- Hélène Demougeot-Renard
helenedemougeotrenard@eode.ch
Tel. +41 (0)79.671.96.22


Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!