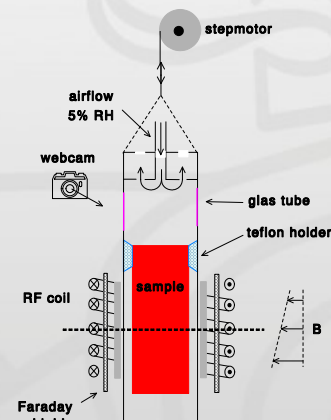
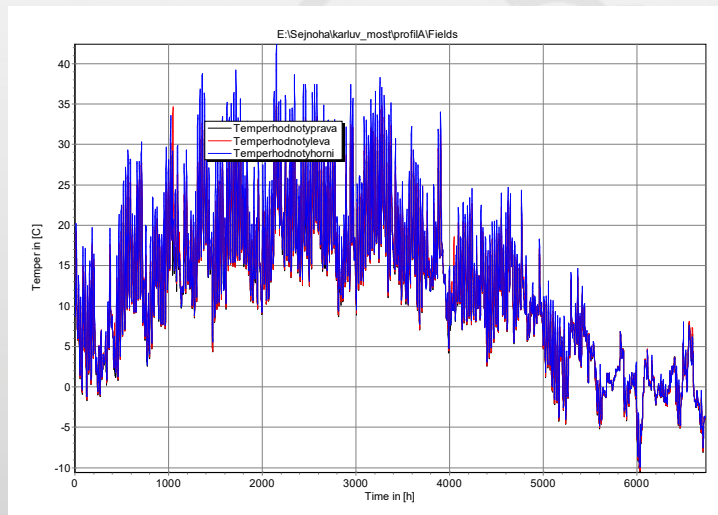


Vliv prostředí na stavební materiály

2P + 2C





Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

Plánovaná osnova předmětu

				Název	Obsah
st	27.09.				
čt	28.09.				
st	04.10.	1	JM	Úvod	
čt	05.10.	1			Individuální příprava, samostudium
st	11.10.	2	VK	Degradace, ochrana	
čt	12.10.	2			Základní práce s daty (Excel, PS Pad), vědecké nástroje pro prezentaci dat (Veusz)
st	18.10.	3	JM	Modely	
čt	19.10.	3			Numerické řešení vybraných jednoduchých úloh pomocí MKP, MKO
st	25.10.	4	JM	Mat. parametry	
čt	26.10.	4			Zpracování a vyhodnoceí exp. Dat - SB transformace, dovjná integrace, funkční závislosti
st	01.11.	5	VK	Analýza vlivu nejistot	
čt	02.11.	5			Aplikace GUM
st	08.11.	6	JM	Klimatická data	
čt	09.11.	6			Konstrukce referenčního roku dle normy
st	15.11.	7	VK	Software	Teplo/Area, WuFi/Delpin/HEMOT, CAD/GiD
čt	16.11.	7			Area, Teplo - řešení vybraných úloh
st	22.11.	8	VK	Řešení jednorozměrných úloh	Optimalizace skladby OP pro snížení negativních účinků a zvýšení živostnosti konstrukcí
čt	23.11.	8			Tvorba sítí
st	29.11.	9	JM	Řešení vícerozměrných úloh	Vybrané kritické konstrukční detaily (2D) - okna, ostění, zhlaví trámů
čt	30.11.	9			Konstrukce počítačového modelu (střední obtížnost), tvorba sítě, přiřazení materiálových parametrů, spuštění výpočtů
st	06.12.	10	JM	Řešení vícerozměrných úloh	Рес?
čt	07.12.	10			Zpracování a vyhodnocení výsledků, grafická prezentace dat (dynamická změna v čase)
st	13.12.	11	VK	Řešení vícerozměrných úloh	Kalorimetr (DSC), Hot plate (Bock)
čt	14.12.	11			Opakování, diskuse, příprava k zápočtu
st	20.12.	12	JM/VK	Řešení vícerozměrných úloh	Opakování, diskuse, příprava k zápočtu
čt	21.12.	12	JM/VK	Závěr, zkouška	Předtermín

Zápočet - Zkouška

- Docházka na cvičení – min 9 cvičení
- Písemný test – cca 10 otázek

Odborná literatura

R.Černý, P. Rovnaníková - Transport Processes in Concrete

R. Černý – Fyzika – Transportní jevy

R. Černý – Řešení transportních jevů na počítači



Vliv prostředí na stavební materiály
1. přednáška

Numerické analýzy

- Řízený návrh
- Posuzování tepelně vlhkostních stavů ve stavebním inženýrství
- Použití v inverzním modelování
- Programování vlastností nových typů stavebních hmot

ŘÍZENÝ NÁVRH

- Výsledkem je nový materiál, či systém pro předem definovaný stavební problém
- Je to komplikovaný proces, který má řadu různých aspektů při jehož řešení se musí spojit odborníci různých specializacích

ŘÍZENÝ NÁVRH

- Iniciace vývoje nového materiálu, sestavy
- Současný stav problematiky
- Přesná specifikace požadovaných vlastností
- Fyzikálně-chemický model
- Počítačová implementace
- Parametrická studie
- Vývoj materiálu
- Výroba materiálu

ŘÍZENÝ NÁVRH

- Měření mat. char.

Další fází je testování nově vyvinutého materiálu. Nejprve je třeba určit materiálové vlastnosti čili naměřit mechanické, tepelné a vlhkostní parametry.



- Počítačová analýza

Získané materiálové vlastnosti proto použijeme jako vstupní parametry počítačového modelu a provedeme počítačovou simulaci dané konkrétní situace již pro konkrétní vyvinutý materiál či sestavu.

ŘÍZENÝ NÁVRH

- Klimatické komory



- Numerická analýza
 - funkčních detailů – kritické detaily
- Test house
 - aplikace na reálnou stavbu

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ

- Rozdělení podle typu použití
 - Mechanické modely
 - Transport tepla a vlhkosti
 - Transport vlhkosti a chemických roztoků
 - Kombinované modely



TRANSPORT TEPLA A VHKOSTI

Difúzní – Lykov, Krischer, Kunzel, ...

$$\frac{\partial \rho_v}{\partial \varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \operatorname{div} [D_\varphi \operatorname{grad} \varphi + \delta_p \operatorname{grad} (\varphi p_s)]$$

$$\frac{dH}{dT} \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div} (\lambda \operatorname{grad} T) + L_v \operatorname{div} [\delta_p \operatorname{grad} (\varphi p_s)]$$

Konvektivní – Philip, De Vries, ...

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_l w + a \rho_v) = \operatorname{div} [\rho_l (D_{wl} + D_{wv}) \operatorname{grad} w] + \operatorname{div} [\rho_l (D_{Tl} + D_{Tv}) \operatorname{grad} T] + \frac{\partial}{\partial z} (\rho_l K_l)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho_s h_s + \rho_l h_l w + a \rho_v h_v) = & \operatorname{div} (\lambda \operatorname{grad} T) - \operatorname{div} [\rho_l h_l (D_{wl} \operatorname{grad} w + D_{Tl} \operatorname{grad} T)] - \\ & - \operatorname{div} [\rho_l h_v (D_{wv} \operatorname{grad} w + D_{Tv} \operatorname{grad} T)] - \frac{\partial}{\partial z} (h_l \rho_l K_l) \end{aligned}$$

Kombinované – Grunewald

POČÍTAČOVÉ PROGRAMY

- Používané programy – WUFI, DELPHIN, GID, ANSYS, ... další
- Vytvoření nového programu – TRANSMAT, HEMOT...
(použití přesně definovaného matematického modelu)



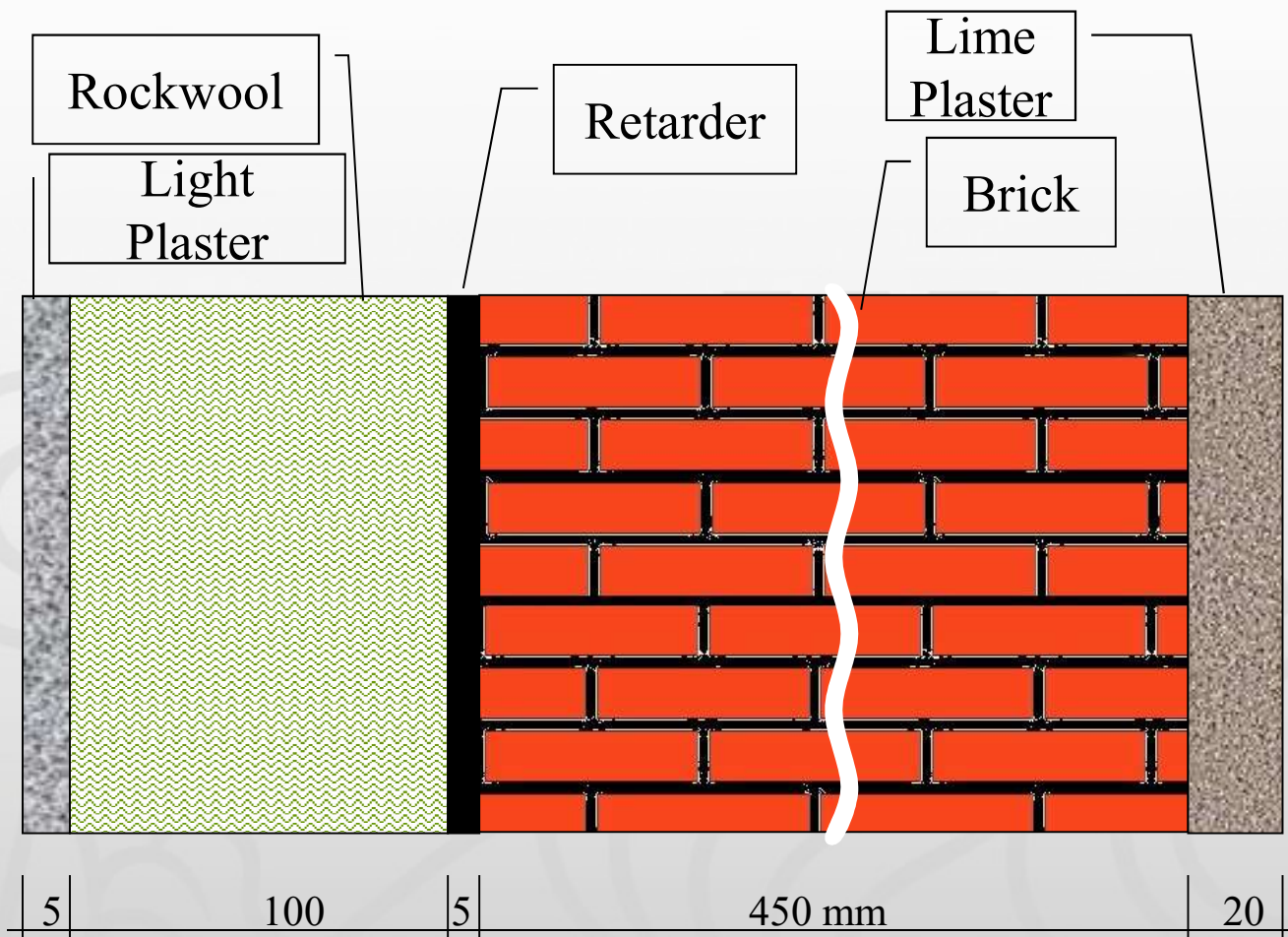
Příklad použití řízeného návrhu



Příklad použití řízeného návrhu MŠ

- Použití tepelné izolace
 - vnější tepelná izolace
 - vnitřní tep. Izolace
 - navrhování podle normy
- Nový systém zateplení
- Návrh systému - předpokládaná skladba

Příklad použití řízeného návrhu MŠ



Příklad použití řízeného návrhu MŠ

- mater. charakteristiky – tepelné a vlhkostní parametry

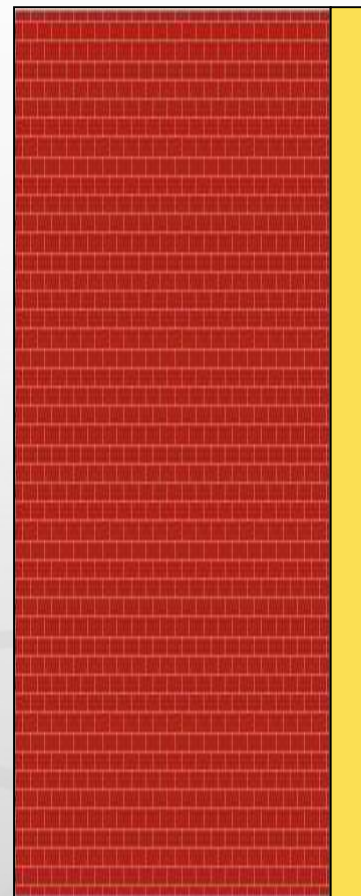
	ρ [kg/m ³]	θ_{hyg} [Vol. %]	λ [W/mK]	κ [m ² /s]	μ
Light Plaster	230	0.01	0.06	5.00e-6	5
Lime Plaster	1800	0.03	1.05	1.00e-9	21
Brick	1720	0.015	0.85	3.00e-7	10
Limestone	2600	0.01	2.3	1.00e-10	40
Concrete	2100	0.06	2.1	2.00e-9	65



Příklad použití řízeného návrhu MŠ

Inside Outside

Constant
temperature
 $T = 21^{\circ}\text{C}$
Constant relative
humidity
 $\varphi = 55\%$

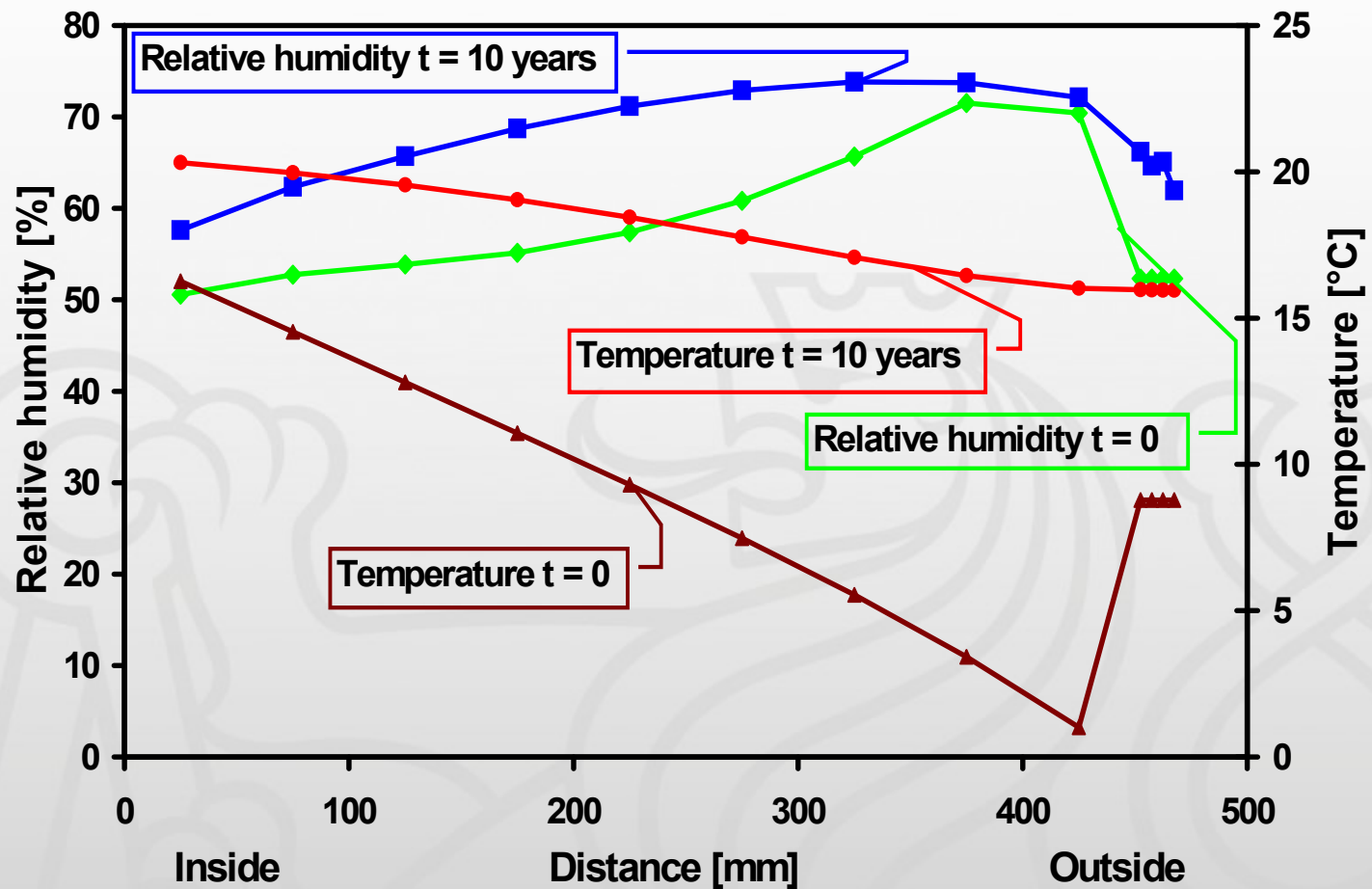


Climatical Data
from TRY Munchen

- ← Rain
- ← Relative humidity
- ← Wind speed
- ← Wind direction
- ← Temperature
- ← Short wave radiation
- ← Long wave radiation



Příklad použití řízeného návrhu MŠ



Příklad použití řízeného návrhu MŠ

- **Retarder**
- $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$
- $\theta_{\text{hyg}} = 0.00001 \text{ m}^3/\text{m}^3$
- $\mu = 2 - 100$
- $\lambda = 0.15 \text{ W/mK}$

CL

- $\rho = 270 \text{ kg/m}^3$
- $\theta_{\text{hyg}} = 0.009 \text{ m}^3/\text{m}^3$
- $\mu = 2.9$
- $\lambda = 0.055 \text{ W/mK}$
- $c = 540 \text{ J/kgK}$
- $\Phi = 31 \text{ Vol } \%$

PR

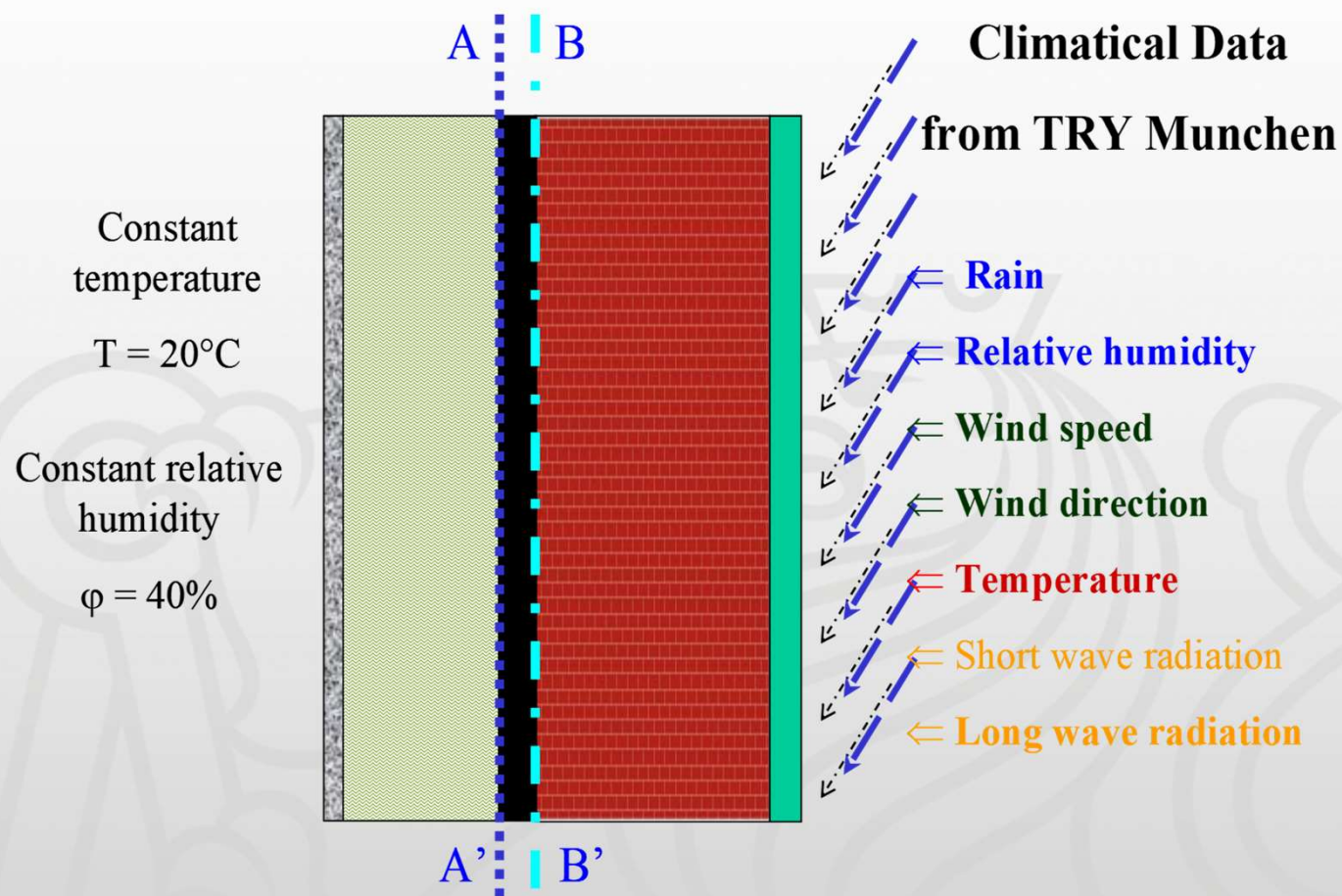
- $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$
- $\theta_{\text{hyg}} = 0.09 \text{ m}^3/\text{m}^3$
- $\mu = 7.8$
- $\lambda = 0.134 \text{ W/mK}$
- $c = 910 \text{ J/kgK}$
- $\Phi = 31 \text{ Vol } \%$



Vliv prostředí na stavební materiály

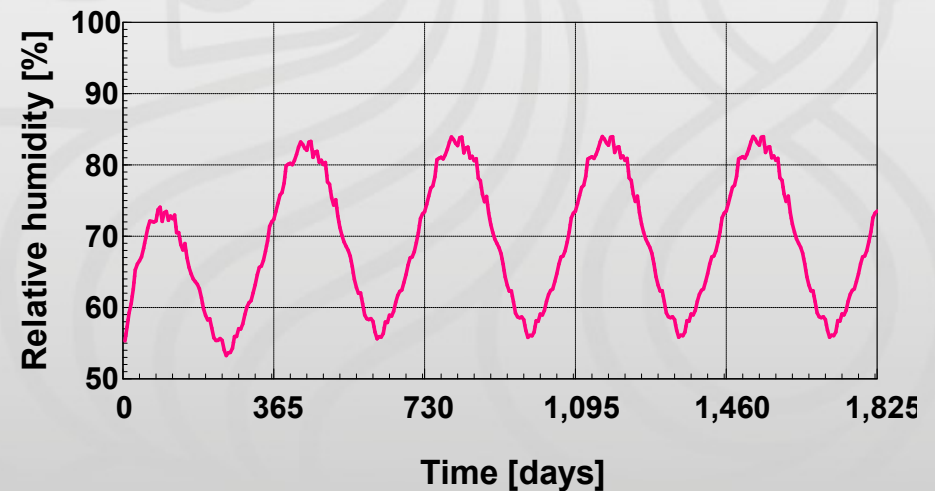
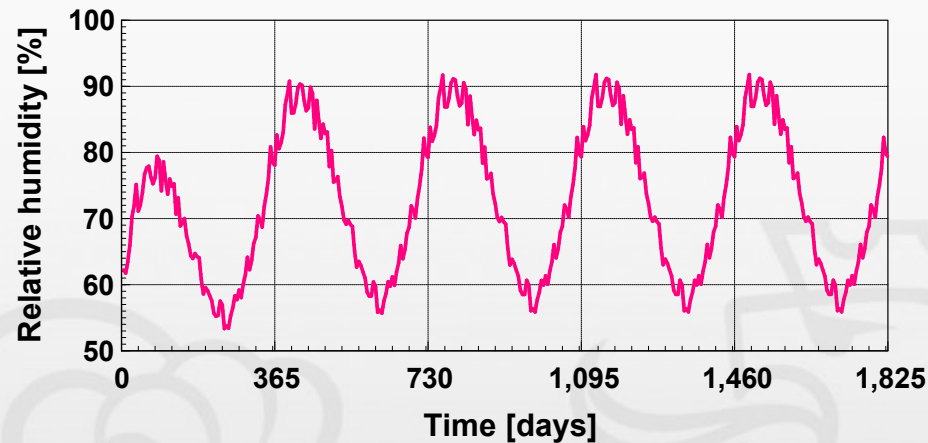
1. přednáška

Příklad použití řízeného návrhu MŠ



Příklad použití řízeného návrhu MŠ

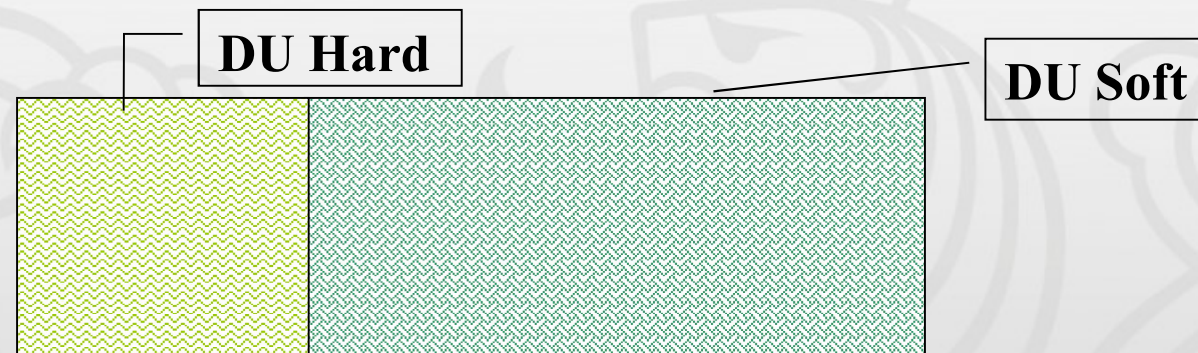
- Minerální vlna PR





Příklad použití řízeného návrhu MŠ

- Návrh materiálových charakteristik
- Vývoj a výroba nových materiálů
- Měření materiálových charakteristik



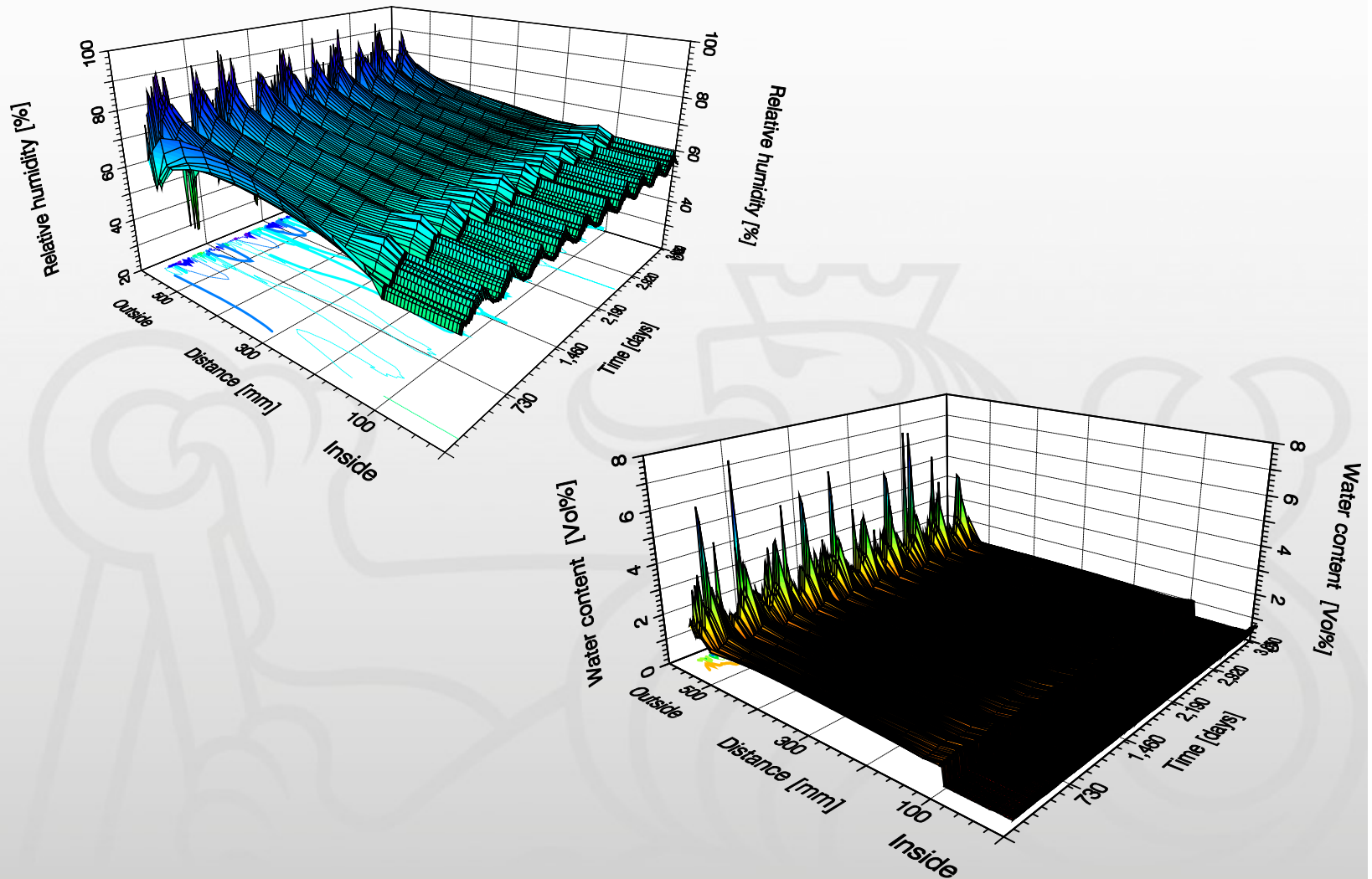
	ρ [kg/m ³]	θ_{hyg} [Vol. %]	μ	λ [W/mK]	c [J/kgK]	κ [m ² /s]	θ_{por} [Vol. %]
DU Hard	178	0.0021	2.2	0.218-0.650	803	1.51E-5	93.1
DU Soft	96	0.0016	2.2	0.038-1.130	1010	1.90E-6	96.3



Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

Příklad použití řízeného návrhu MŠ

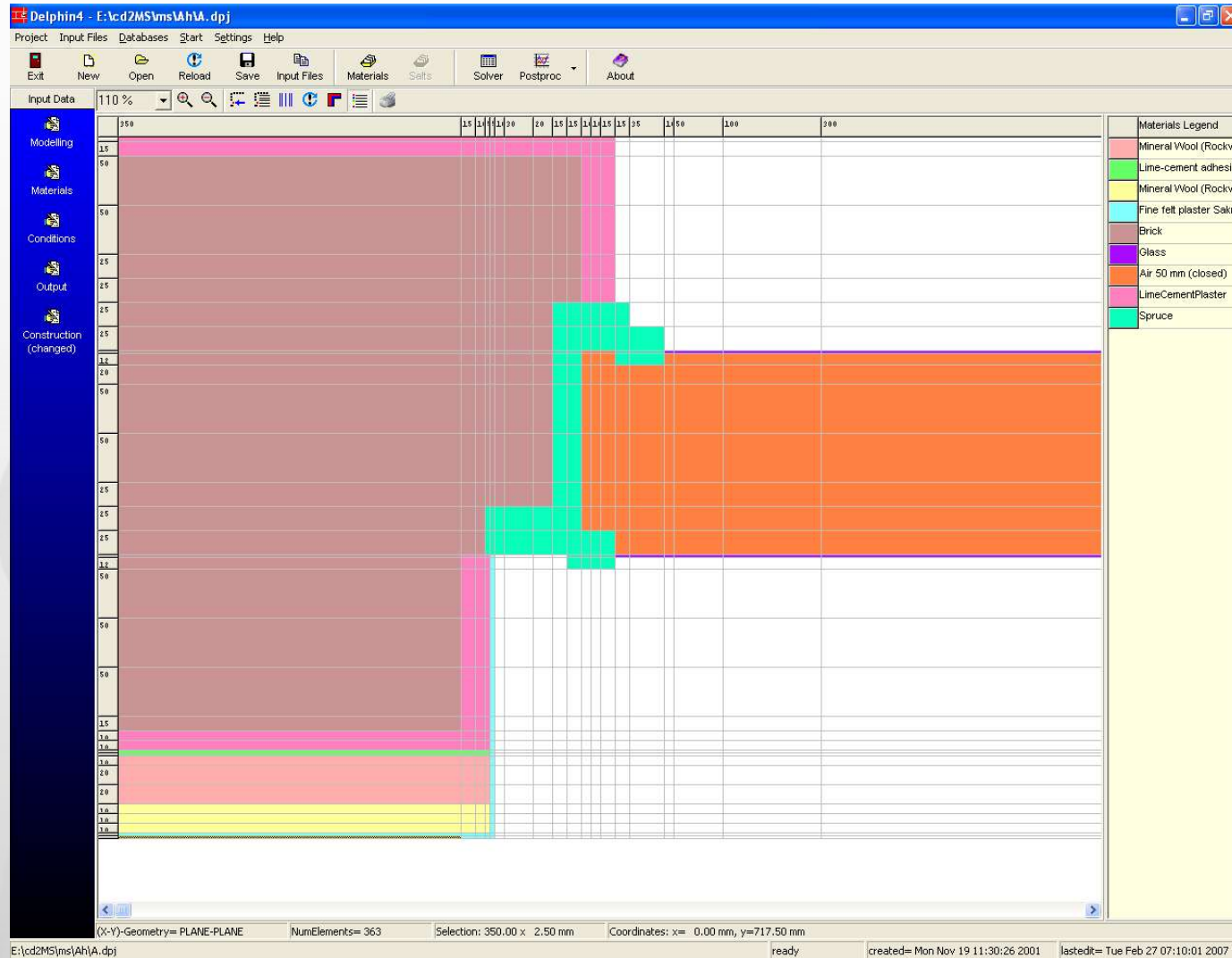




Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

Příklad použití řízeného návrhu MŠ

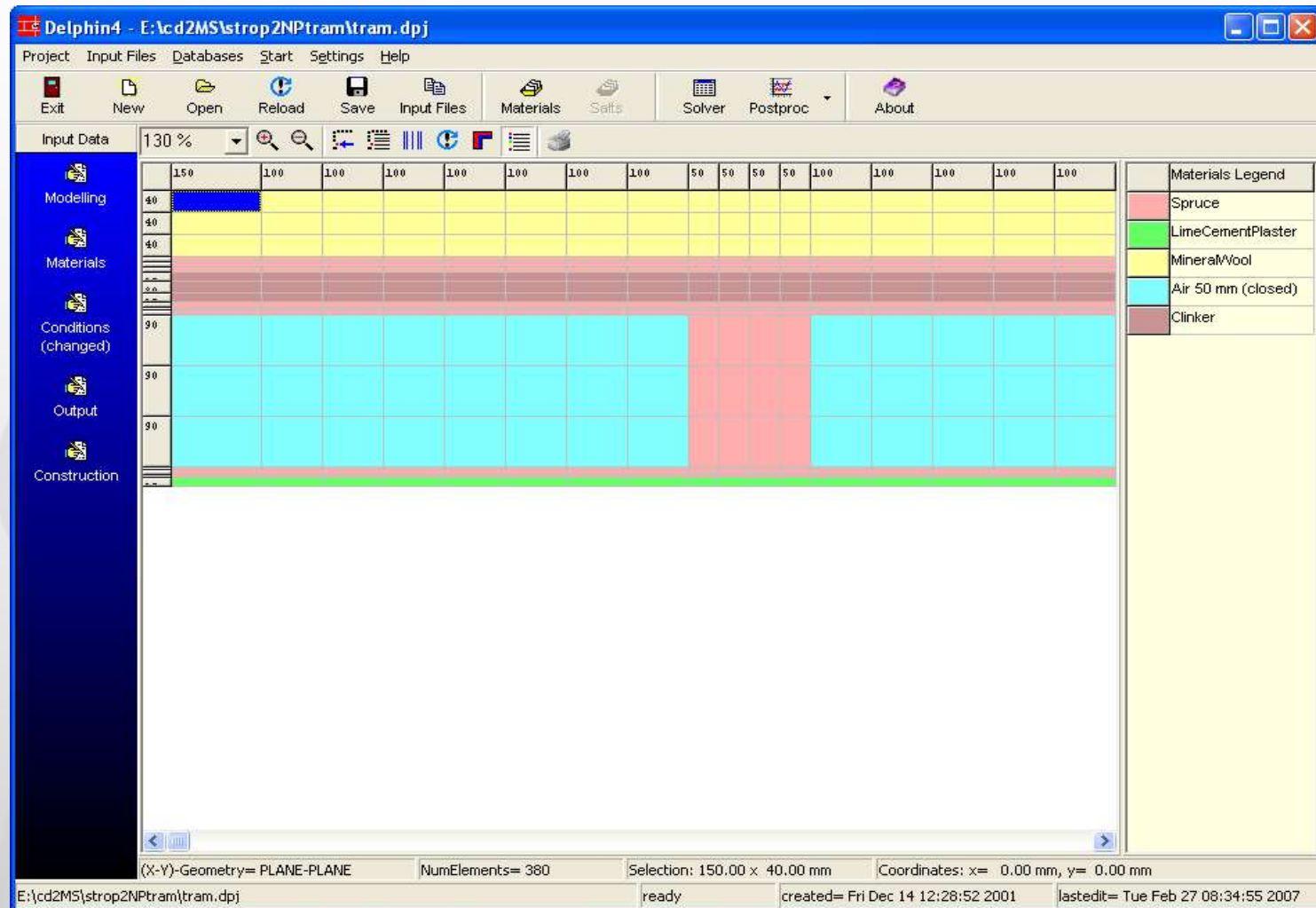




Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

Příklad použití řízeného návrhu MŠ

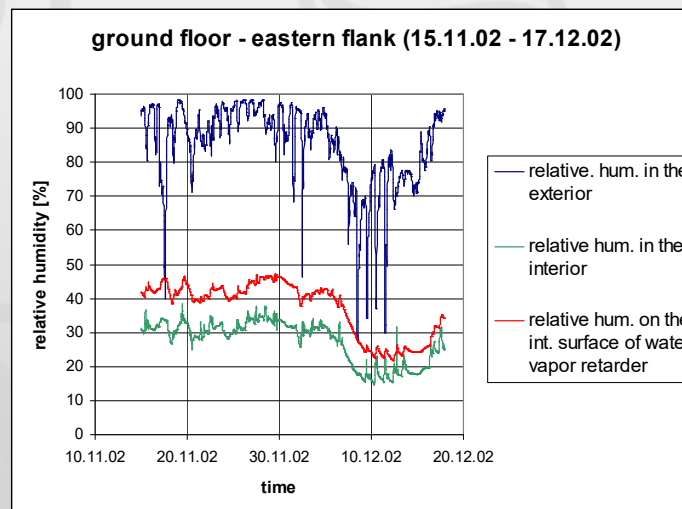
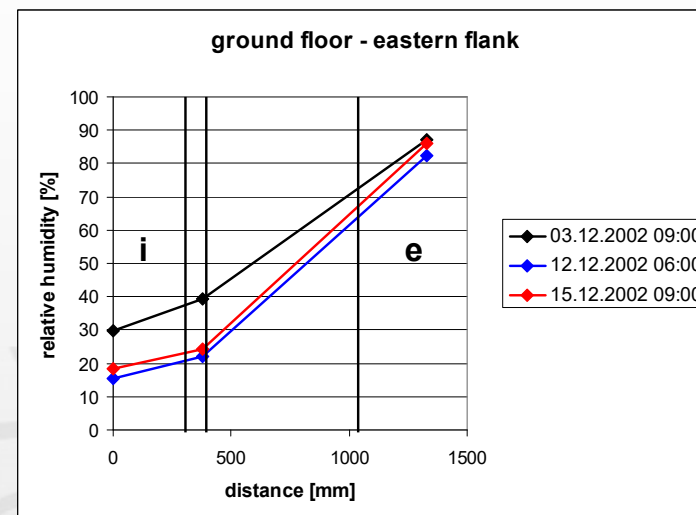
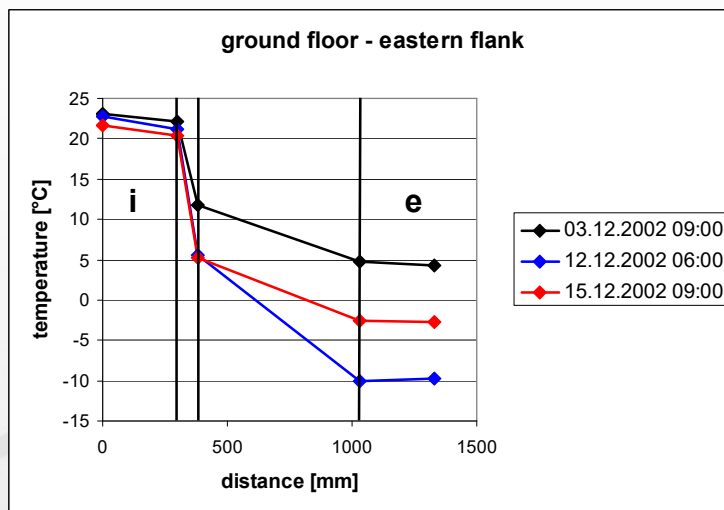




Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

Příklad použití řízeného návrhu MŠ





ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Vliv prostředí na stavební materiály 1. přednáška

Příklad použití řízeného návrhu MŠ



ADŽ Praha

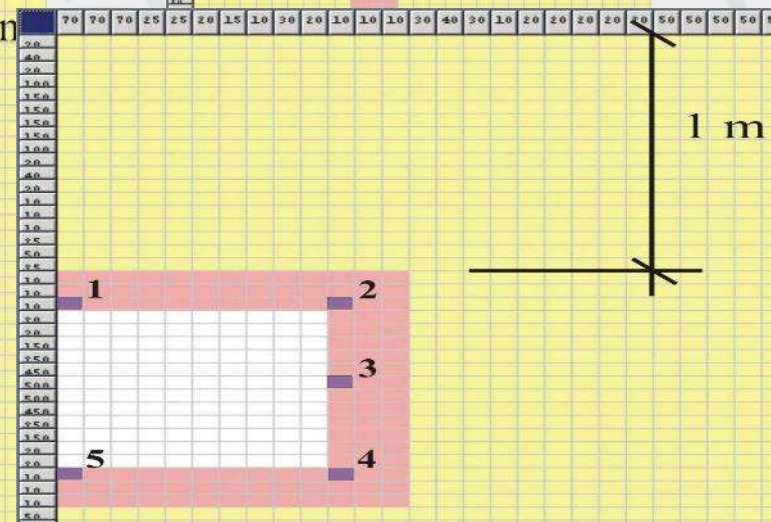
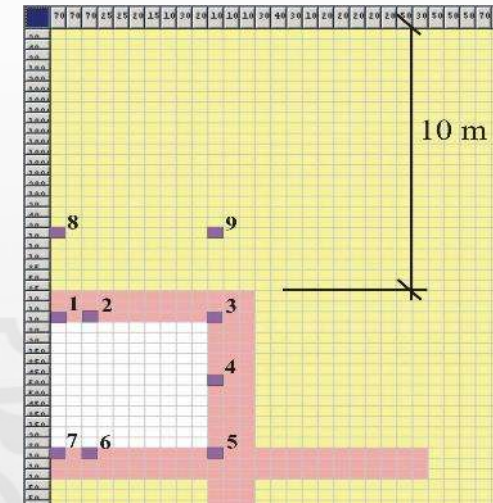
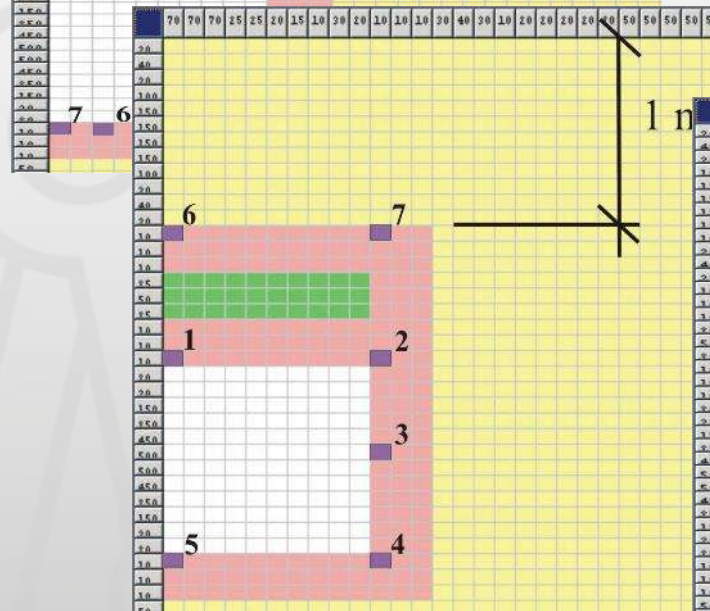
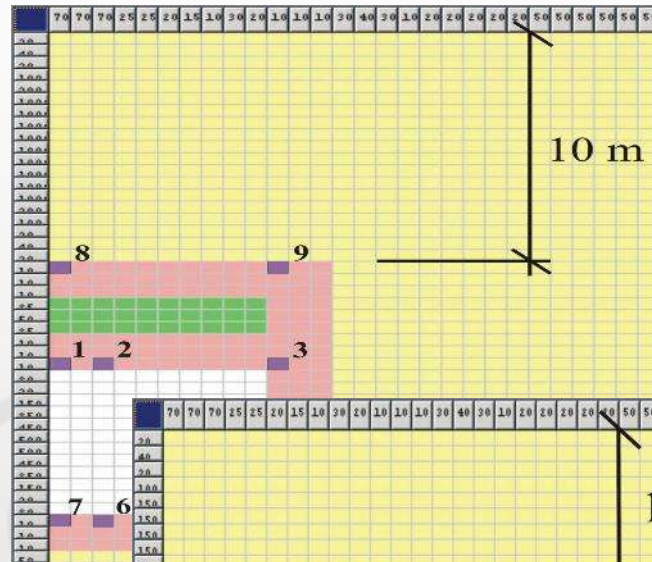
- Variantní řešení
 - Změna velikosti zdroje
(500, 1250 a 2000 W)
 - Změna půdorysné plochy
(.....)
 - Změna tvaru konstrukce



Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

ADŽ Praha



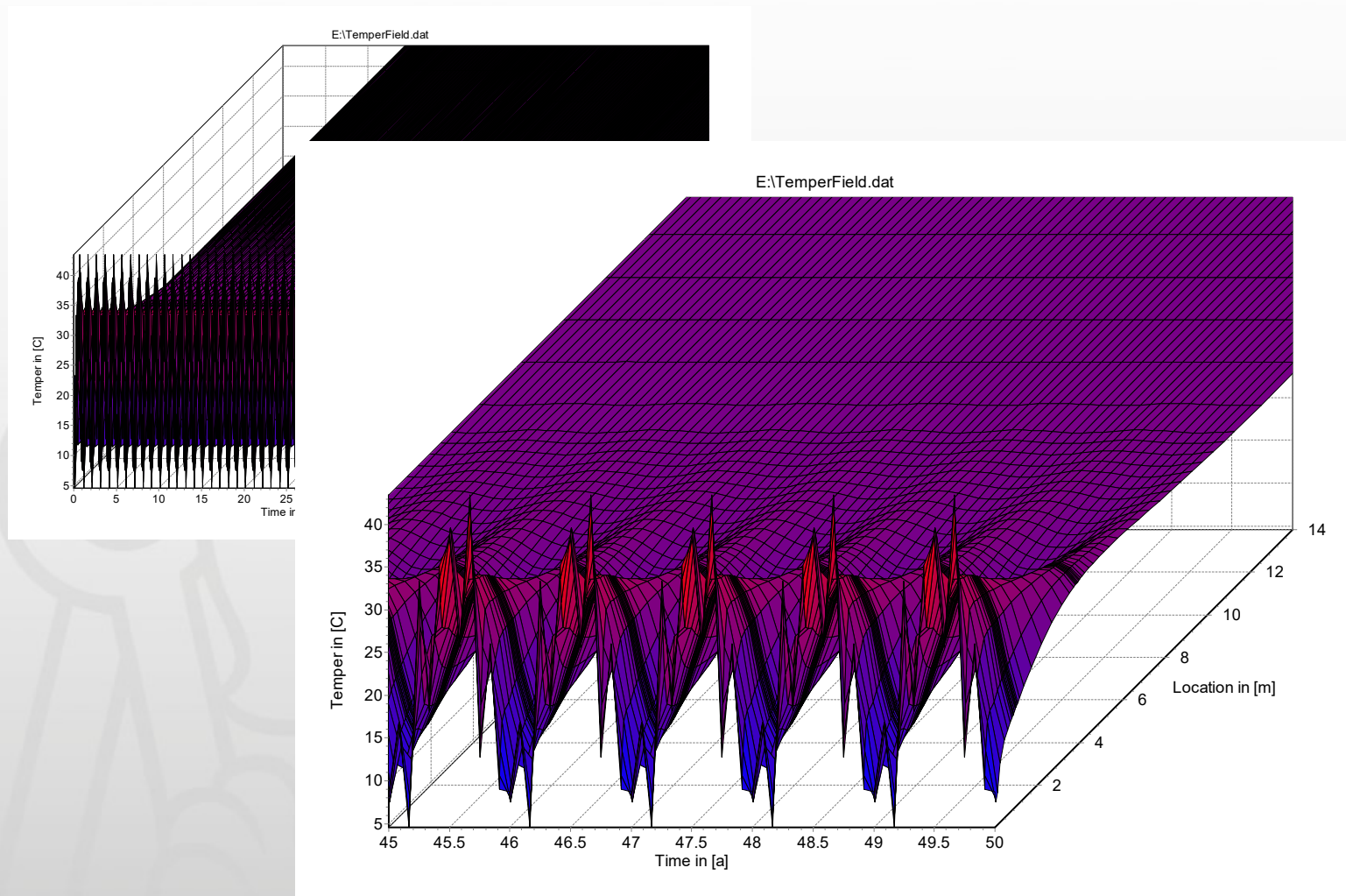


ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

ADŽ Praha





Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

ADŽ Praha

Koeficient teplotní vodivosti $a = 7.55 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$		
Hloubka [m]	Kolísání teplot během roku	amplituda roční změny
0	-2.0000 - 47.0000	24,5000
0,05	4.5284 - 43.4527	19,4622
0,2	9.7079 - 36.5024	13,3973
0,4	10.7172 - 33.3684	11,3256
0,6	11.5759 - 32.7042	10,5642
0,8	12.5963 - 32.0724	9,7381
1	13.5274 - 31.4583	8,9655
5	21.1267 - 24.5448	1,7091
6	21.6689 - 24.0007	1,1659
7	22.0416 - 23.6217	0,7901
8	22.2987 - 23.3506	0,5260
9	22.4730 - 23.1667	0,3469
10	22.5796 - 23.0571	0,2388
15	22.7843 - 22.8503	0,0330
20	22.8150 - 22.8237	0,0043
25	22.8200 - 22.8216	0,0008
30	22.8207 - 22.8214	0,0004



ADŽ Praha

- Umístění v hloubce max 1.m
- Doporučený tepelný zdroj 500 W
- Plocha 5,5 m² (délka 2,2 m, šířka 2,5 m, výška 2,8 m) je v 5-tém roce simulace - maximální teplota 41,5 °C a minimální teplota 20,3 °C.
- Plocha 15,5 m² (délka 6,2 m, šířka 2,5 m, výška 2,8 m) je v 5-tém roce simulace - maximální teplota 37,8 °C a minimální teploty 13,2 °C.
- Nevhodné použité tepelné izolace – dochází ke zvýšení teploty v objektu
- Použití ocelových chladičů, připevněných ke konstrukci objektu, se nedoporučuje - malý účinek – snížení o 0,4 °C oproti variantě bez použití těchto chladičů.

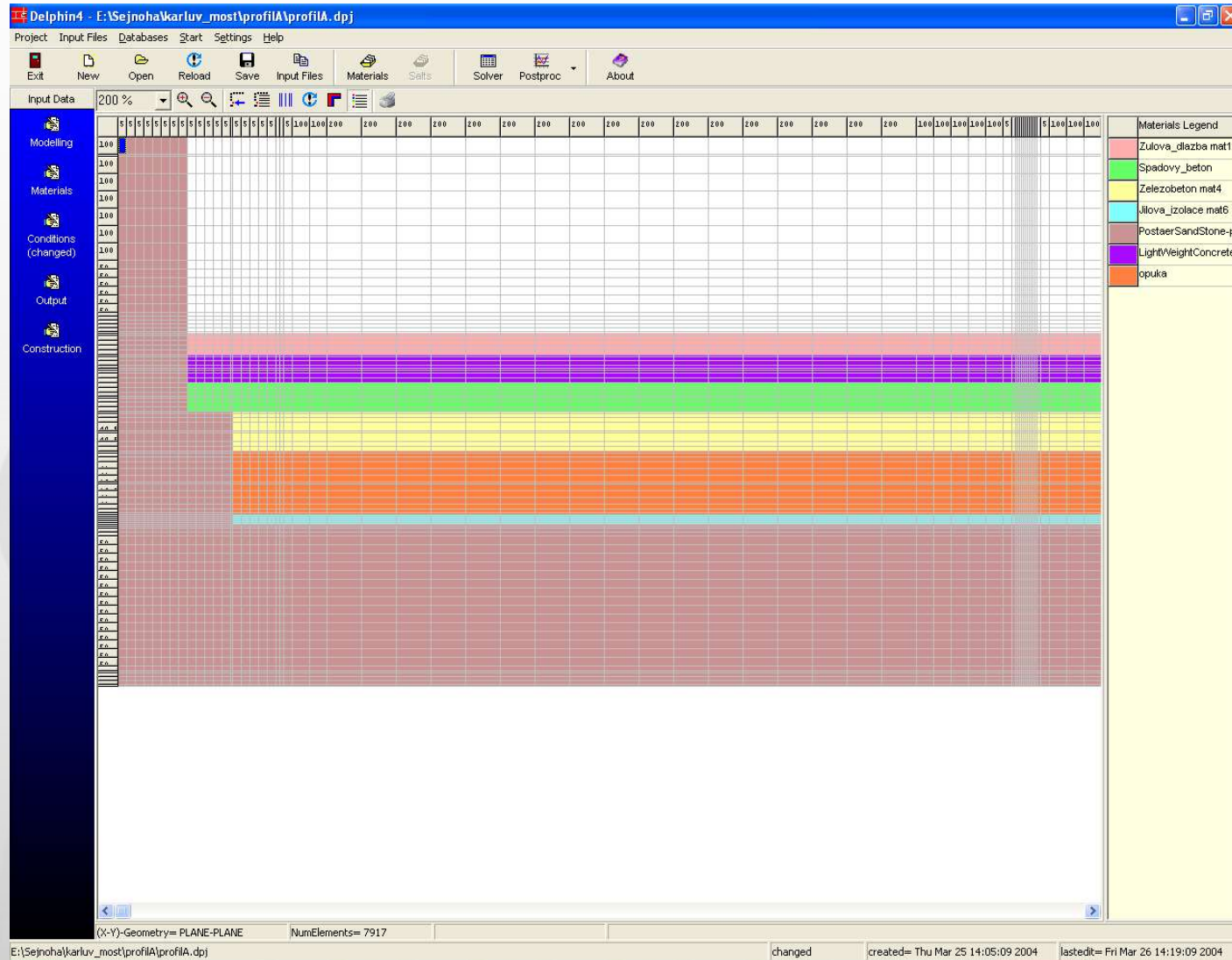
Karlův most

- Použití numerické analýzy při řešení teplotního atížení Karlova mostu
- Kce byla zatížena klimatickými daty a pomocí programu Delphin se řešilo teplotní pole
- Pak vliv na destrukci ... trhliny... zapojení dalších numerických modelů

Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

Karlův most

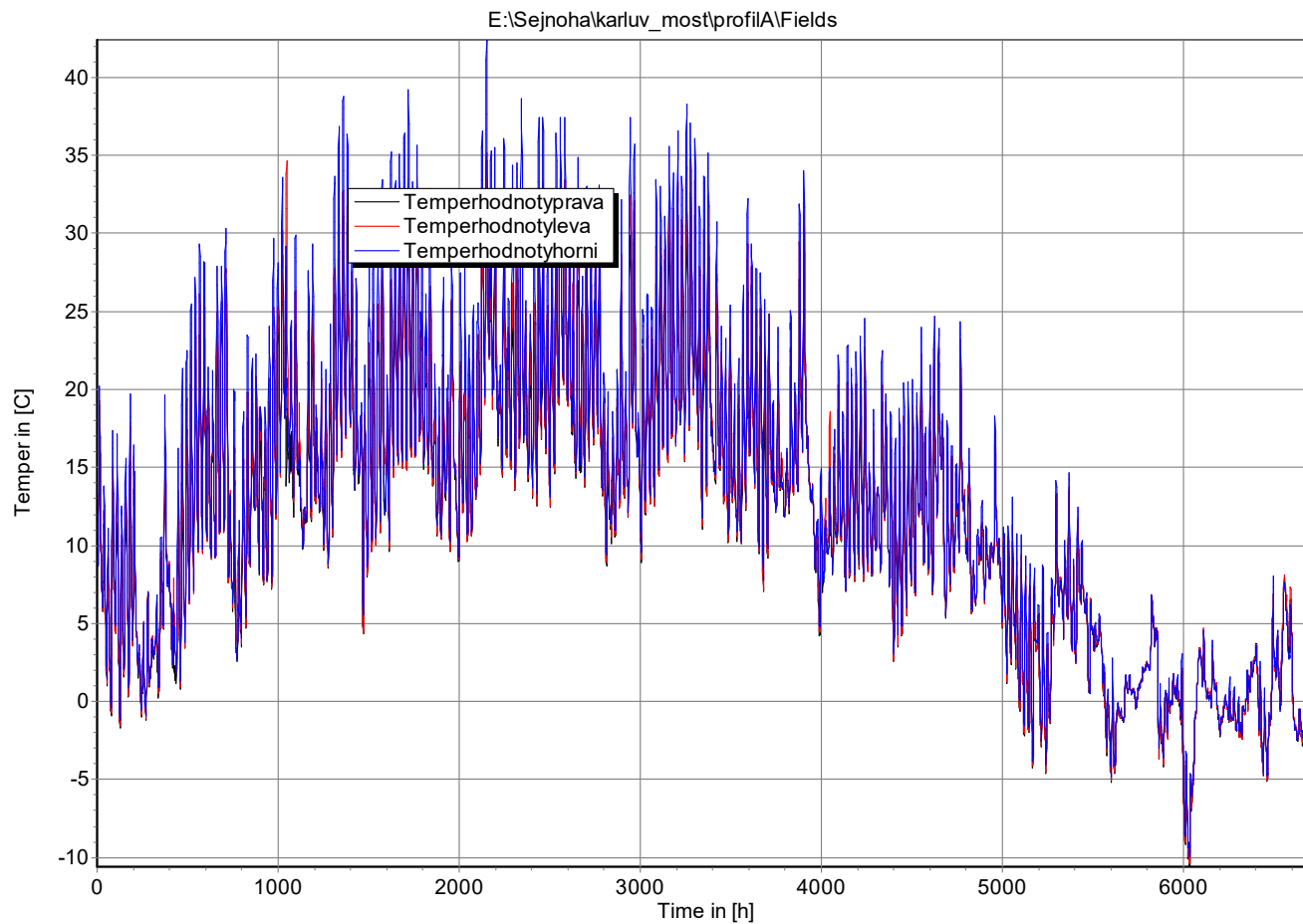




Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

Karlův most

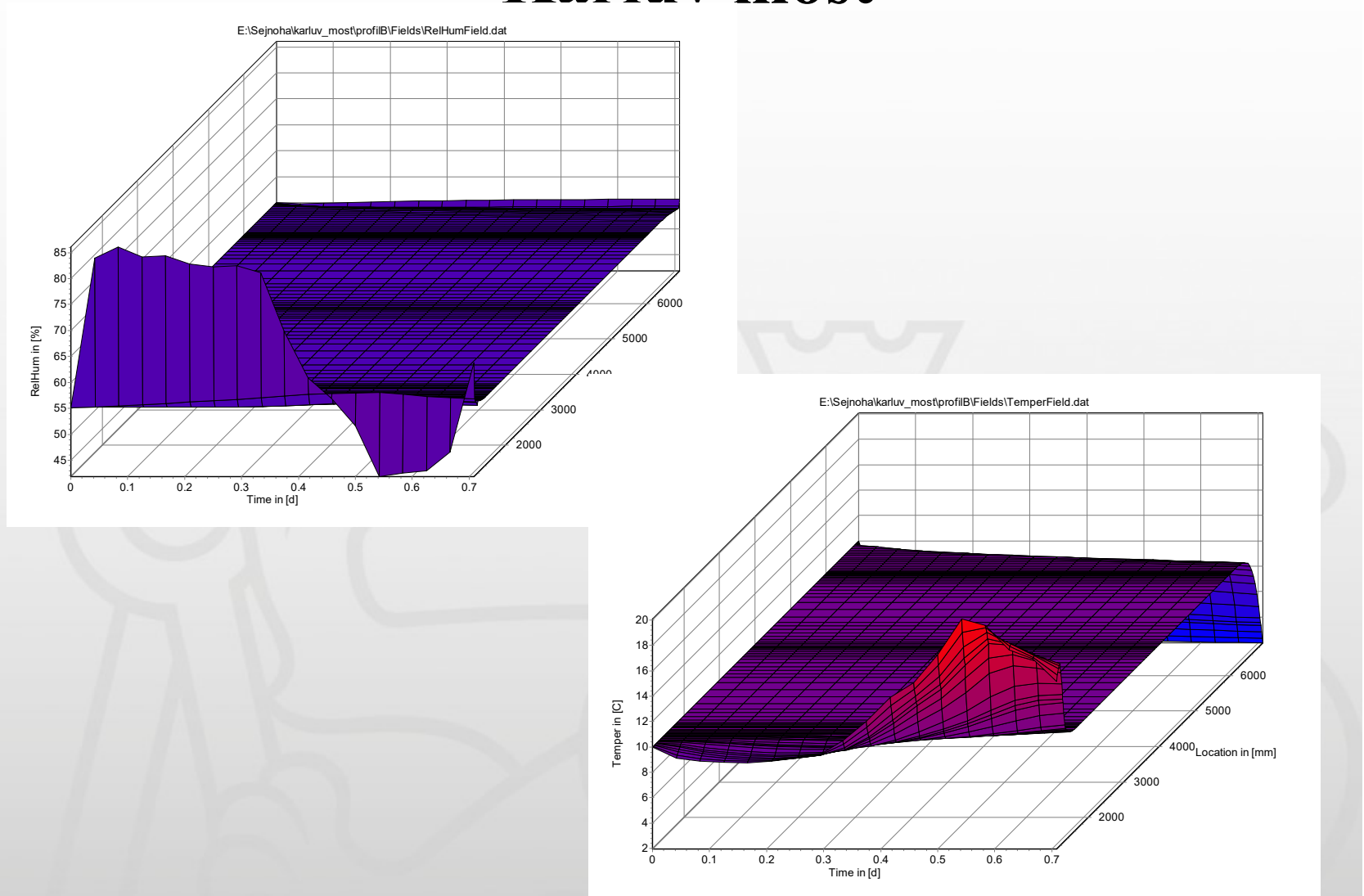




Vliv prostředí na stavební materiály

1. přednáška

Karlův most



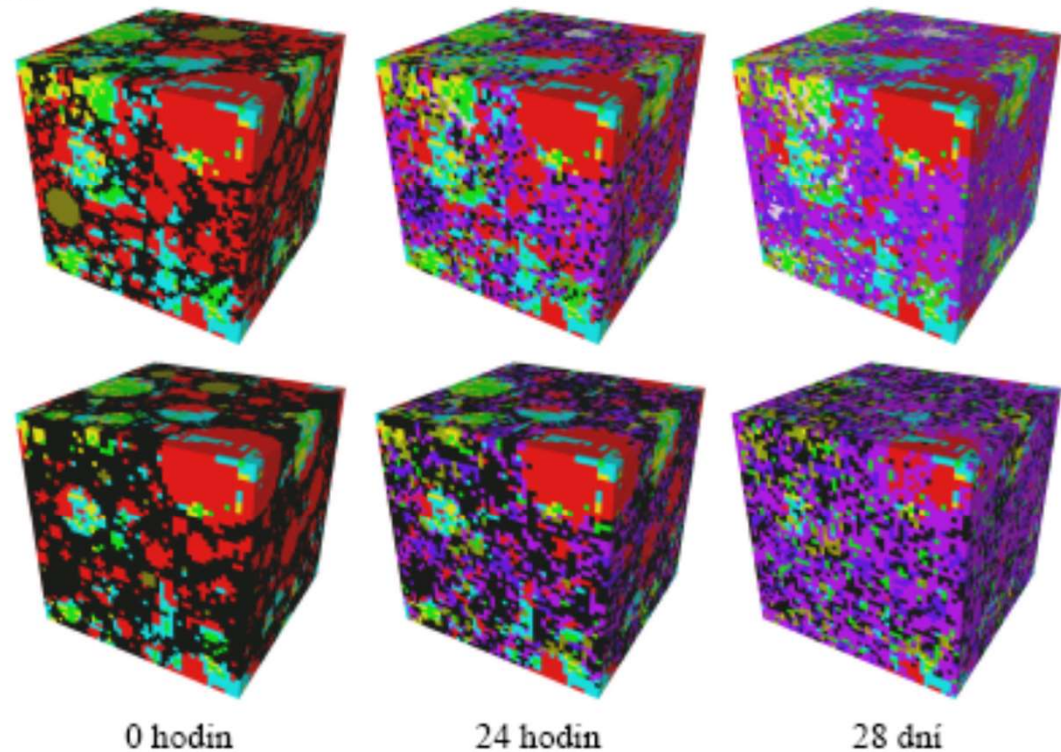
MODELOVÁNÍ HYDRATACE CEMENTOVÉ PASTY PROGRAMEM CEMHYD3D

- Model CEMHYD3D představuje použití umělé inteligence na proces hydratace cementové pasty. Je založen na čtyřech základních chemických fázích:
slínkové minerály, C-S-H gely, hydroxid vápenatý, porozita.
- Objemový element (voxel) rozměru $1 \mu\text{m}^3$ reprezentuje jednu z 38 chemických fází a je nejmenší uvažovanou jednotkou modelu.
- Simulace hydratace probíhá na reprezentativní krychli nejčastěji o hraně 50 nebo 100 μm , která je sestavena z voxelů.



MODELOVÁNÍ HYDRATACE CEMENTOVÉ PASTY PROGRAMEM CEMHYD3D

 C ₃ S	 voda	 CH	 ettringit
 C ₂ S	 plyn	 C-S-H	 AFm
 C ₃ A	 silika	 C-S-H (sil.)	 FH ₃
 C ₄ AF	 sádrovec	 C ₃ AH ₆	



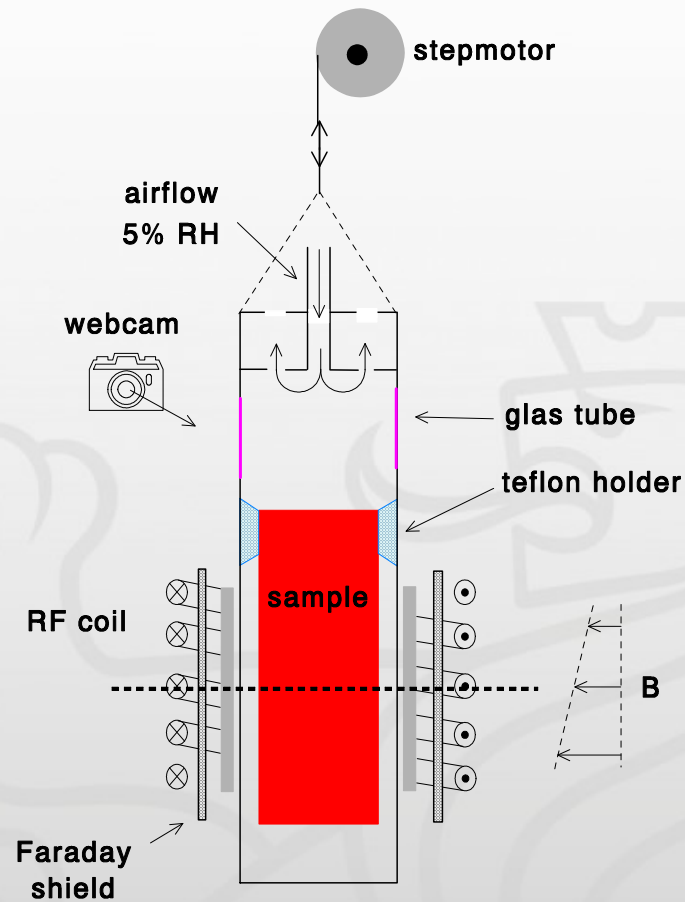
Obrázek 5: Legenda fází a hydratace pasty s vodním součinitelem 0,2 a 0,5

Inverzní modelování

- Společný transport vlhkosti a solí
- Použití Bear – Bachmatova modelu
- Problém vysychání a navlhání

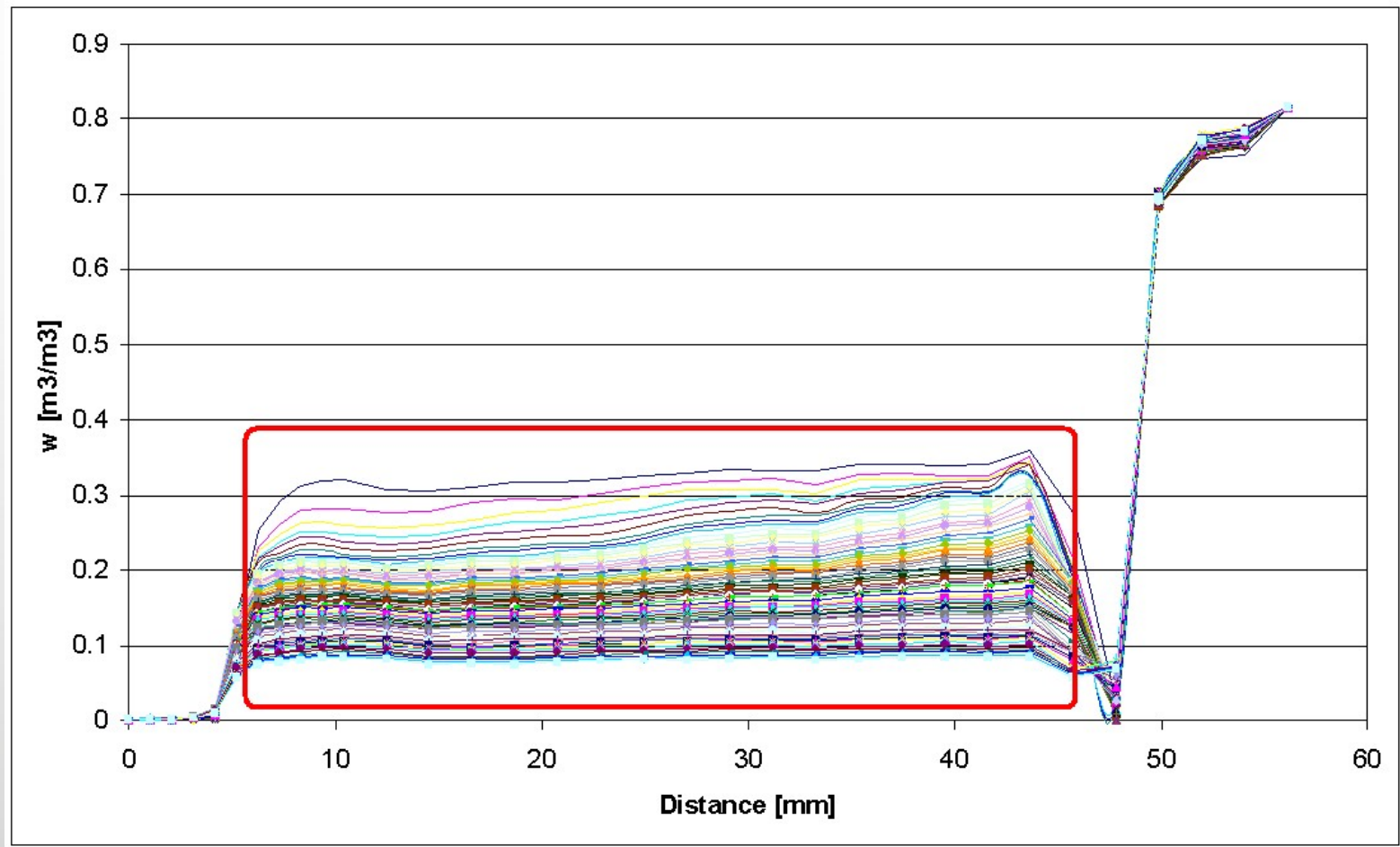


Inverzní modelování

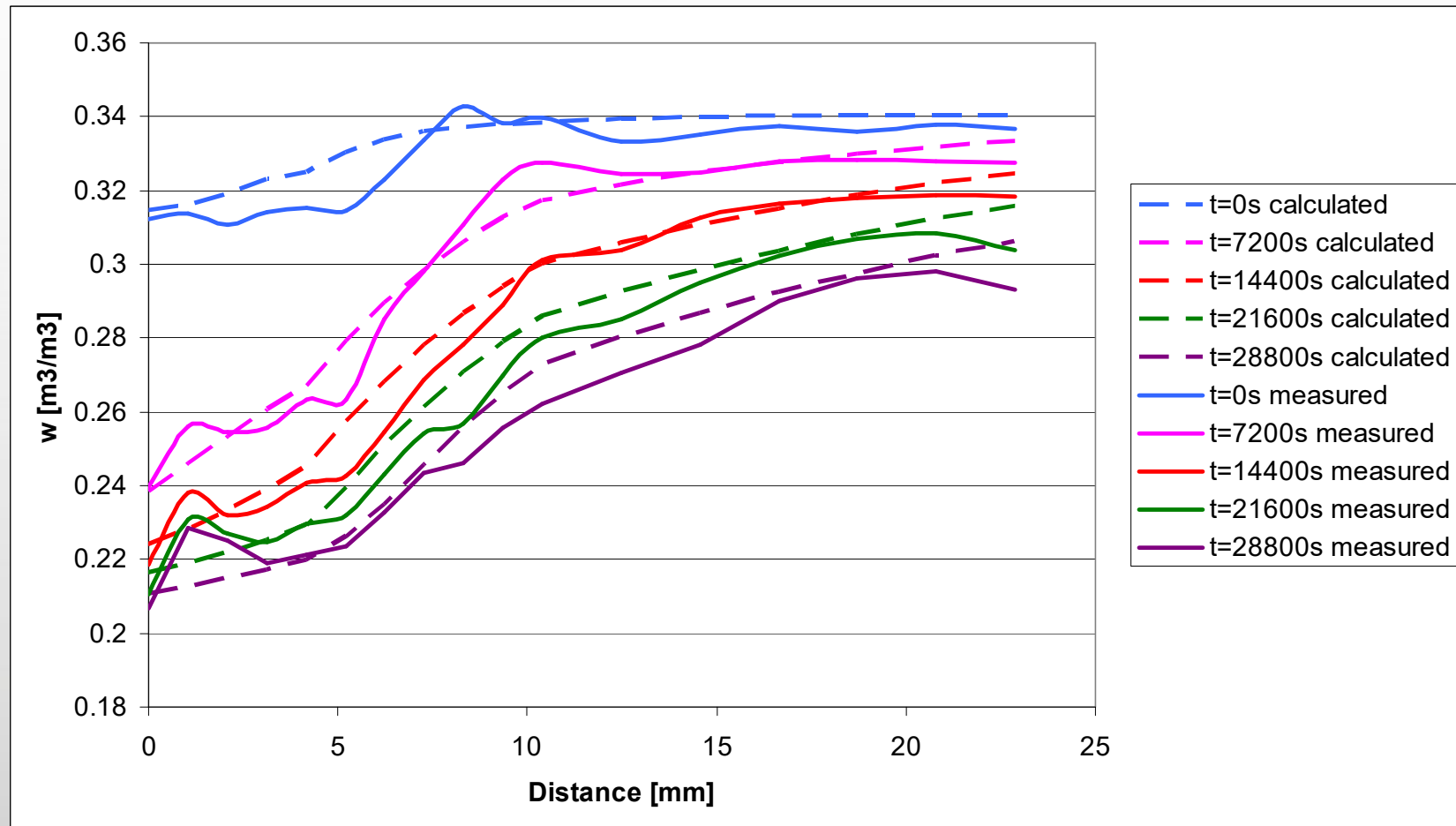




Inverzní modelování

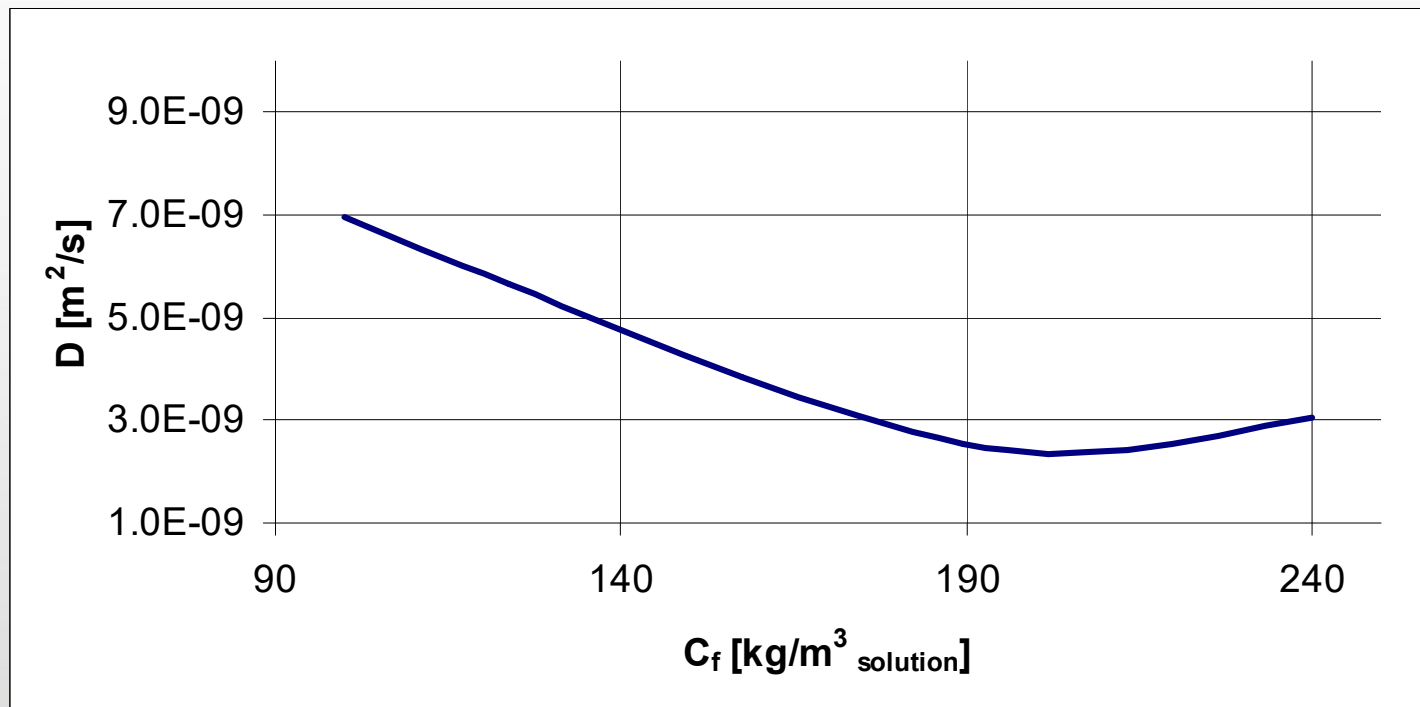


Inverzní modelování



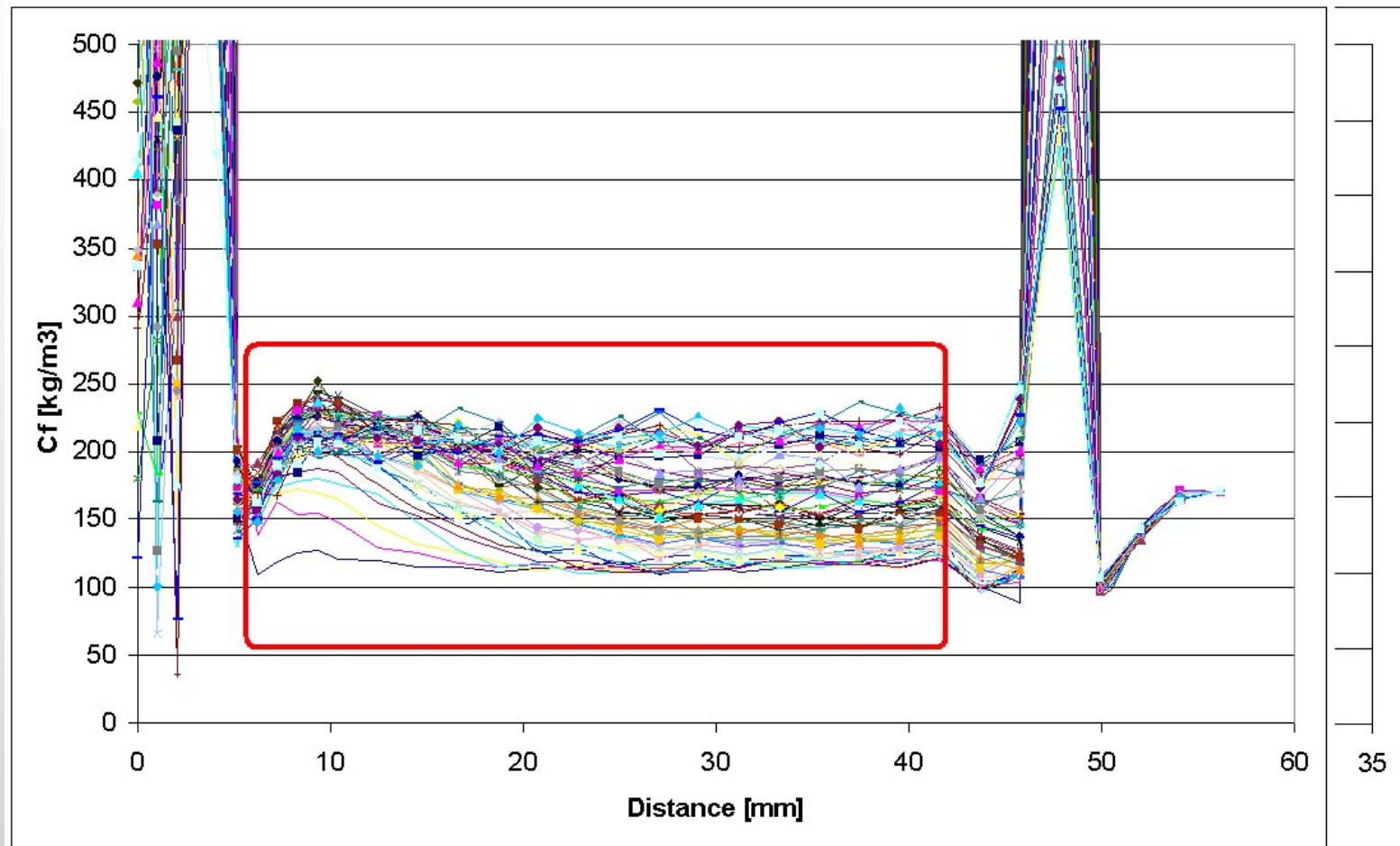


Inverzní modelování





Inverzní modelování



Inverzní modelování

