

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ - ENERGETICKÝ ÚSTAV
ODBOR TERMOMECHANIKY A TECHNIKY PROSTŘEDÍ

REALIZACE ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU TEPLA PRO EXPERIMENTÁLNÍ DŮM VĚTRÁNÍ EÚ FSI VUT V BRNĚ

Antonín KOLBÁBEK
ykolba00@stud.fme.vutbr.cz

SEMINÁŘ DOKTORADŮ OTTP, 31. květen 2011



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ... 24 ■



ENERGETICKÝ ÚSTAV
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

Osnova výkladu

- **Úvod – projekt FRVŠ**
- **Motivace**
- **Zemní výměník tepla (ZVT)**
- **Měřicí trat'**
- **Výběr materiálu potrubí**
- **Závěr**

Úvod

- Projekt FRVŠ 3206/2011/G1

“Zemní výměník tepla jako nový prvek v technice prostředí“

HLAVNÍ ŘEŠITEL:
Ing. Antonín Kolbábek

SPOLUŘEŠITELÉ:
Doc. Dr. Ing. Jaroš Michal
Ing. Júlia Mičková

Úvod

- **CÍLE PROJEKTU**

- *Zprovoznění zemního výměníku tepla*

- *Měřicí trať*

- Experimentální stanovení vstupních a výstupních parametrů

- *Laboratorní úlohy*

- *Prezentace projektu (poster, ...)*

Motivace

- Praktické seznámení se **ZVT**
- Principy využití, omezení, problémy, ...
 - *součást TZB budov*
 - *výstupní teplota*
 - *kvalita vnitřního mikroklimatu*
- Měření při různých režimech provozu
 - *větrací režim (zima/léto)*
 - *cirkulační chlazení*

Motivace

- Sledování dlouhodobého chování
 - *energetický přínos (zima/léto)*
 - *teplotní rozvrstvení zeminy*
 - *množství kondenzátu*
 - *spotřeba el. energie*
- Porovnání výsledků s energetickou simulací
- On-line zobrazení aktuálních naměřených hodnot na webu fakulty (???)

Motivace

- Rozšíření stávající výuky
 - Strojírenství (BS)
obor: **Energetika, procesy a ekologie**
 - Strojní inženýrství (NMS)
obor: **Technika prostředí**
Energetické inženýrství
Fluidní inženýrství
- Prohloubení znalostí z termodynamiky, přenosu tepla a látky, měřících metod aj. 😊

Motivace

- Návaznost na předměty

Bakalářské studium:

- ***Seminář aplikované termomechaniky***
- ***Bakalářský projekt***

Navazující magisterské studium:

- ***Technika prostředí***
- ***Experimentální metody I.***
- ***Diplomový projekt***

Doktorské studium na EÚ FSI VUT v Brně

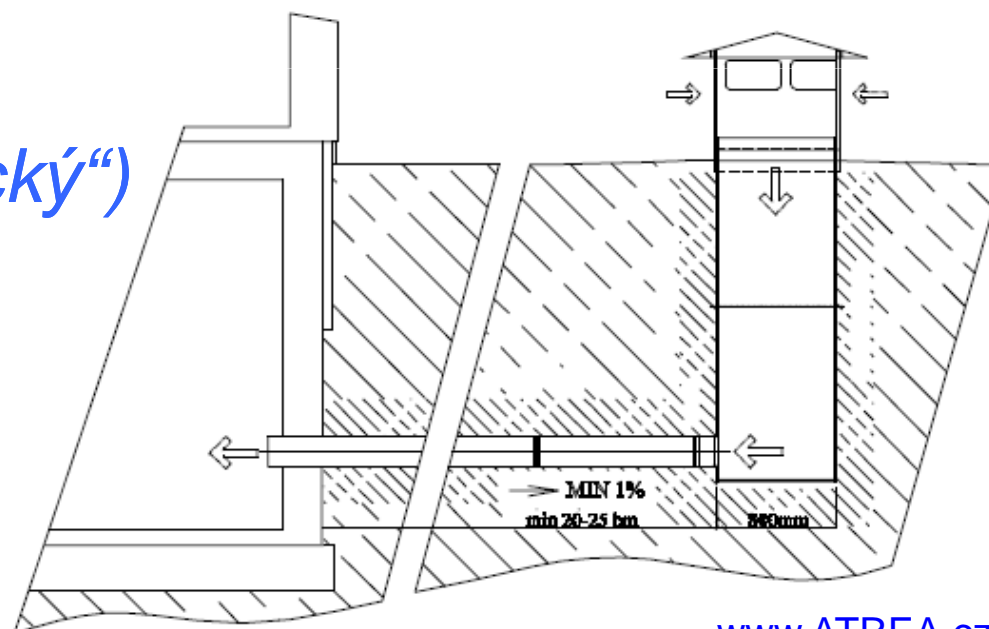
Zemní výměník tepla

- ZEMNÍ VÝMĚNÍK TEPLA

→ Vzduchový:

a) *Přímý („klasický“)*

b) *Cirkulační*



Zemní výměník tepla

- ZEMNÍ VÝMĚNÍK TEPLA

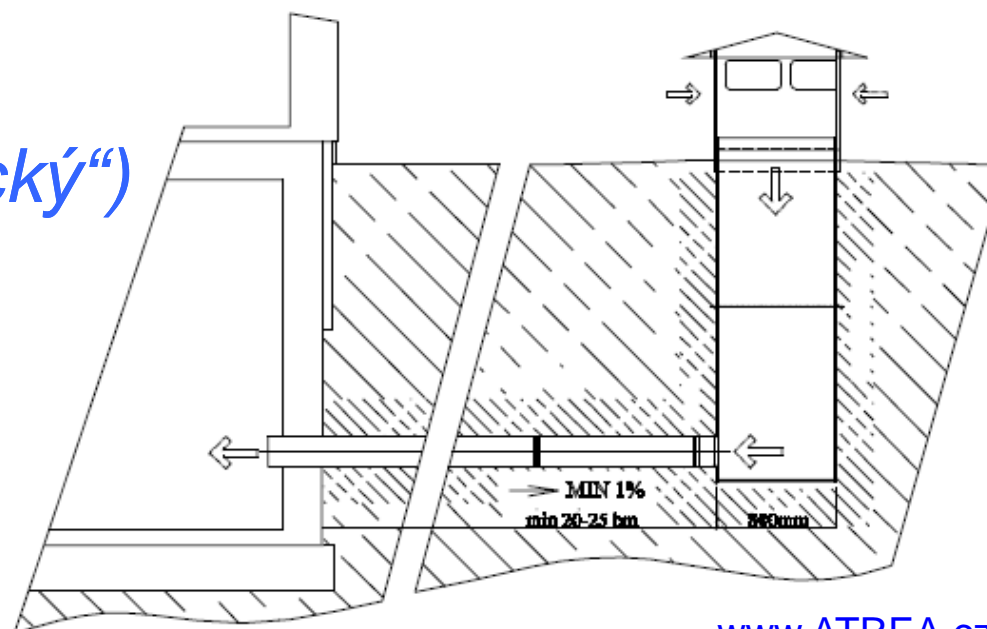
→ Vzduchový:

a) Přímý („klasický“)

b) Cirkulační

I. Vedle sebe

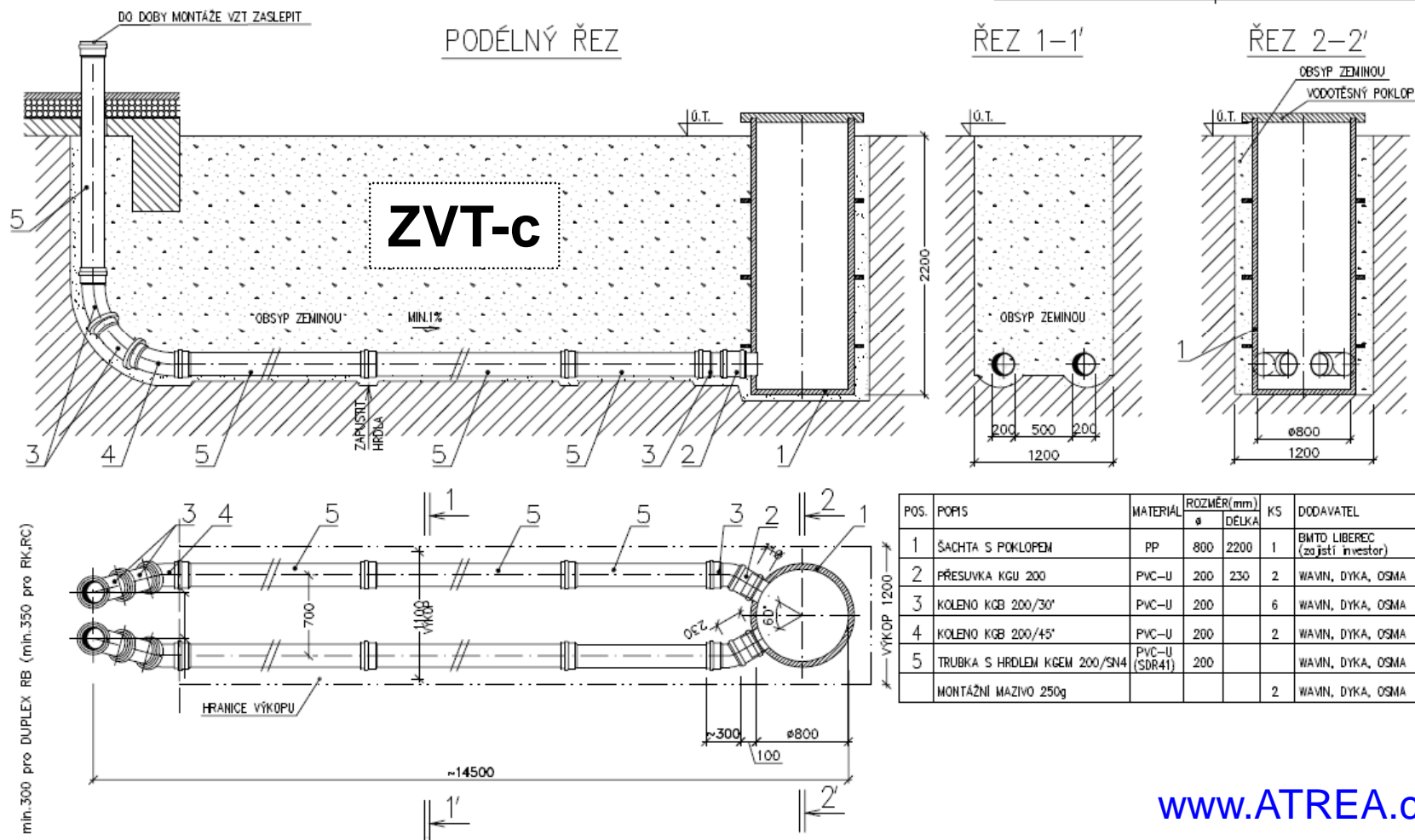
II. Nad sebou



www.ATREA.cz

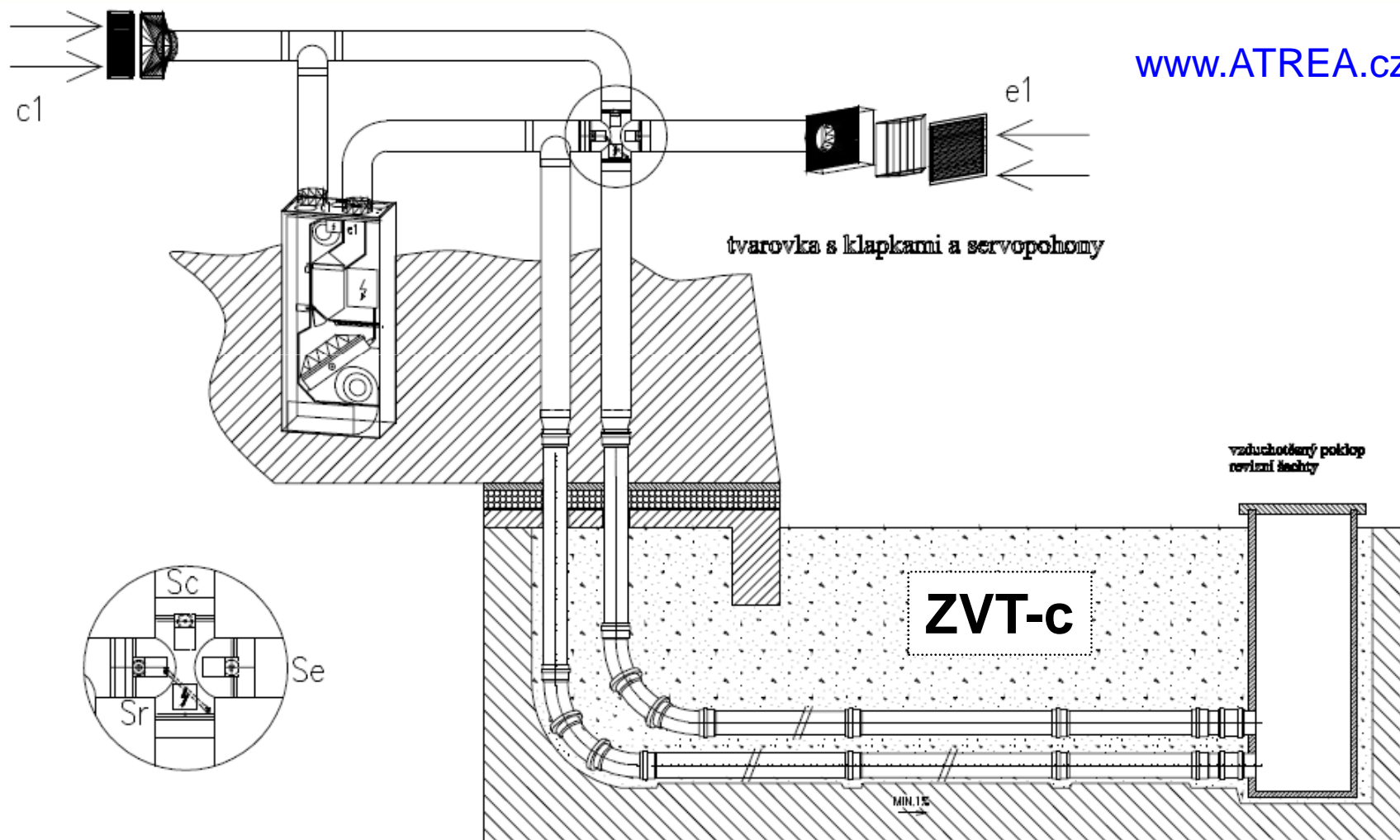
Zemní výměník tepla

ZVT_c – provedení



www.ATREA.cz

Zemní výměník tepla



Zemní výměník tepla

- ZEMNÍ VÝMĚNÍK TEPLA

→ Vzduchový:

a) Přímý („klasický“)

b) Cirkulační

→ Kapalinový („solankový“)

Zemní výměník tepla

- Experimentální dům větrání
 - Nízkoenergetický (dřevostavba)
 - Nízkoteplotní teplovodní vytápění (podlahové + radiátory)
 - Systém hybridního větrání
 - Solární komín
 - Akumulační nádrž (ohřev TV)
 - Vakuové kolektory (2 ks)



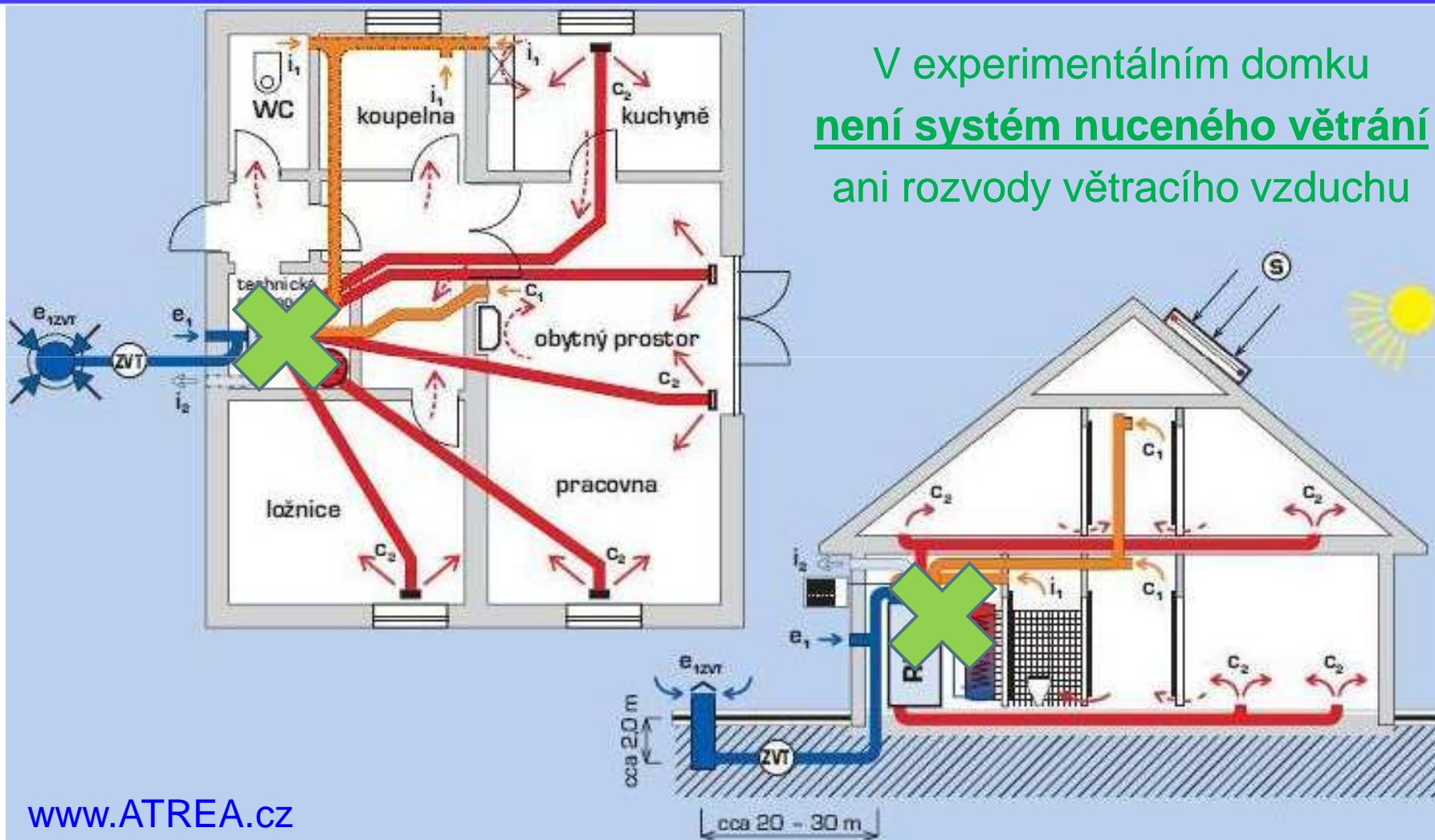
Zemní výměník tepla



Dvouzónové cirkulační
teplovzdušné vytápění a komfortní
řízené větrání se ZVT

www.ATREA.cz

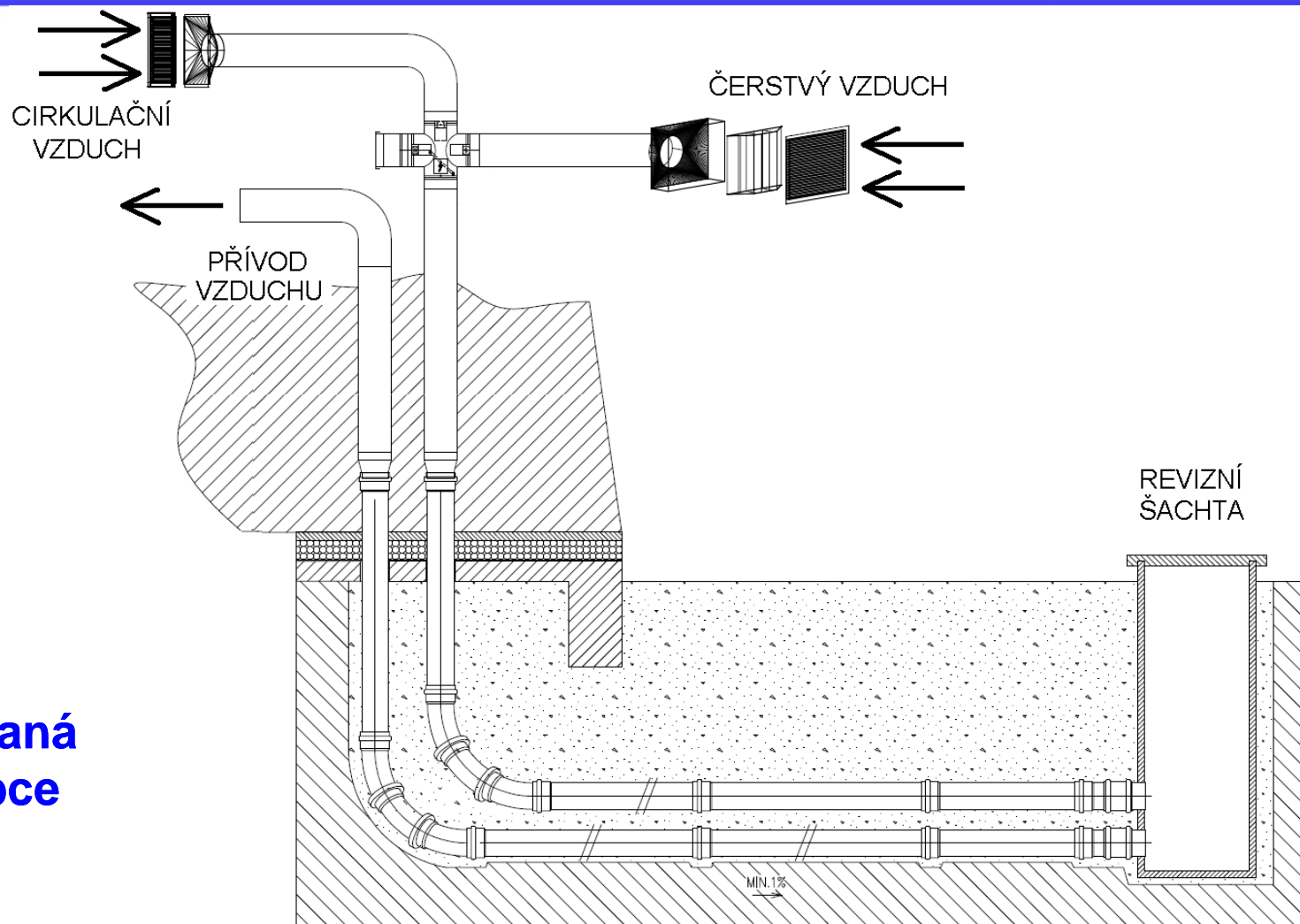
Zemní výměník tepla



V experimentálním domku
není systém nuceného větrání
ani rozvody větracího vzduchu

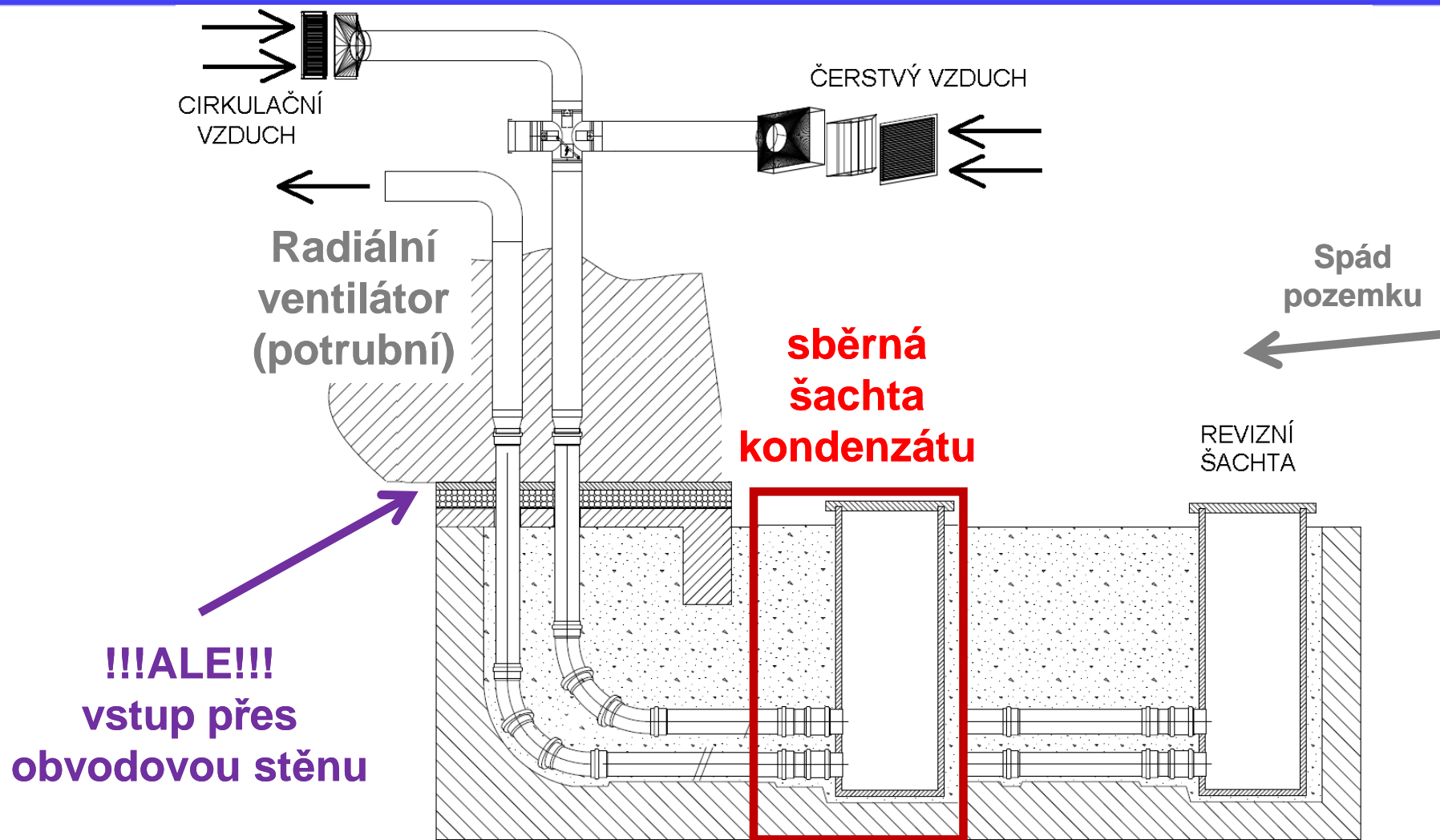
www.ATREA.cz

Zemní výměník tepla

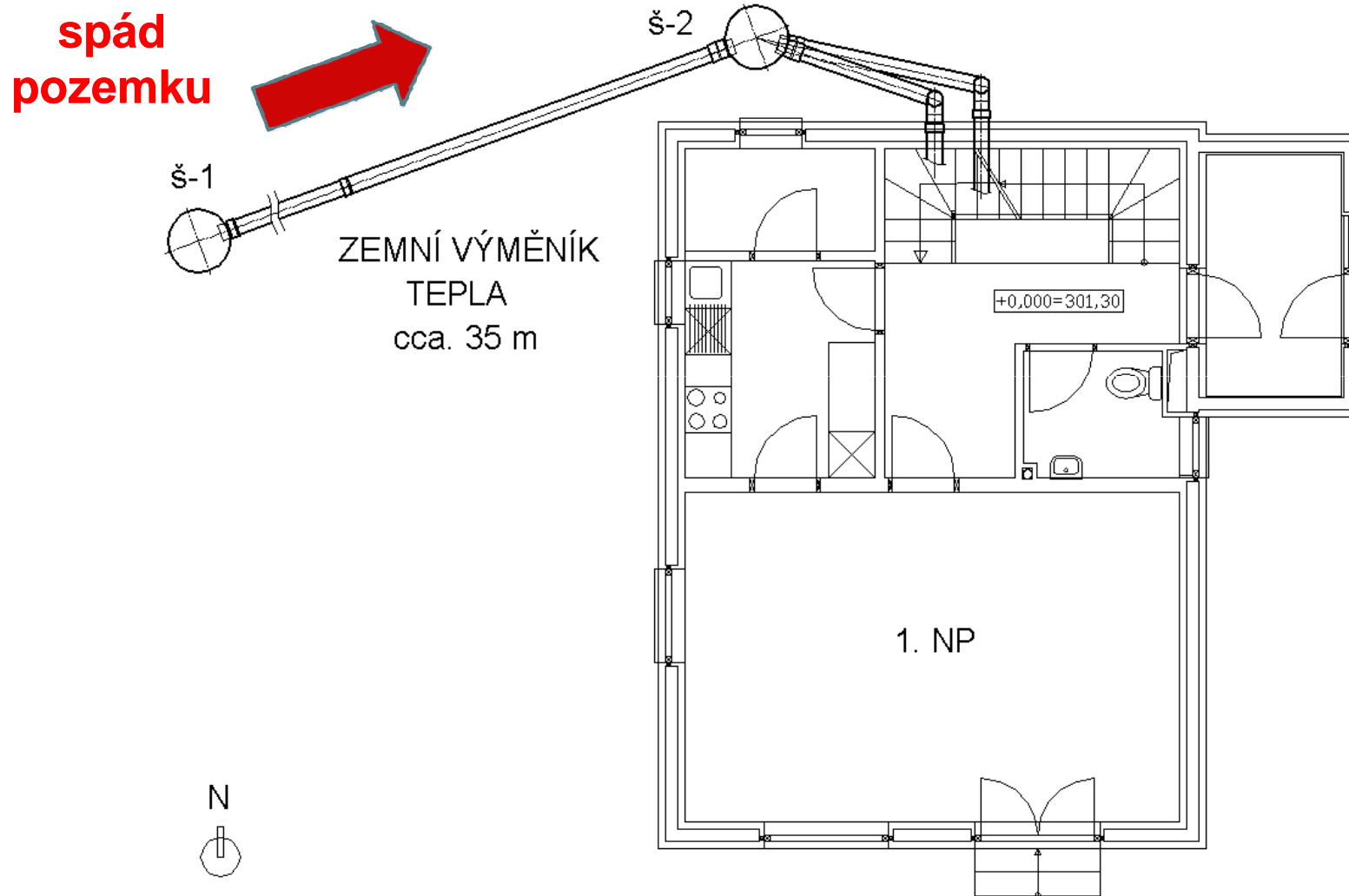


Plánovaná
koncepce
ZVT-c

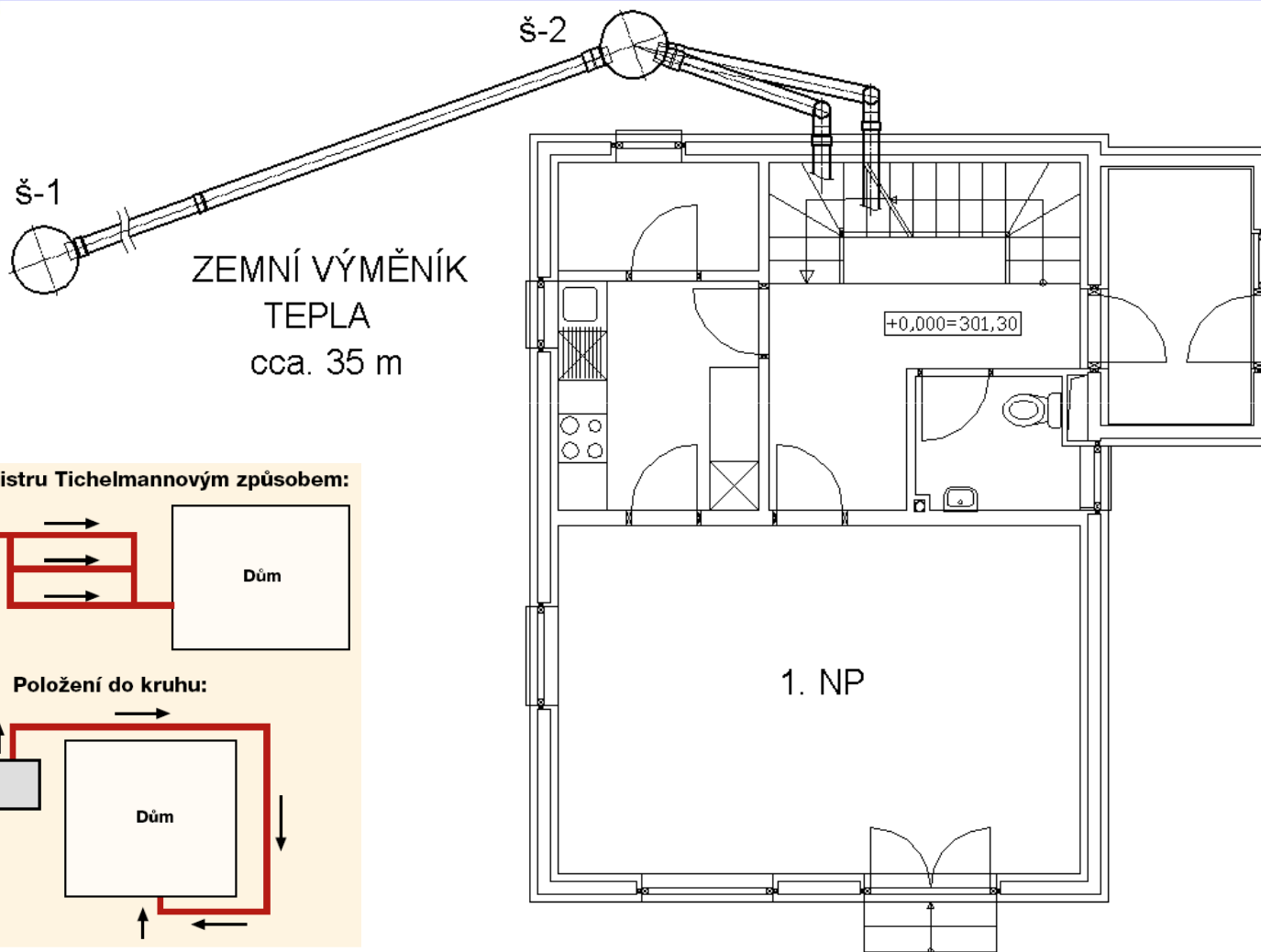
Zemní výměník tepla



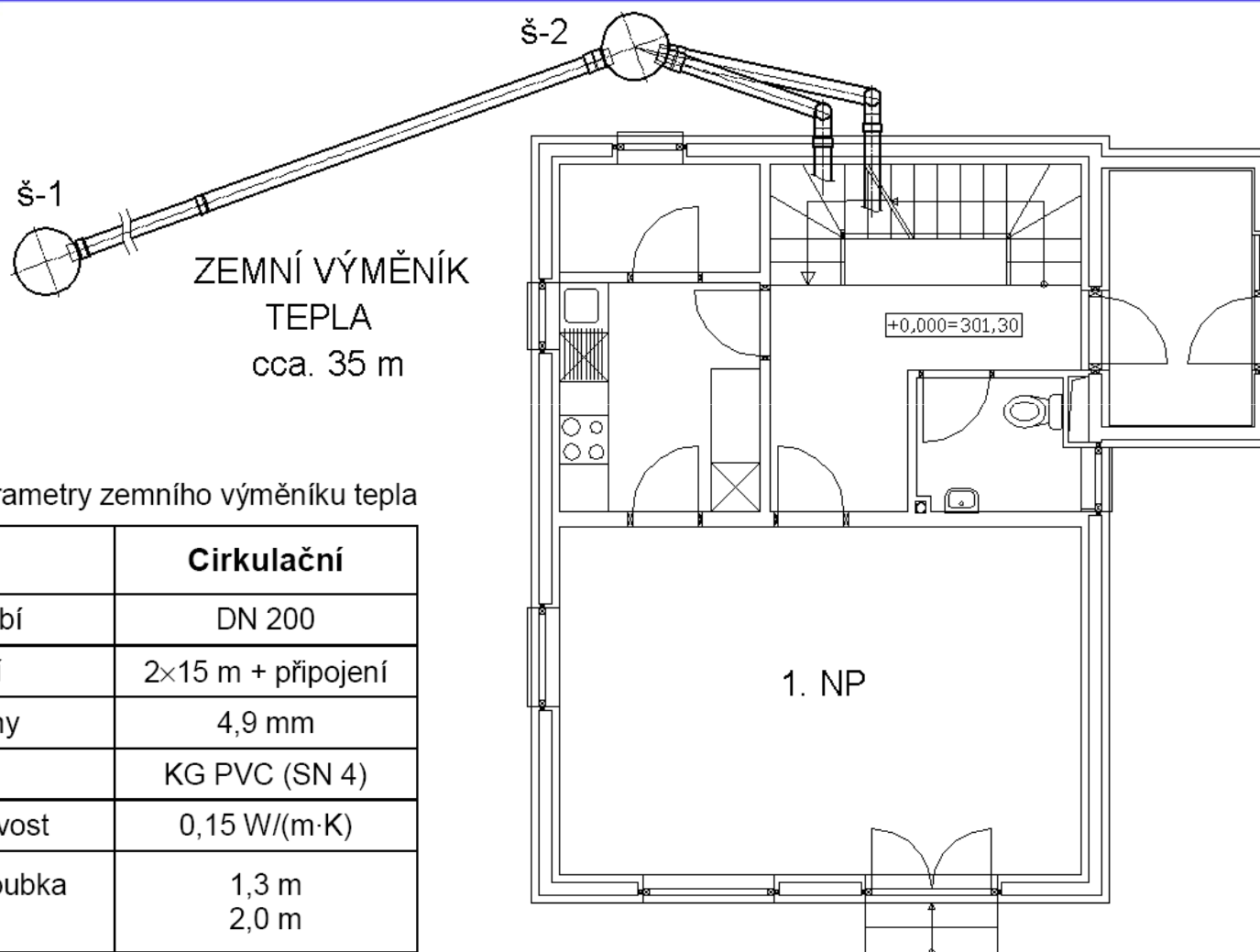
Zemní výměník tepla



Zemní výměník tepla



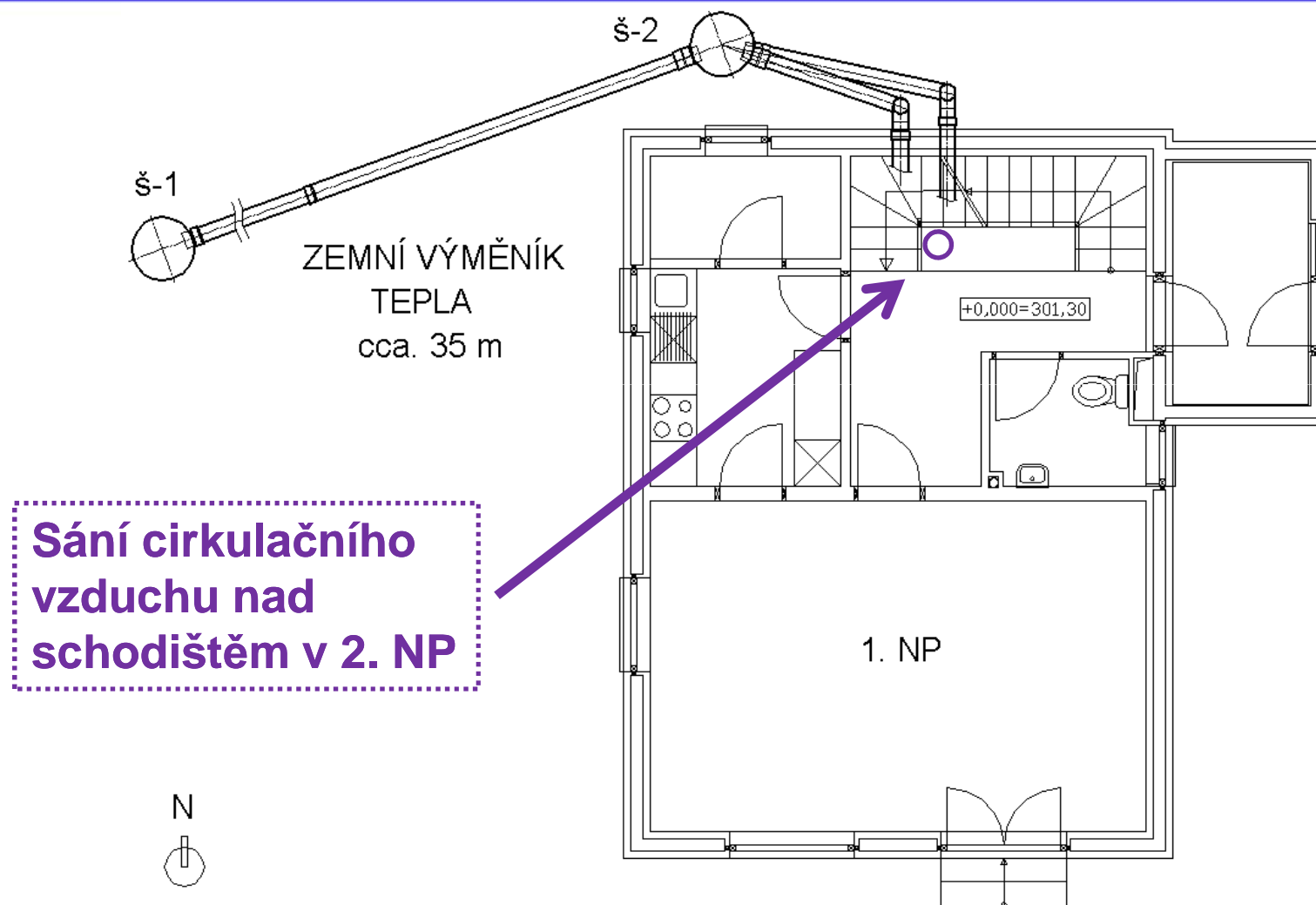
Zemní výměník tepla



Tabulka 1: Parametry zemního výměníku tepla

Typ ZVT	Cirkulační
Průměr potrubí	DN 200
Délka potrubí	2×15 m + připojení
Tloušťka stěny	4,9 mm
Materiál	KG PVC (SN 4)
Tepelná vodivost	0,15 W/(m·K)
Průměrná hloubka uložení	1,3 m 2,0 m

Zemní výměník tepla



Zemní výměník tepla

- **Zákon č. 183/2006 Sb.**, o územním plánování a stavebním řádu (*stavební zákon*)

§ 96 Územní souhlas; *postačí dle §103 odst. 1,*

- b) technická infrastruktura a doprovodná technická zařízení pro rozvod vody, energií, tepla, pro zajištění služeb elektronických komunikací, pro odvádění odpadních a dešťových vod a větrání, a to ...
- h) stavební úpravy, pokud se jimi nezasahuje do nosných konstrukcí stavby, nemění se vzhled stavby ani způsob užívání stavby, nevyžadují posouzení vlivů na životní prostředí¹¹⁾ a jejich provedení nemůže negativně ovlivnit požární bezpečnost.

Měřicí trat'

- **Experimentální měření**

- *teplota/vlhkost v každé větvi*

- *teplotní rozvrstvení v zemině*

- ovlivněná oblast (mezi šachtami)

- neovlivněná oblast

- *průtok/rychlost (žhavený anemometr)*

- **LabView**

- měřicí program

- ovládání ventilátoru (EC)

Materiál potrubí ZVT

- Plasty

→ *PVC, PP, PE*

→ *nejpoužívanější*

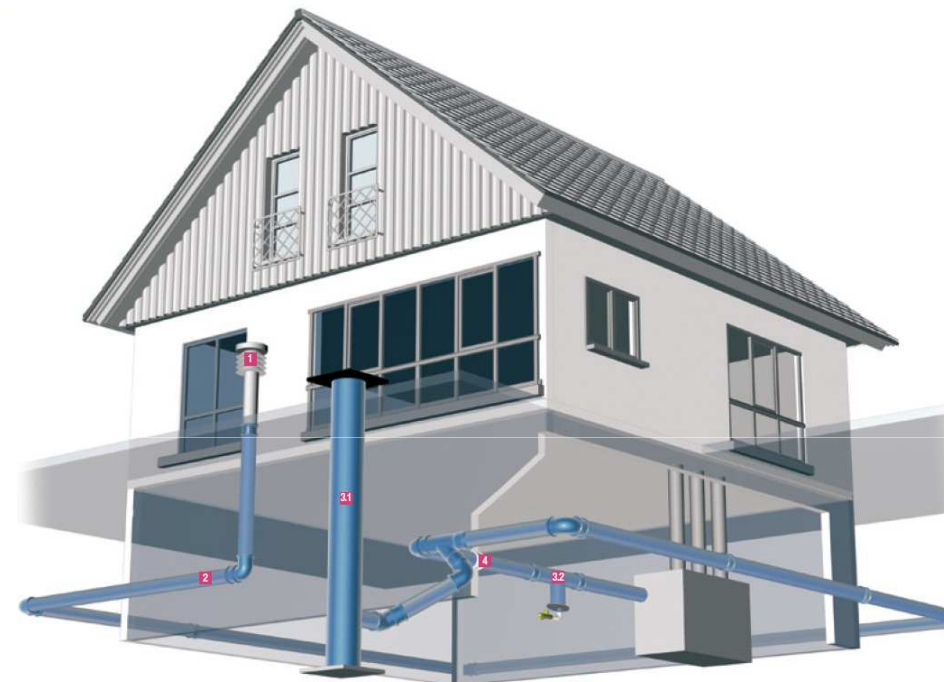
- Kovy

→ *ocel, litina*

→ *koroze, **hygiena***

- Beton

→ *těsnost, **hygiena** (sterilizace UV zářením)*



Materiál potrubí ZVT



Materiál potrubí ZVT

- Výstupní teplota ze ZVT

$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

Materiál potrubí ZVT

- Výstupní teplota ze ZVT

$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_D \cdot \lambda_{air}(t_b)}{D_{pipe}}$$

Materiál potrubí ZVT

- Výstupní teplota ze ZVT

$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_D \cdot \nu_{air}(t_b)}{D_{pipe}}$$

$$\bar{h} = \frac{\bar{h}_a \cdot h_s}{\bar{h}_a + h_s} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

- kde: \bar{h}_a $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ střední hodnota (podél trubky) součinitele přestupu tepla z trubky do vzduchu

h_s $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ ekvivalentní (fiktivní) součinitel přestupu tepla se zeminy přes stěnu trubky

Materiál potrubí ZVT

$$\bar{h}_a = \frac{\overline{Nu}_D \cdot \lambda_{air}(t_b)}{D_{pipe}} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

- kde: \overline{Nu}_D [1] střední hodnota Nussletova čísla
 $\lambda_{air}(t_b)$ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$] tepelná vodivost vzduchu při teplotě t_b

$$h_s = \frac{\lambda_s}{R_{pipe} \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta_{pipe}}{R_{pipe}}\right)} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

- kde: λ_s [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$] součinitel tepelné vodivosti materiálu potrubí
 R_{pipe} [m] poloměr potrubí ZVT
 δ_{pipe} [m] tloušťka stěny potrubí

Materiál potrubí ZVT

- Parametry potrubí ZVT

DN 200	SN kN/m ²	δ_{pipe} mm	λ_s W/(m.K)
KG PVC	4	4,9	0,15
KG PVC	8	5,9	0,15
KG PP 2000	8	6,2	0,22
AWADUKT Thermo	8	7,3	0,29

KG PVC



AWADUKT
Thermo

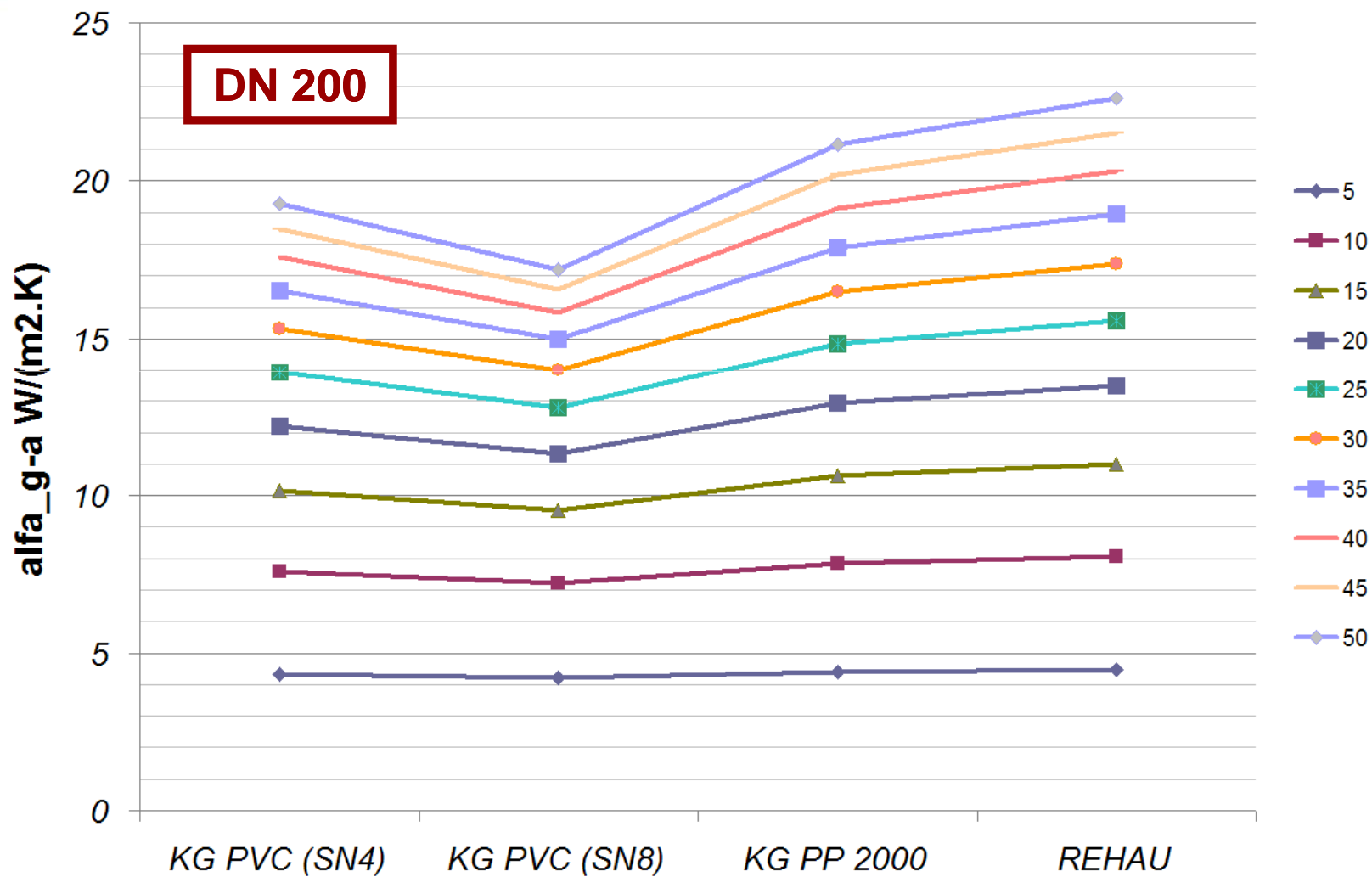


KG PVC (SN4)			
V*	alfa_a	pz	w
m ³ /h	W/(m ² *K)	Pa/m	m/s
100	5,1	0,09	0,98
200	8,9	0,31	1,96
300	12,3	0,62	2,93
400	15,4	1,02	3,91
500	18,5	1,52	4,89
750	25,5	3,13	7,33
1000	32,1	5,24	9,78

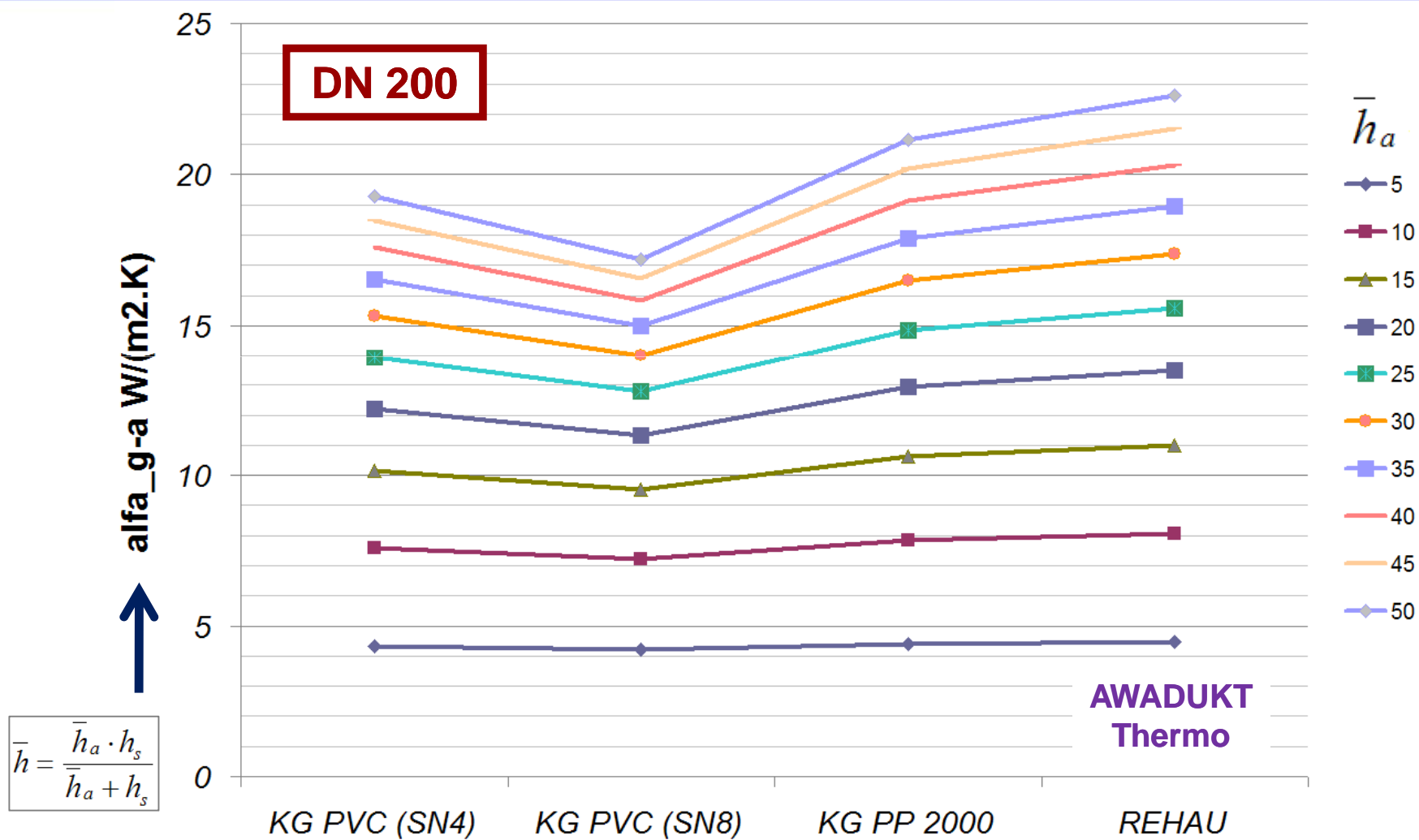
KG PP 2000



Materiál potrubí ZVT

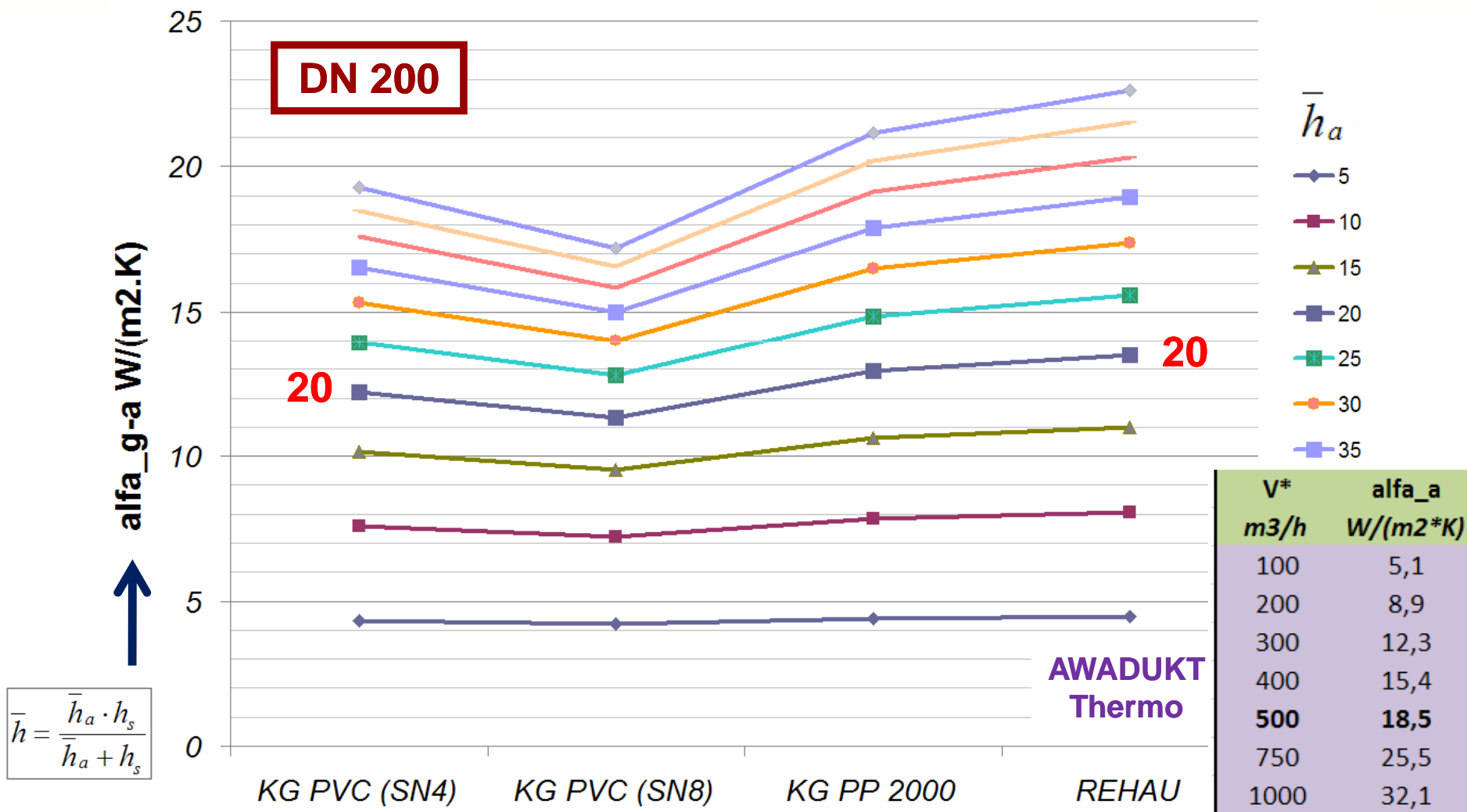


Materiál potrubí ZVT



$$\bar{h} = \frac{\bar{h}_a \cdot h_s}{\bar{h}_a + h_s}$$

Materiál potrubí ZVT



Materiál potrubí ZVT

Cena plastového potrubí (Kč)

DN 200	PCV ALFA			
	PVC (KGEM)		PVC (plnotěsné)	PP
	SN 4	SN 8	SN 8	SN 8
1 m	168,0	170,4	340,8	1 047,6
5 m	679,2	745,2	1 176,0	3 891,6

Cena plastového potrubí (Kč)

DN 200	WAVIN OSMA			REHAU
	KG PVC		KG PP 2000	AWADUKT Thermo
	SN 4	SN 8	SN 8	SN 8
1 m	402,0	622,8	1 047,6	1 104,0
5 m	1 700,4	2 586,0	3 891,6	-
6 m	2040,5	3103,2	4669,9	4 224,0

Materiál potrubí ZVT

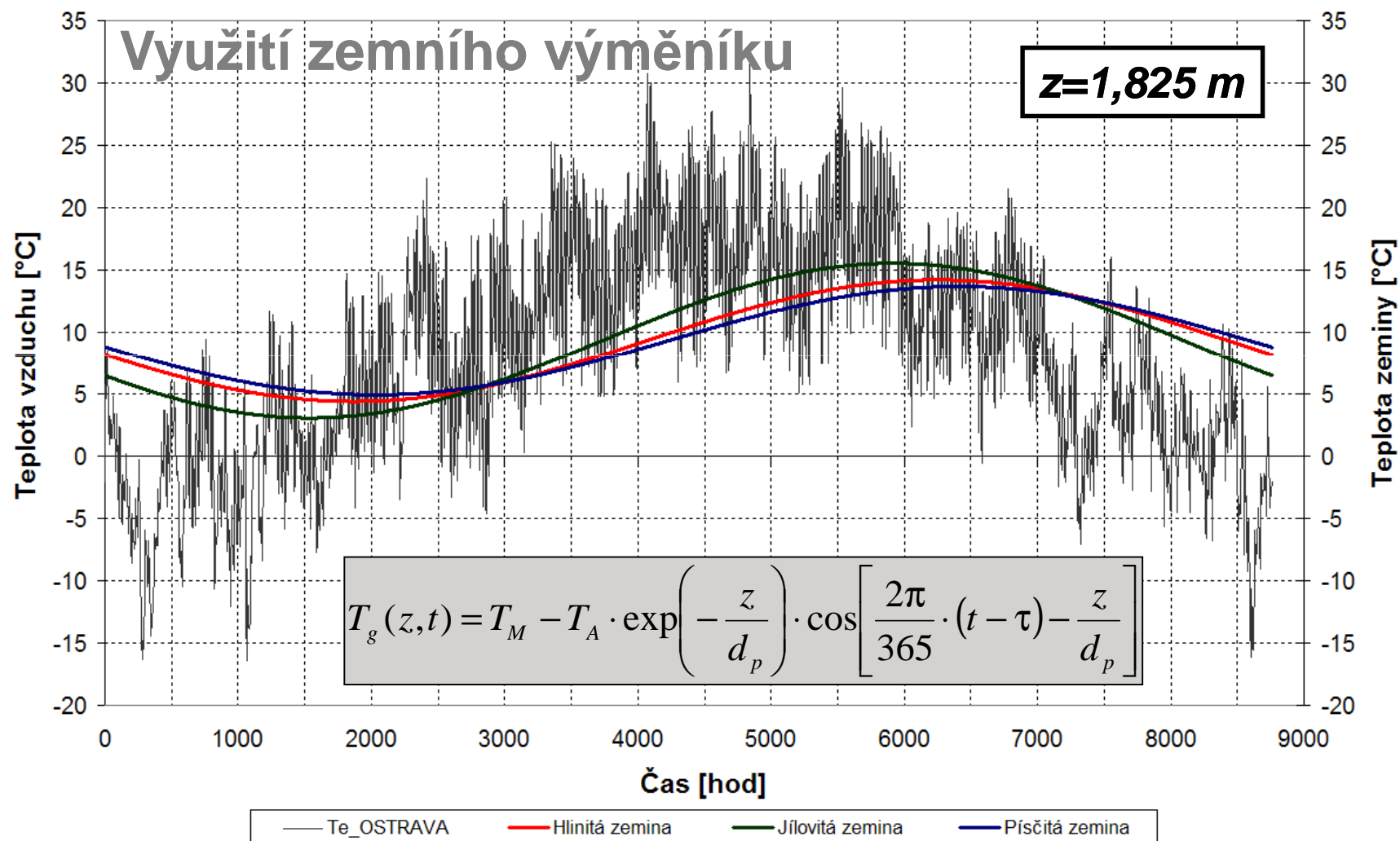
Přepočet ceny potrubí ke KG PVC_SN 4 (-)

DN 200	WAVIN OSMA			REHAU
	KG PVC		KG PP 2000	AWADUKT Thermo
	SN 4	SN 8	SN 8	SN 8
1 m	1,00	1,55	2,61	2,75
5 m	1,00	1,52	2,29	-
6 m	1,00	1,52	2,29	2,07

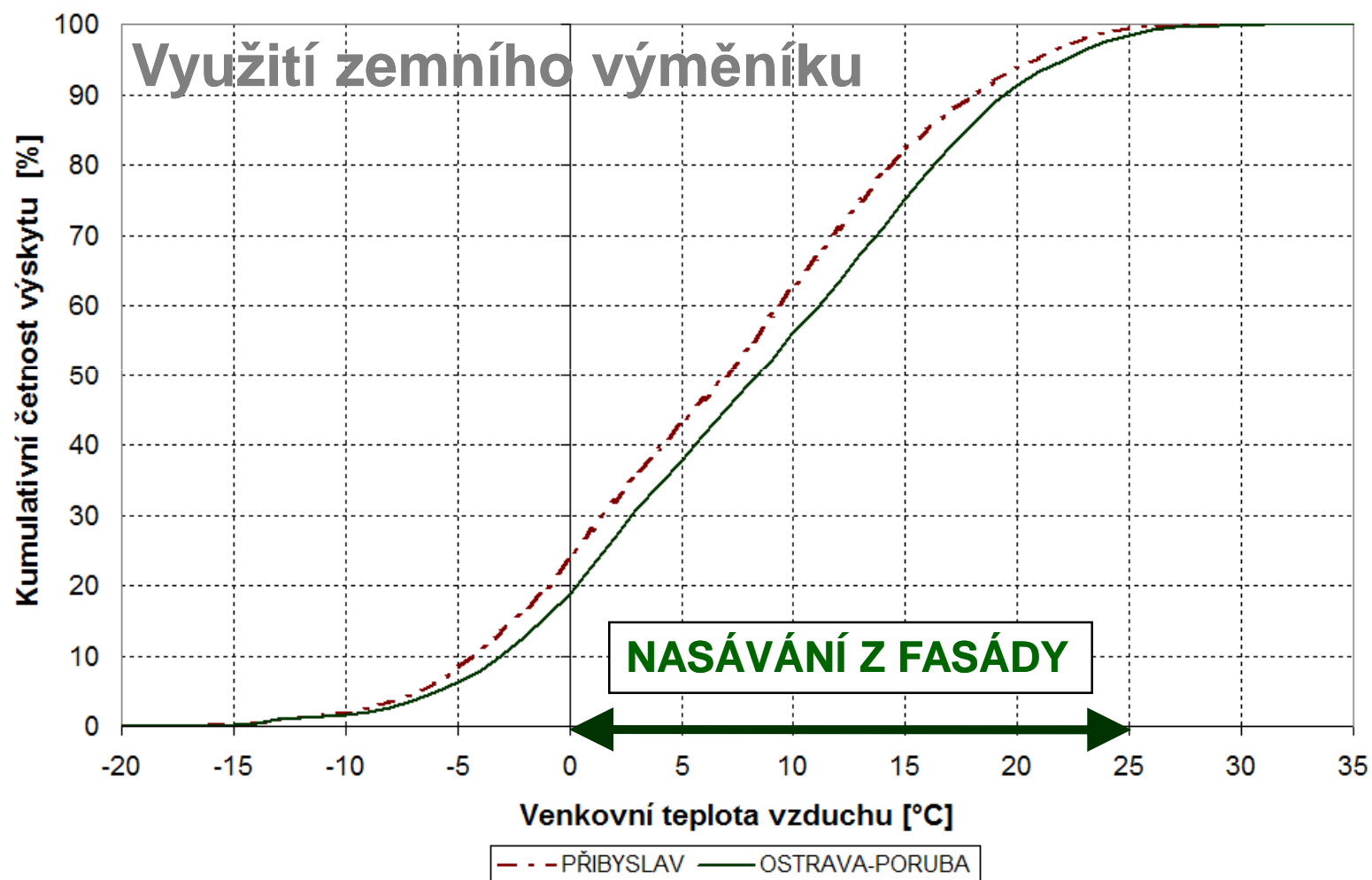
Cena 30 m vedení zemního výměníku tepla (Kč)

DN 200	WAVIN OSMA			REHAU
	KG PVC		KG PP 2000	AWADUKT Thermo
	SN 4	SN 8	SN 8	SN 8
1 m	12 060,0	18 684,0	31 428,0	33 120,0
5 m	10 202,4	15 516,0	23 349,6	-
6 m	10 202,4	15 516,0	23 349,6	21 120,0

Materiál potrubí ZVT



Materiál potrubí ZVT



Závěr

- **Projekt FRVŠ**

- ZVT je v ČR relativně nový prvek
- měřicí trať bude plnit funkci laboratorní úlohy
- měření poskytnou konkrétní představu o provozních podmínkách ZVT, včetně jejich omezení; či potenciálních problémech při provozu
- co všechno obnáší realizace tohoto zařízení??? 😊

Závěr

- **Volba materiálu potrubí**

- nepoužívanější jsou plasty (*PVC, PP*)
- využití ZVT (zima/léto)
- těsnost spojů, kruhová tuhost (*SN*), hladký povrch
- tepelná roztažnost (*dilatace – těsnost*)
- investiční náklady (*hygiena???*)
- při nízkých rychlostech nezáleží na materiálu (*zimní režim*)
- křehnutí PVC pod 0 °C (*vratný děj*)



Děkuji Vám za pozornost

[Antonín KOLBÁBEK](mailto:ykolba00@stud.fme.vutbr.cz): **ykolba00@stud.fme.vutbr.cz**

